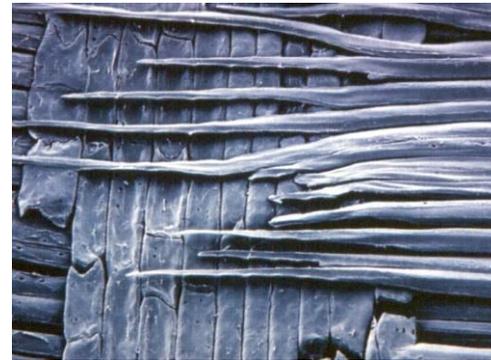
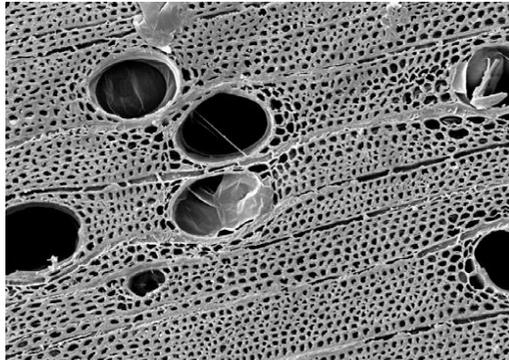




Cursos por Celso Foelkel

***Integrando la Calidad de Madera al Proceso Kraft de
Producción de Pulpa
...de las astillas de madera a las fibras kraft individualizadas***



Un logro de la colaboración integrada:

ATCP - Chile

Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile



Grau Celsius – Negócios em Gestão do Conhecimento



Apoyo y patrocinio:





Curso especialmente preparado para ATCP Chile

Título do curso em Espanhol:

***Integrando la Calidad de Madera al Proceso Kraft de
Producción de Pulpa
...de las astillas de madera a las fibras kraft individualizadas***

Agosto de 2019

Organización y estructuración del curso: **Profesor Celso Foelke**

Preámbulo en Español

"Hay un dicho popular en las fábricas de pulpa de madera (celulosa) que dice que para todos los problemas que surgen en las operaciones de pulpaje (pulpación), blanqueo y calidad de las fibras, la culpa es de la madera.

En realidad, se trata de un proceso de transferencia de responsabilidad a quien no sabe defenderse, que es la madera.

Como los técnicos forestales que producen la madera en general desconocen los efectos de la calidad de la madera sobre el proceso de producción de celulosa e viceversa, se acaba en un proceso de conflictos internos y nada más.

¿Cómo solucionar este problema y permitir que las acciones de mejora interna en las fábricas sean obtenidas por la mejor integración entre las áreas fabricantes de celulosa y las de suministro de madera?

Sólo veo una manera: Aumentar el nivel de conocimiento y competencias entre las áreas y por las personas de las empresas para un mejor diálogo y búsqueda de optimizaciones procesuales y no de personas o áreas culpadas por las pérdidas de productividad y de ganancias”.



Competencias a conquistar:

Integrando la calidad de Madera al Proceso Kraft de Producción de Pulpa

...de las astillas de madera a las fibras kraft individualizadas

- ✓ **La madera y sus propiedades principales para la pulpación kraft: variabilidad, densidad básica y aparente, porosidad, humedad y aire, secado de troncos y astillas, contracción y hinchamiento, cambio de peso con la humedad, deterioración, composición química (lignina, extractivos, celulosa, hemicelulosas), corteza y contaminaciones**
- ✓ **Astillas y su calidad: dimensiones, uniformidad, densidad y humedad**

- ✓ **Fundamentos del proceso kraft para pulpación de madera**
 - ✓ **Impregnación de las astillas: anatomía de la madera, penetración y difusión del licor en las astillas, gradiente de álcalis y materiales disueltos para el licor negro**
 - ✓ **Individualización de las fibras en la conversión de madera a pulpa: separación de los constituyentes anatómicos y conversión de la madera de las astillas en pulpa**
 - ✓ **Optimización del proceso de pulpaje kraft a partir del control de astillas y madera: para garantizar situación de óptimo en la pulpación kraft**
-

Contenido del curso para cumplir con las competencias previamente presentadas:

1. Madera – ¿Qué es y dónde se encuentra en los árboles?

2. Madeira – Formación, Anatomía y Composición

3. La Variabilidad da la madera

a. Casos de variabilidad en *Eucalyptus*

b. Casos de variabilidad en *Pinus*

4. Concepto de Calidad de Madeira

5. Madera – Cambio en la cantidad y calidad de la madera entre el bosque y el digestor

- 6. Fundamentos del proceso de pulpaje kraft**
- 7. Topoquímica de los componentes químicos de la madera**
- 8. Madera en forma de astillas y sus propiedades vitales**
- 9. Madeiras - Principales parámetros de calidad para la operación de pulpación realizada por el proceso kraft**
- 10. Pré-vaporización de las astillas de madera**
- 11. Impregnación de las astillas por el licor de cocción**
 - 12.1. Relaciones madera y licor en la impregnación**
 - 12.2. Penetración y difusión del licor en las astillas**
 - 12.3. Desarrollo del proceso de impregnación**

12. *Individualización de las fibras en la conversión de madera a pulpa kraft*

13. *Optimización del proceso de pulpaje kraft a través de la integración entre maderas y condiciones del proceso*





Bosques / Fabricas - Una red de interdependencias

Tema nº 01:

Madera – ¿Qué es y dónde se encuentra en los árboles?



La madera es un material biológico (biomasa), variable, heterogéneo, sólido, anisotrópico, poroso y abundante

Consiste en una de las principales materias primas industriales y con amplio uso por parte de las poblaciones



La madera no es exclusiva del tronco de los árboles

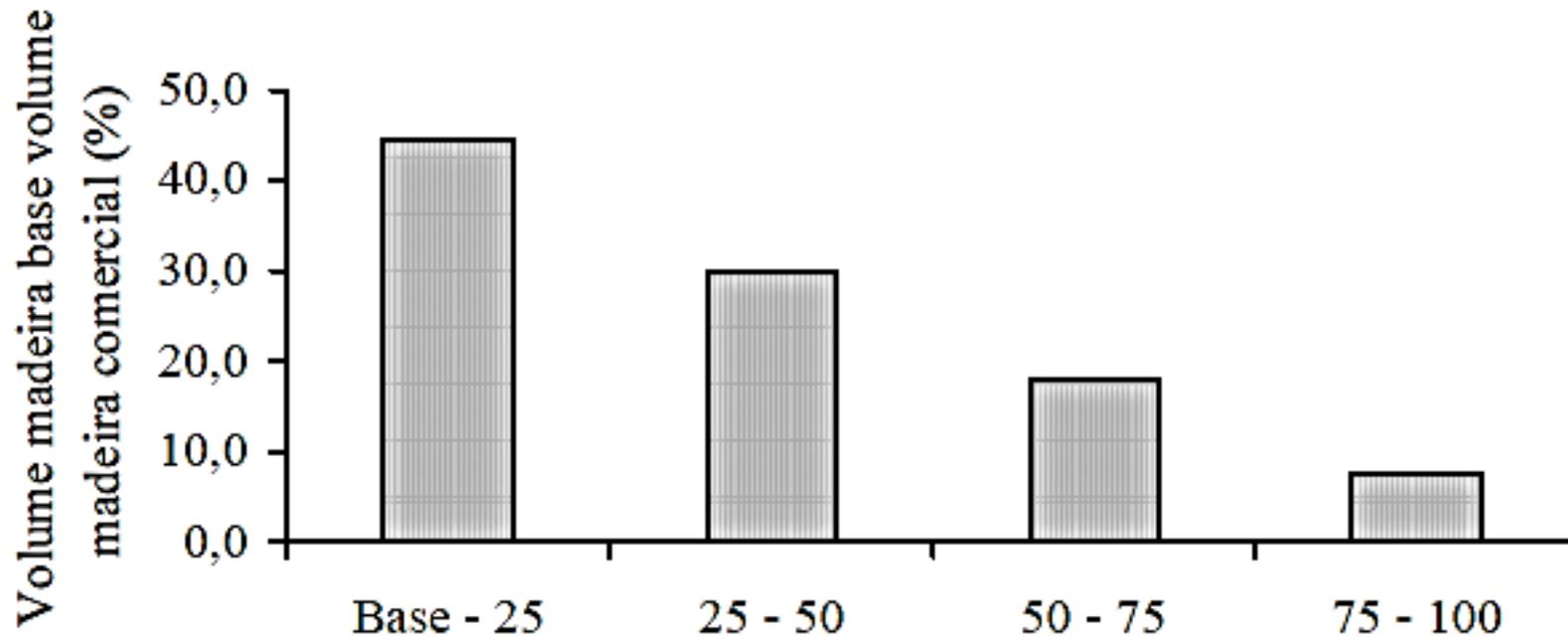
También hay madera en:

Ramas y nudos

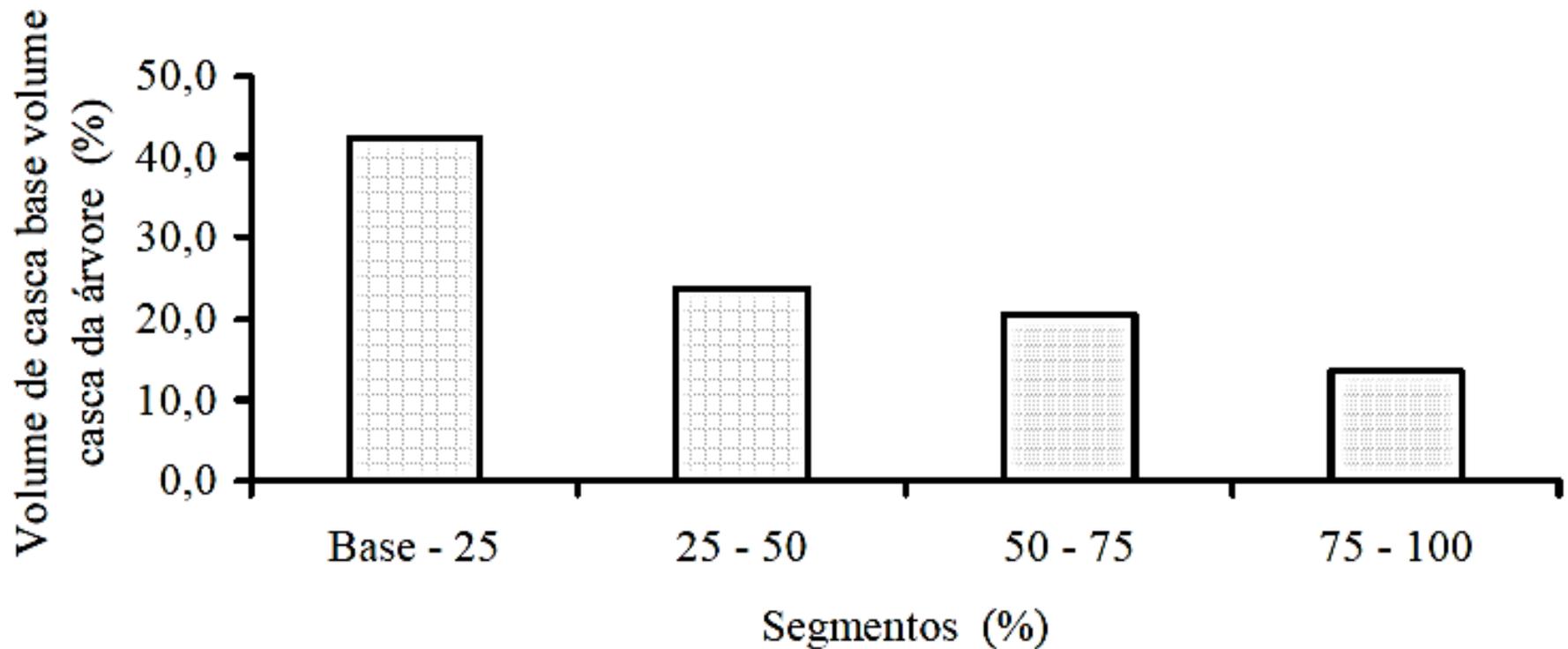
Raíces

Punteros

Las biorrefinerías están interesadas en esas maderas, a pesar de la contaminación con suelo y una mayor proporción de corteza



Contribución del volumen total de madera en segmentos recogidos a lo largo de la altura de los eucaliptos



Contribución del volumen total de corteza en segmentos recogidos a lo largo de la altura de los eucaliptos

**Distribución de biomasa para eucalipto comercial adulto
(base de peso seco)
Variable con especies, edad y dimensiones de los árboles**



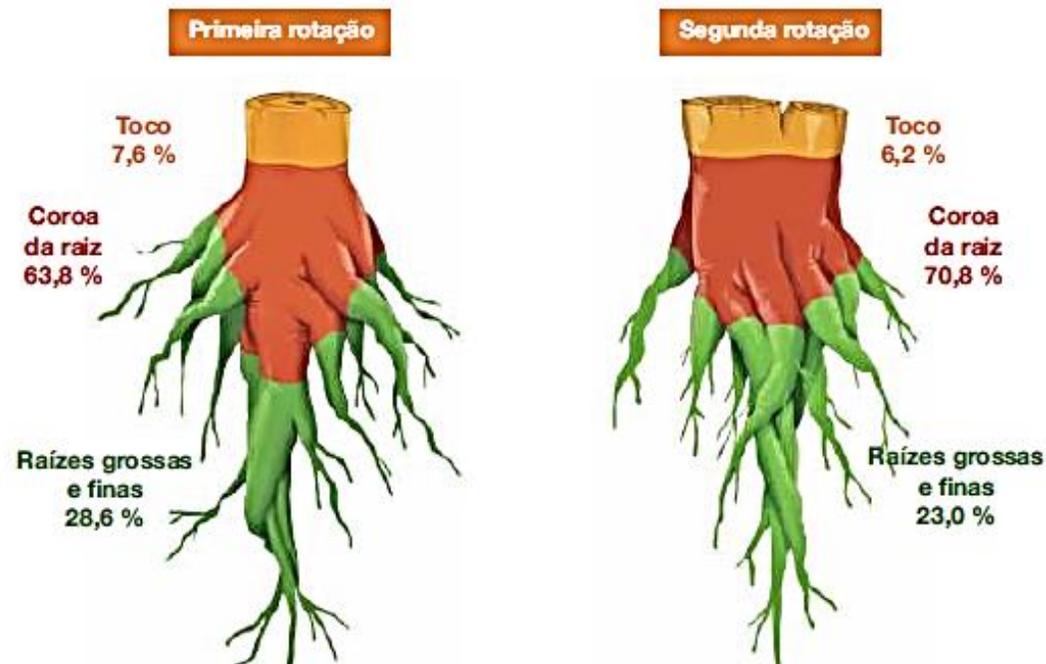
Árbol total: 100%	
Fuste total:	72%
Madera fuste base total:	64%
Corteza fuste base total:	8%
Corteza fuste base fuste:	12%
Ramas+Hojas:	7%
Tocón+raíces:	13%

Distribución de biomasa para pino comercial adulto (base de peso seco)

Variable con especies, edad y dimensiones de los árboles



Árbol total: 100%	
Fuste total:	67%
Madera fuste base total:	54%
Corteza fuste base total:	13%
Corteza fuste base fuste:	19%
Ramas+Hojas:	8%
Tocón+raíces:	12%



Fuente: http://www.fepaf.org.br/download/EBOOK_AMBAR.pdf

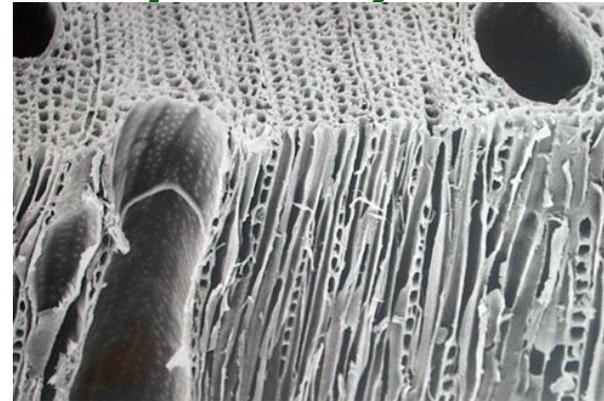
Consideraciones Celso: Todavía hay mucha madera en el árbol, pero su explotación puede no ser sostenible.

Todavía queda mucho por estudiar y mejorar...

Básicamente hay dos grandes tipos de maderas:



Coníferas (Gimnospermas)



Maderas duras ou Latifoliadas (Angiospermas dicotiledóneas)

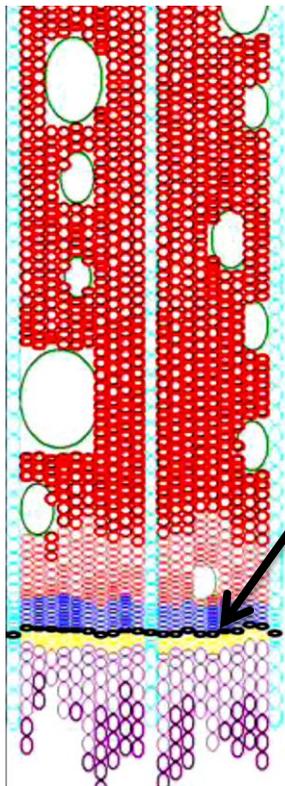


**Las maderas pueden
ser "cajas de
sorpresas"
(Visibles o
invisibles)
para sus usuarios**



Tema nº 02:

Madera – Formación, Anatomía y Composición



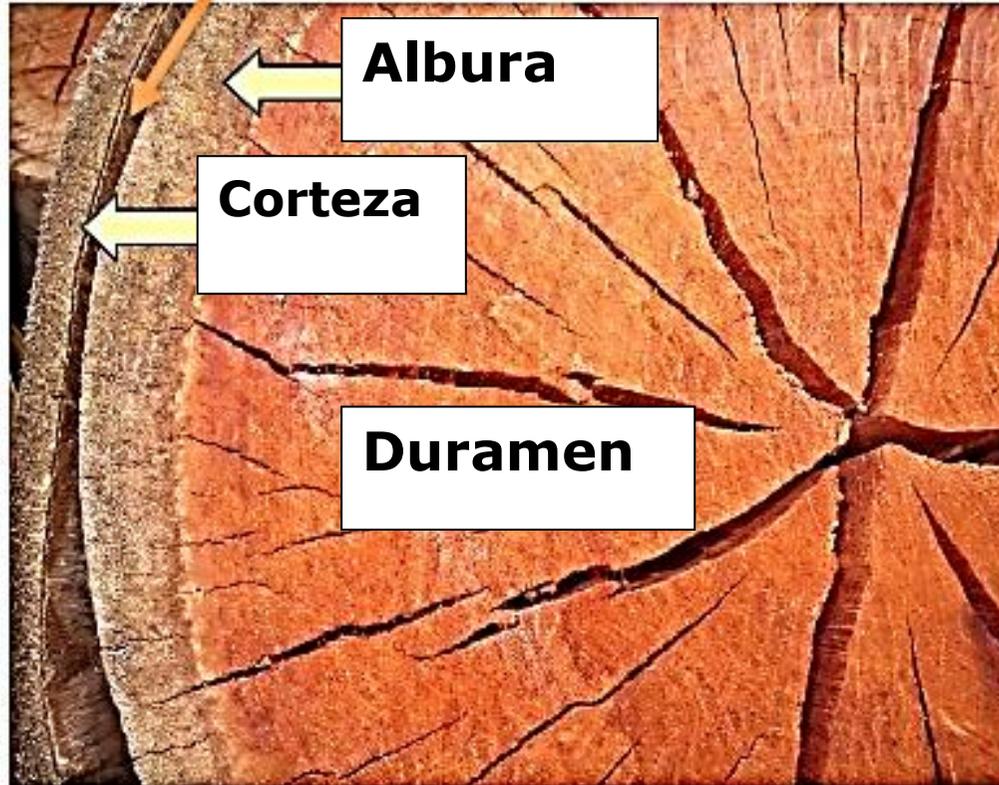
Las maderas están formadas por células meristemáticas del CÁMBIO situadas entre la corteza y el xilema (Madera)

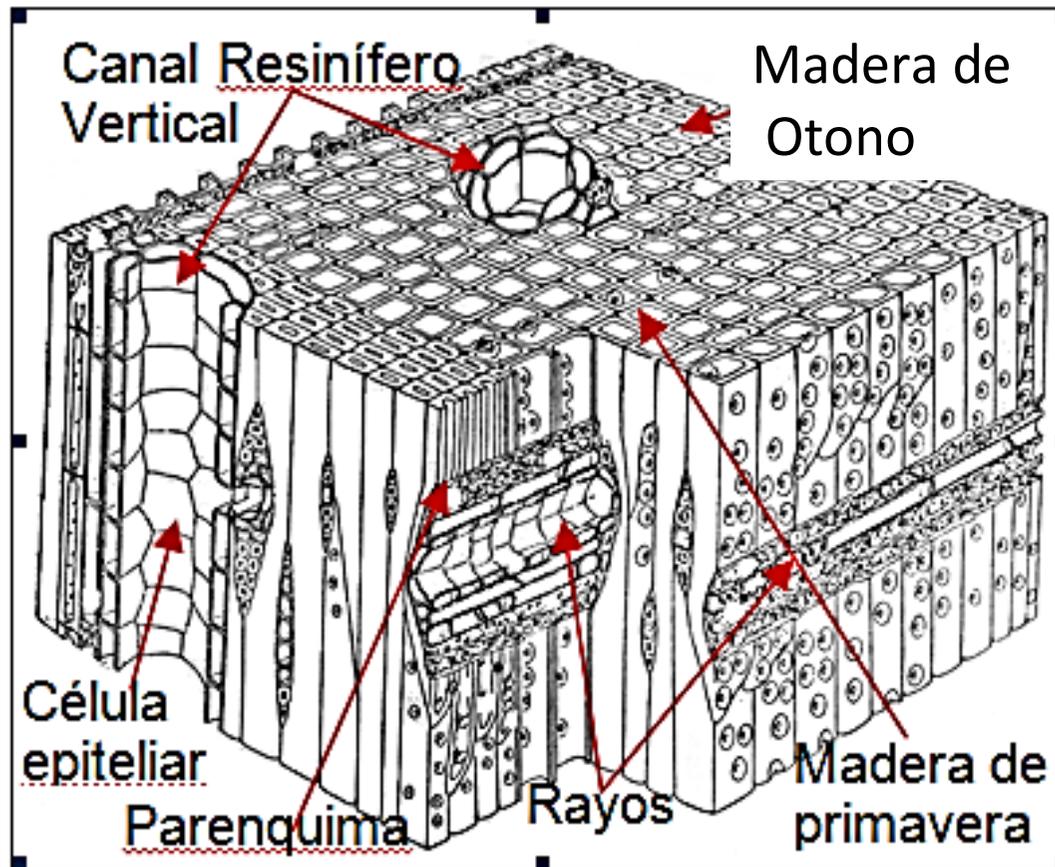
Cámbio de eucalipto produciendo nuevas células para aumentar el xilema y la corteza en los árboles

Fuente: Drew, 2013

http://www.fwpa.com.au/images/webinars/eCambium_Webinar-David-Drew.pdf

Cámbio

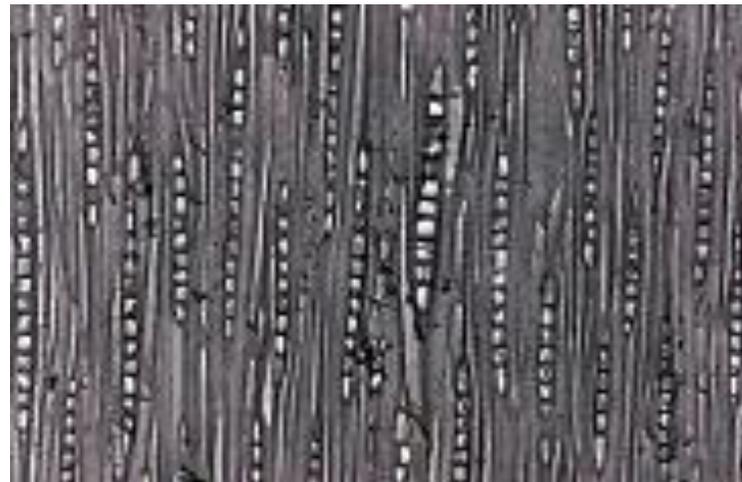
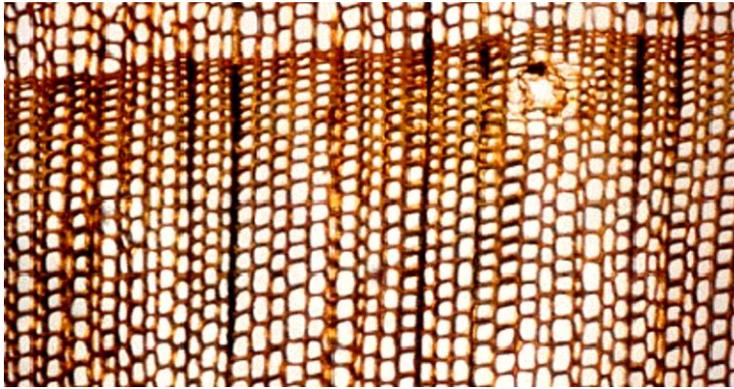




Madera de Conífera – Ejemplos: *Pinus* y *Araucaria*

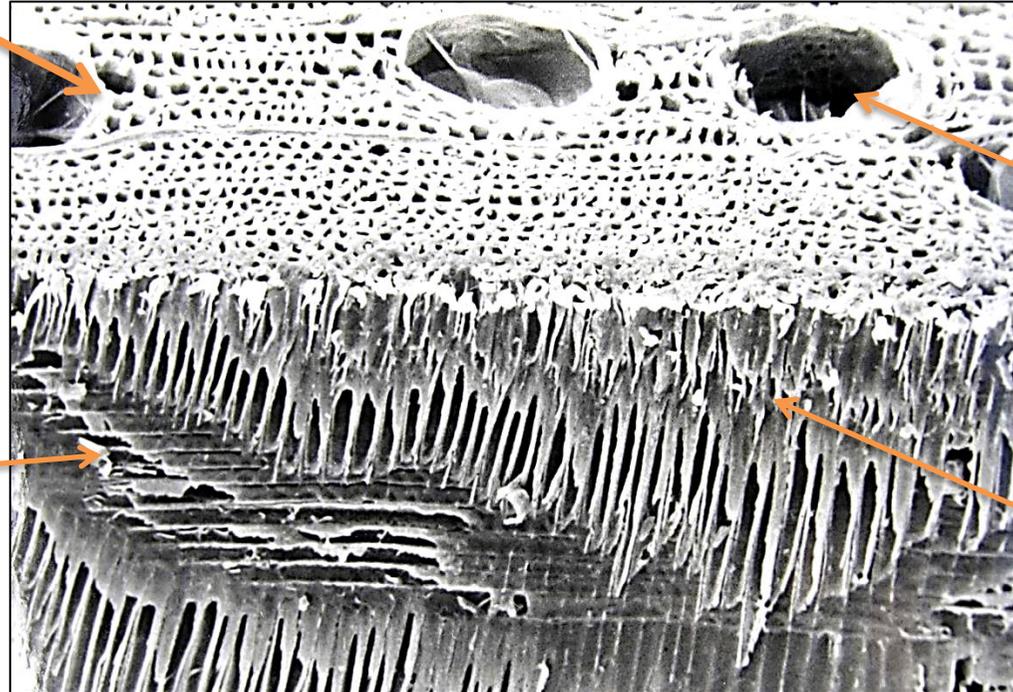
Fuente: C. Soto V. -

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Resina_madera.pdf



Madera del *Pinus*
Secciones transversal y longitudinales (radial y axial)

**Parénquima
axial**



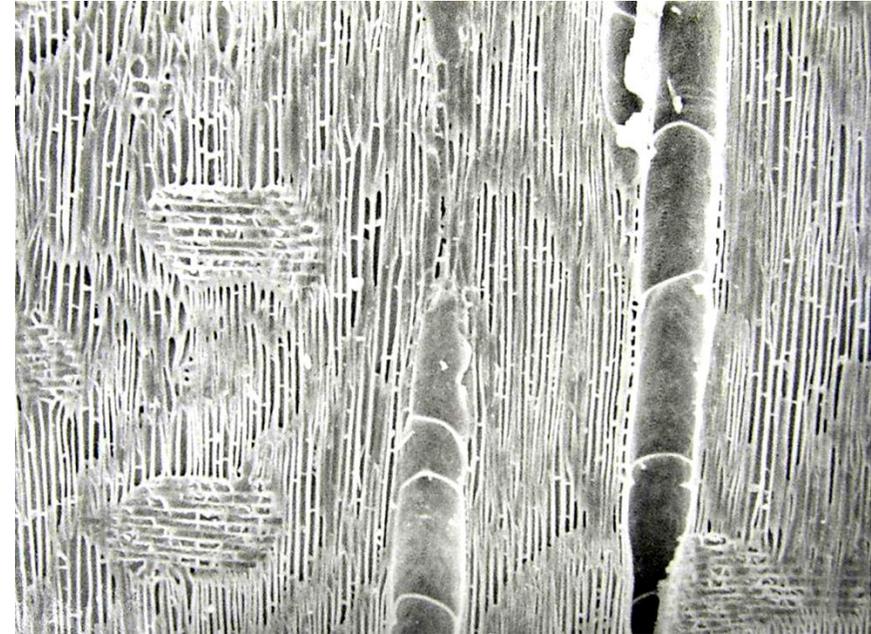
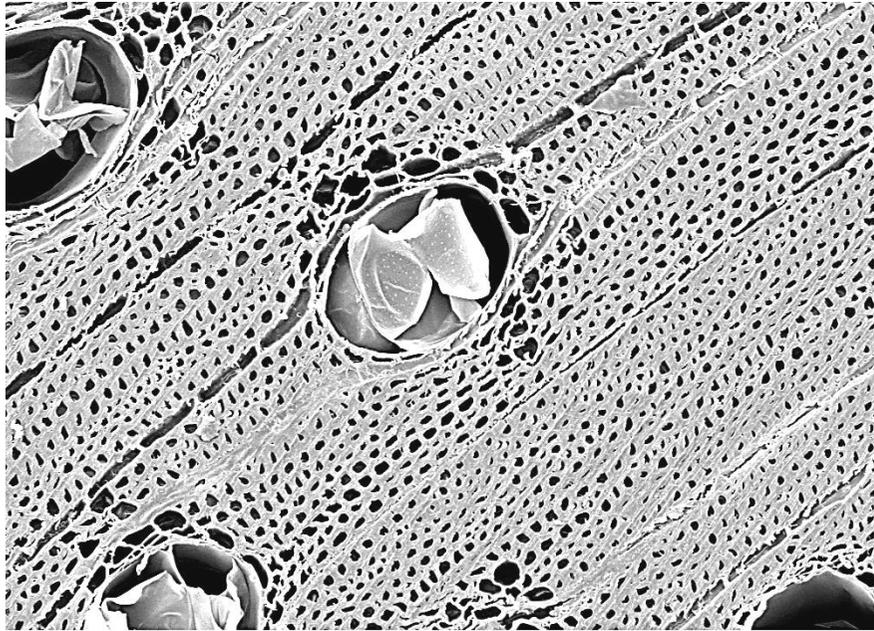
Vaso

**Parénquima
radial**

Fibras

Madera de Latifoliadas

Ejemplos: *Eucalyptus*, *Acacia*



Madera del Eucalipto
Secciones transversal y longitudinal radial

De la madera hasta la celulosa (pulpa)

Madera eucalipto (% em Volume)

15% Vasos

15% Parénquimas

70% Fibras

Pulpa Eucalipto (% em Peso)

6 – 8% Finos

2 - 4% Vasos

90% Fibras

De la madera hasta la celulosa (pulpa)

Madera Pinus (% em Volume)

3% Canales de resina

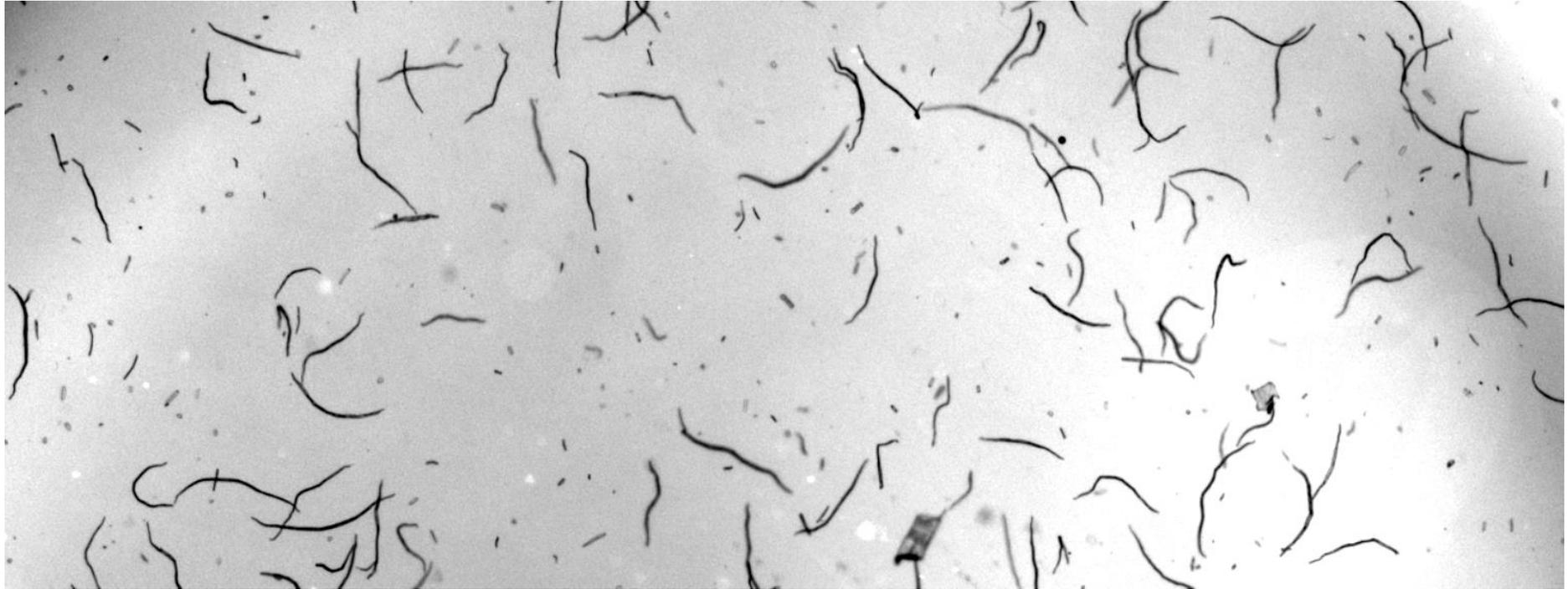
7 – 9% Parénquimas

90% Fibras

Pulpa Pinus (% em Peso)

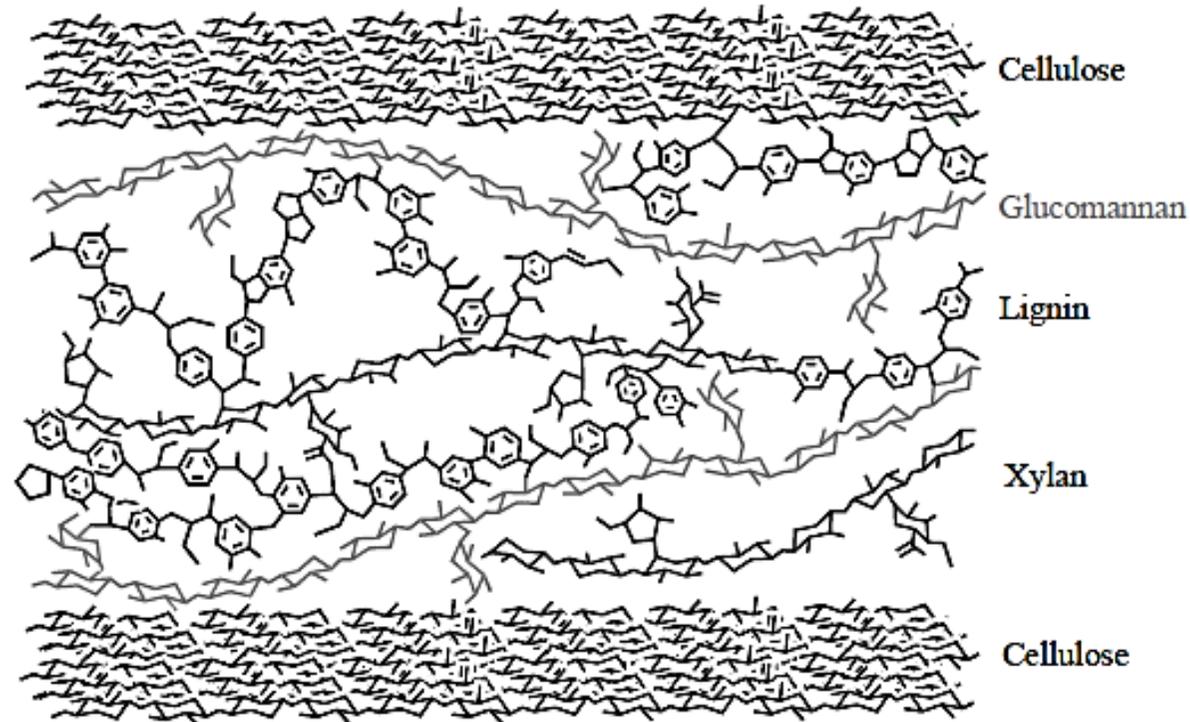
2 - 4% Finos

95 - 96% Fibras



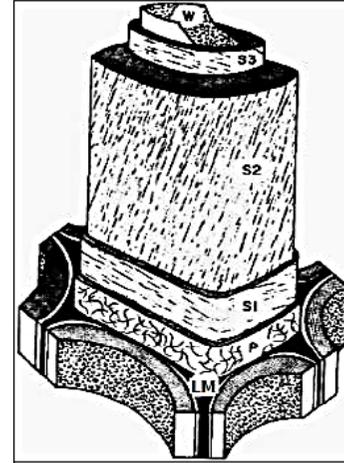
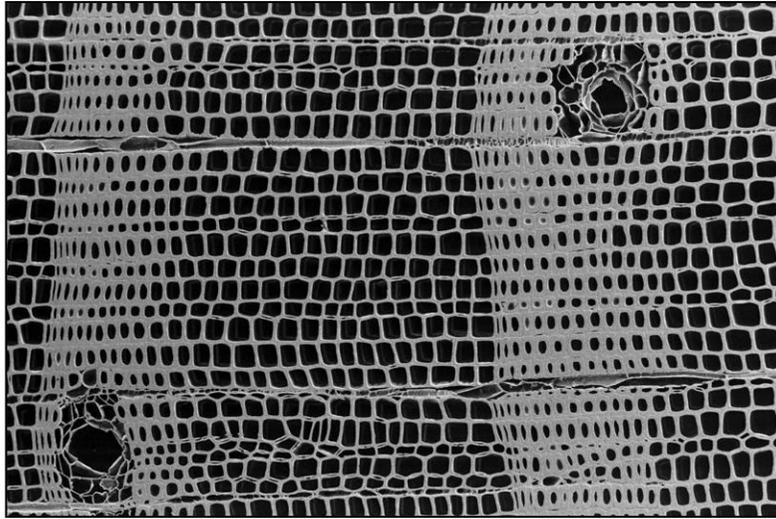
Fibras, elementos de vaso y finos parenquimales en pulpa de eucalipto

Composición química de las maderas y distribución

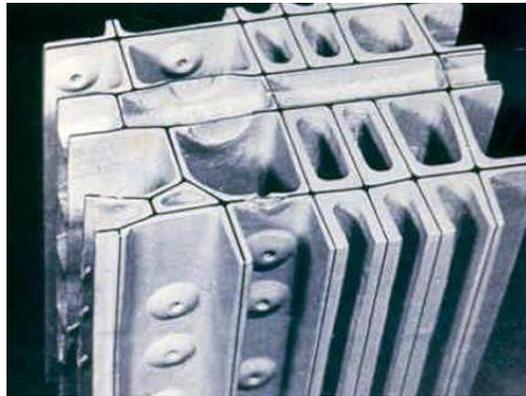


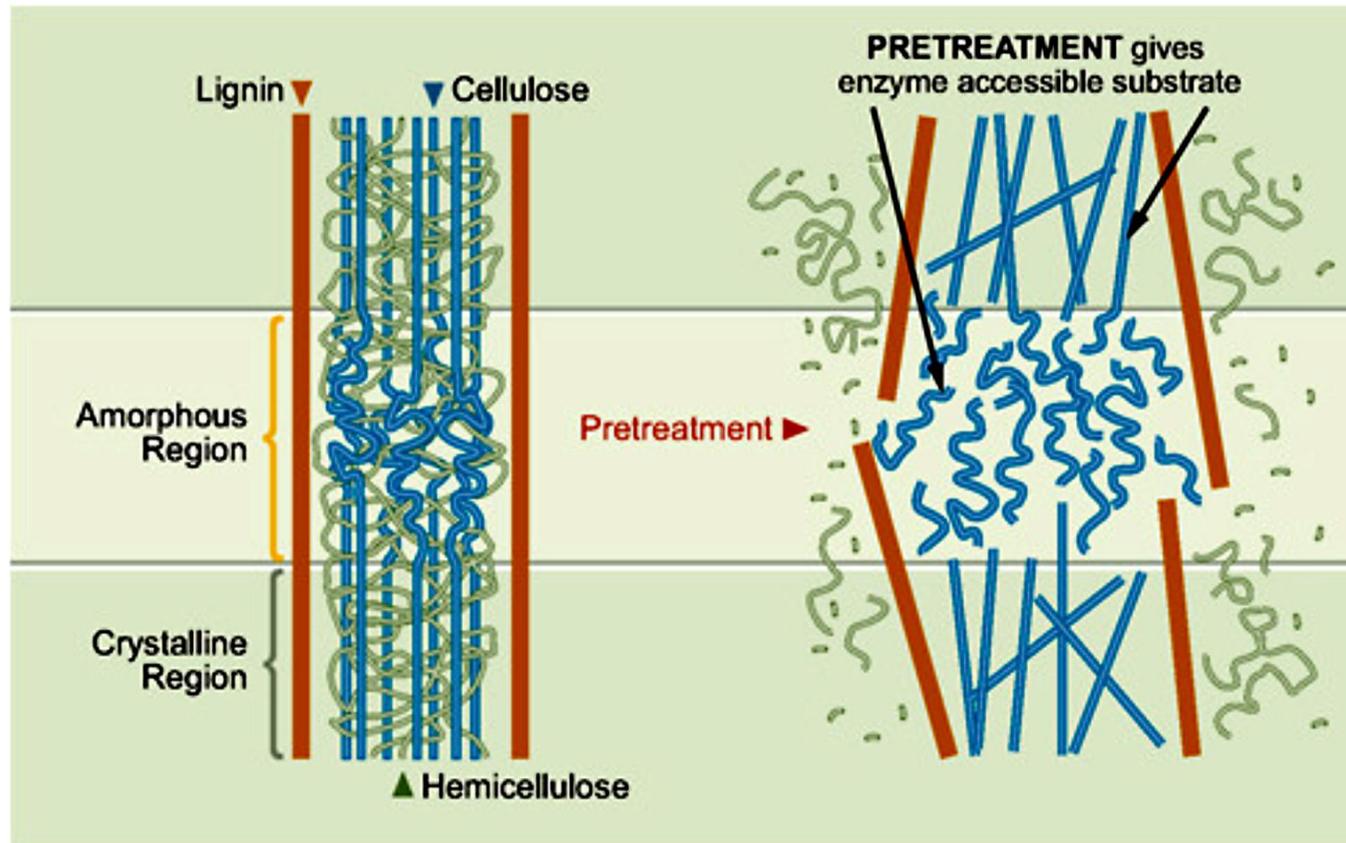
Fuente: *Henricksson et all*

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLID ES.pdf>



¿Dónde se encuentran los componentes químicos de la madera?





Pared celular:

Adaptado a partir del estudio de Y.D. Singh & K.B. Satapathy, 2018
<https://www.scipress.com/IJET.15.17.pdf>

Eucaliptos: maderas y maderas

Espécie	<i>E.urograndis</i>	<i>E.globulus</i>	<i>E.nitens</i>
Característica			
Densidad básica, g/cm³	0,45 – 0,53	0,52 – 0,63	0,43 – 0,50
Contenido de celulosa, % base madera	45 - 50	44 - 50	42 - 48

Espécie	<i>E.urograndis</i>	<i>E.globulus</i>	<i>E.nitens</i>
Extractivos orgánicos, % base madera	2 – 3,5	1,8 - 3	2 – 3,5
Lignina Klason total, % base madera	25 - 30	22 - 26	23 - 28
Relación S/G en la lignina	2,2 – 3,5	3,8 - 6	3 - 4

Espécie	<i>E.urograndis</i>	<i>E.globulus</i>	<i>E.nitens</i>
Carboidratos totales (Holocelulose), % base maderá	69 - 72	70 - 75	70 - 72
Pentosanas, % base maderá	12,5 - 16	17 - 19	17 - 21
Glucanas (principalmente celulosa)	45 - 55	45 - 55	45 - 55

Espécie	<i>E.urograndis</i>	<i>E.globulus</i>	<i>E.nitens</i>
Xilanas, % base maderá	10 - 14	14 - 20	16 - 22
Grupos acetila, % base maderá	2 - 3	2,8 - 3,5	4 - 5
Ácido metil glucurónico, % base maderá	2,5 - 4,2	2,5 - 4,5	3,5 - 4
Arabinanas	0,4 - 0,7	0,4 - 0,7	n.d.
Galactanas, % base maderá	1,2 - 2,1	1,5 - 2	n.d.

Espécie	<i>E.urograndis</i>	<i>E.globulus</i>	<i>E.nitens</i>
Mananas, % base maderá	1 - 2,5	1,1 - 2,5	n.d.
Hemicelulosas totales, % base maderá	18 - 24	23 - 28	27 - 33
Cenizas minerales, % base maderá	0,2 - 0,5	0,3 - 0,7	0,2 - 0,6

Pinus: Maderas y Maderas

Extractivos totales: 2 a 6%

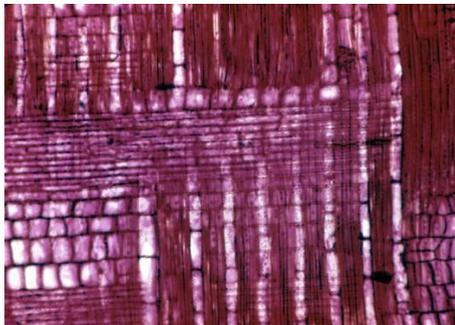
Lignina total: 28 a 32%

Holocelulosa: 65 – 70%

Hemicelulosas: 22 a 25%

Celulosa: 40 – 44%

Cenizas: 0,2 a 1%



Tema n° 03:

La Variabilidad de la Madera

Todas las maderas son necesariamente variadas en sus propiedades y la primera causa de esta variabilidad es la distribución diferenciada de sus componentes anatómicos en tres secciones: **Transversal, Radial y Longitudinal Axial**



Este tipo de distribución afecta a:

- **Permeabilidad**
- **Retractibilidad/Contracción**
- **Hinchazón**
- **Flujos de gases y líquidos**
- **Colapsabilidad**
- **Porosidad... etc.**
- **Resistencias**

Causas de variabilidad de la calidad de madera:

- **Dimensiones y tipos de componentes anatómicos**
- **Proceso de formación de madera debido a la madurez del cambio (tipos celulares, distribución y composición química causada por el metabolismo del árbol, etc.)**
- **Especies forestales**
- **Edad del árbol (infantil, juvenil, madura, senescente)**
- **Formación y diferenciación del duramen en relación con la madera de albura**

- **Posición de la madera en el árbol (en la dimensión de altura, diámetro, diferentes componentes de la biomasa, etc.)**
- **Ritmo de crecimiento (productividad)**
- **Condiciones climáticas y edáficas favorables o adversas (región, suelo, clima, etc.)**
- **Nivel de mejoramiento genético**
- **Tipo de propagación: clonal o vegetativo y seminal**
- **Condiciones silviculturales que afectan a la productividad: fertilización, riego, irrigación, etc.**

- **Ataque de plagas y enfermedades**
- **Formación anormal de madera: nudos, madera de reacción, bolsas de resina, etc.**
- **Degradación por ataques biológicos, incluso en el árbol vivo**

Condiciones fuera de los árboles: resinación, raleos, fuegos forestales, heladas, vientos, cosecha, transporte, clima, tiempo de almacenamiento, etc.



Almacenamiento



Fuegos en los bosques

**Maderas originadas de
árboles atacados por
monos**



**Madera podrida debido
al ataque del cancro
basal de eucalipto y
termitas**

Propiedades más afectadas por la variabilidad intrínseca de la madera:

- **Densidad básica**
- **Densidad aparente**
- **Contenido de humedad**
- **Porosidad y permeabilidad**
- **Contracción, hinchazón, histéresis**
- **Longitud de la fibra**

- **Espesor de la pared celular y todas las propiedades relacionadas (fracción de pared, índice de flexibilidad, índice Runkel, peso de fibra, resistencia individual a la fibra, ángulo fibrilar, etc.)**
- **Composición química en términos de contenido de lignina, tipo de lignina (relación Siringila/Guaiacila), contenido y tipo de hemicelulosas, contenido de extractivos, contenido de cenizas, etc.**
- **Poder calorífico**
- **Trabajabilidad y maquinabilidad**
- **Estrés de crecimiento (grietas, curvas, etc.)**

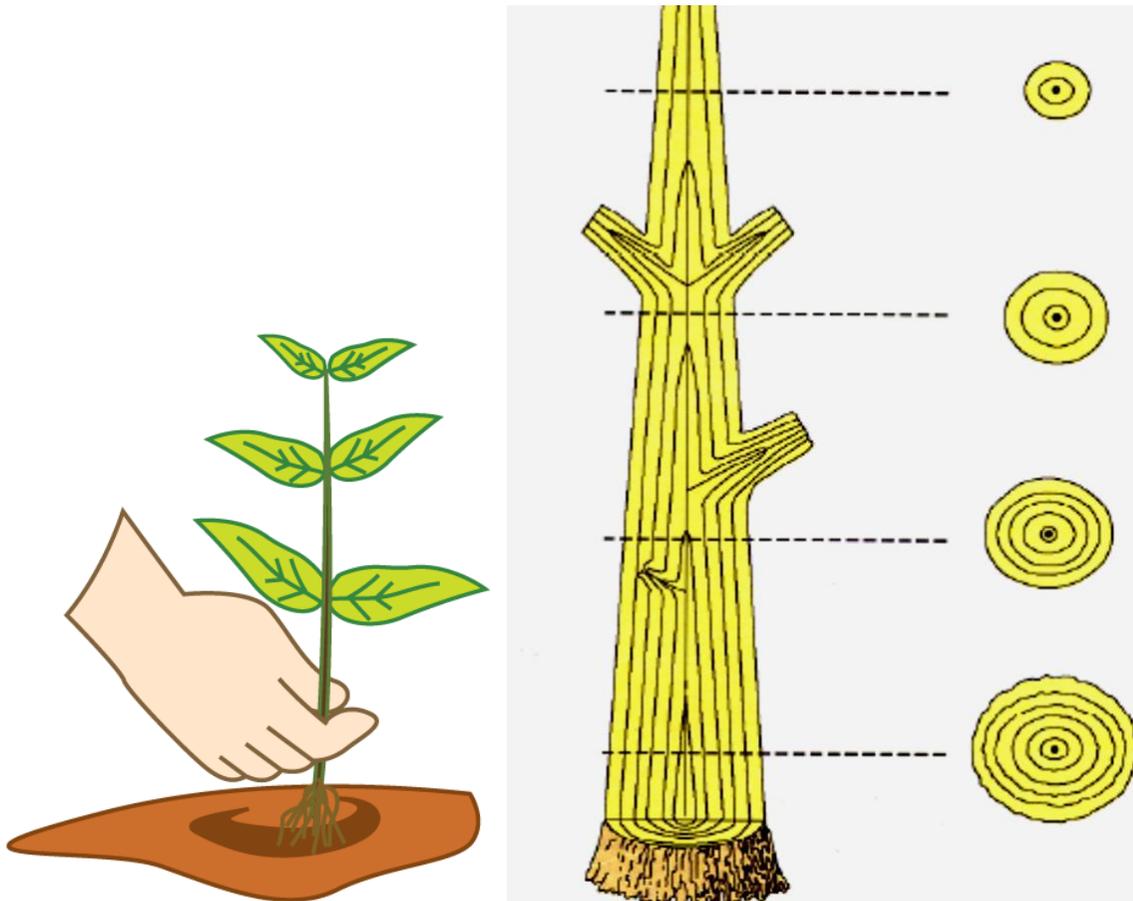
3.1 Casos de Variabilidad em *Eucalyptus*

- **Espécies con maderas densas** (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus urophylla*, *Corymbia torelliana*, etc.) **y de maderas blandas** (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus nitens*, etc.)
- **Edad** – A medida que el árbol envejece, forma bosques con diámetros más gruesos, con mayor longitud de fibra, mayor fracción de pared, menor contenido de lignina y mayor contenido de extractivos, entre otros efectos
- **Los clones son más uniformes en términos de calidad** de la madera, pero no significa que el mismo genoma dará lugar a todos los árboles iguales

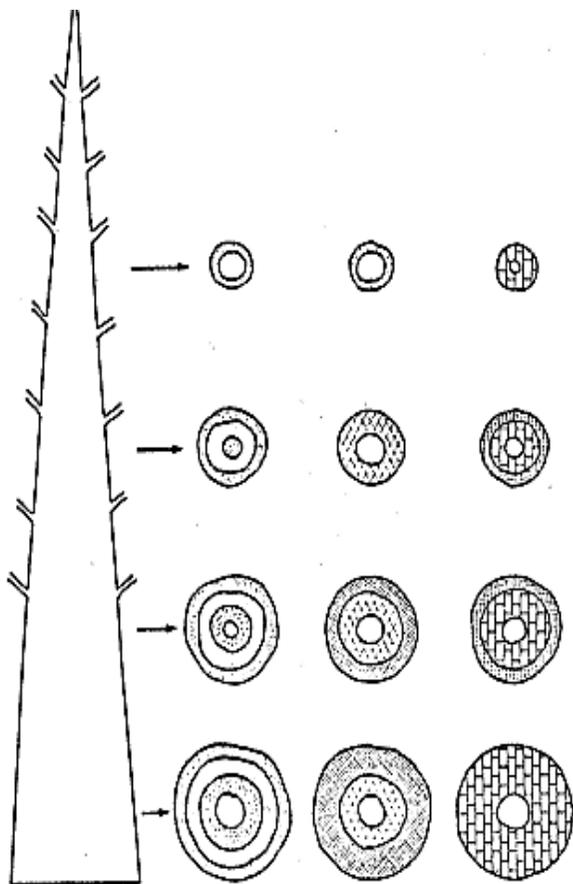
La variabilidad sigue existiendo, pero es menos

Diferentes clones pueden tener maderas muy diferentes, a pesar de que provienen de la misma especie

Variabilidad a lo largo del fuste (en la altura del árbol)

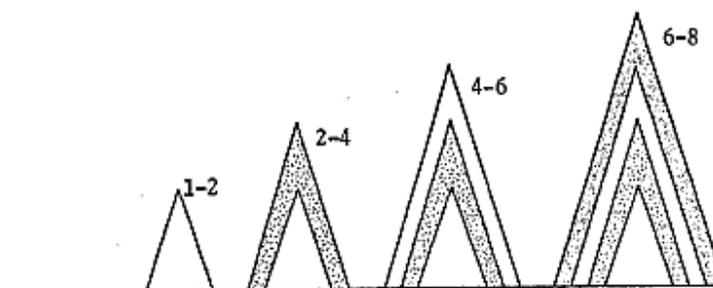


Al utilizar los troncos inferiores para el aserradero estaremos alterando la edad fisiológica de la madera que suministra la planta de pulpa



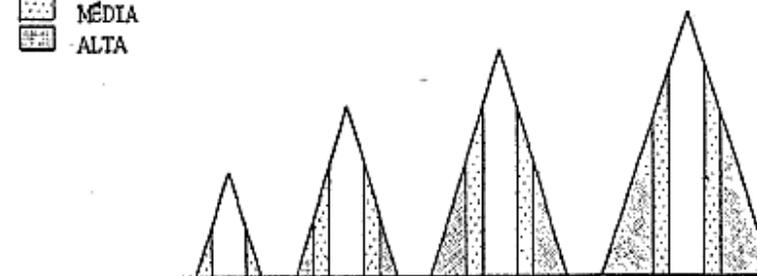
CAMADAS DE CRESCIMENTO

- 1-2 ANOS
- ▨ 2-4 ANOS
- ▩ 4-6 ANOS
- ▧ 6-8 ANOS



ZONAS POR DENSIDADE

- BAIXA
- ▨ MÉDIA
- ▩ ALTA



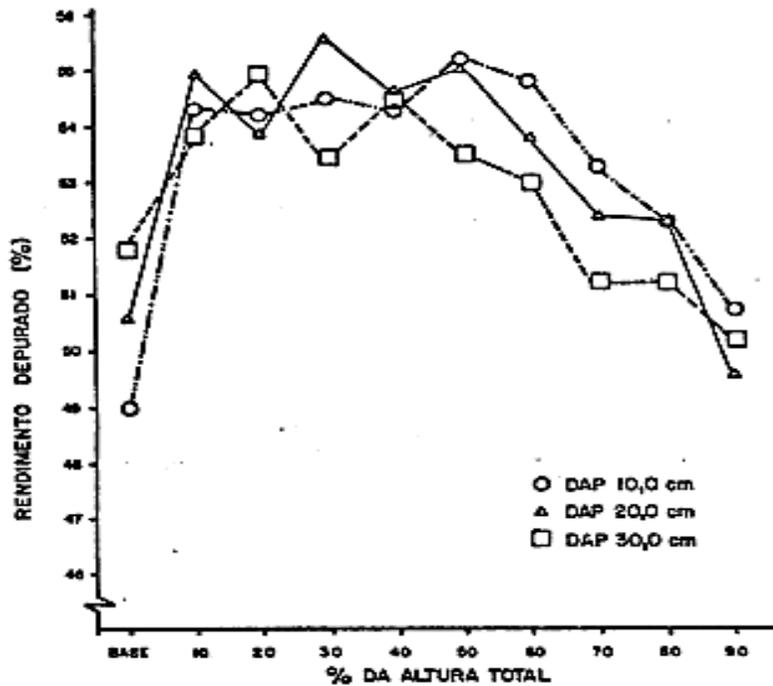


FIGURA 8. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. grandis* em Cozimentos com 14,0 % de Na_2O ativo.

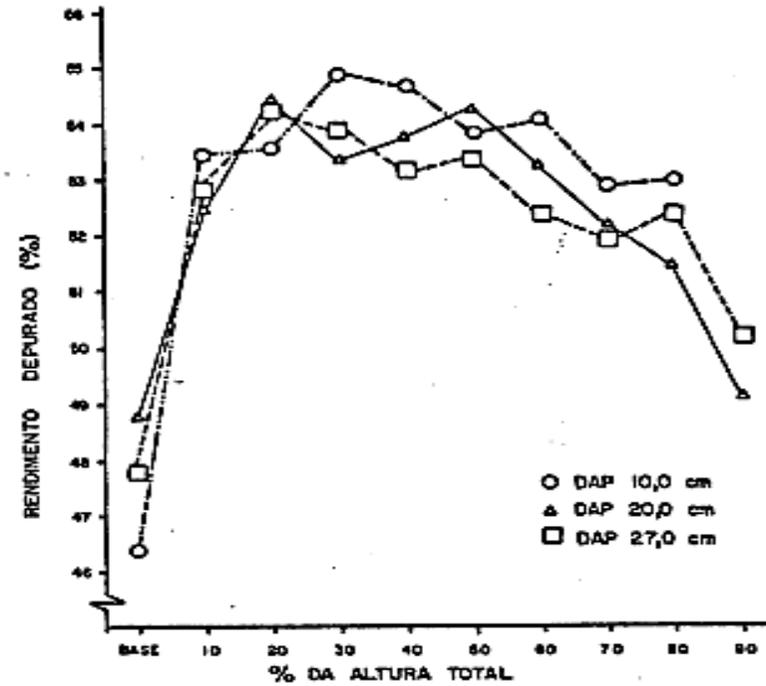


FIGURA 9. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. saligna* em Cozimentos com 14,0 % de Na_2O ativo.

16

Variação del rendimiento de pulpage de las maderas en la altura del árbol - Fuente: Vail Manfredi, 1985

http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf

Variabilidade de la densidad básica del árbol (altura/diámetro)

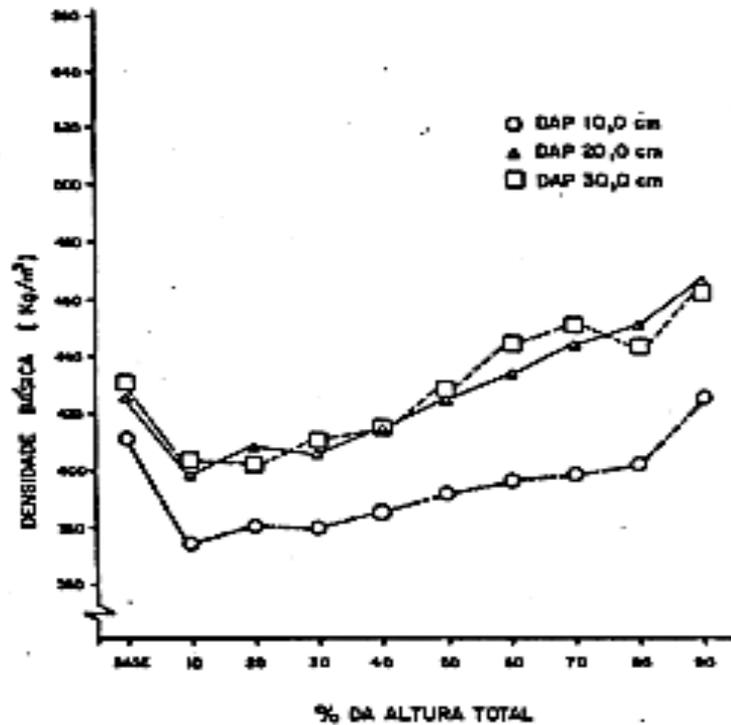


FIGURA 2. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. grandis*.

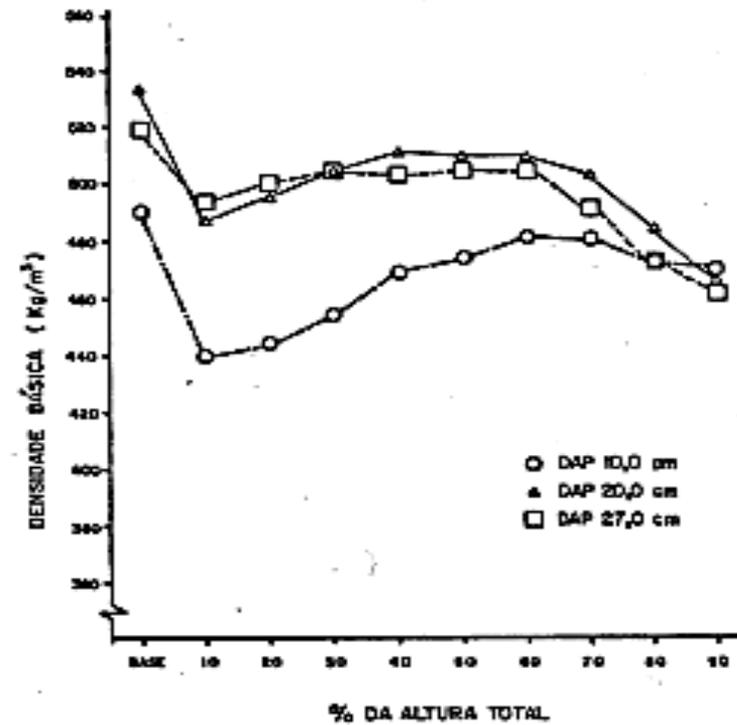
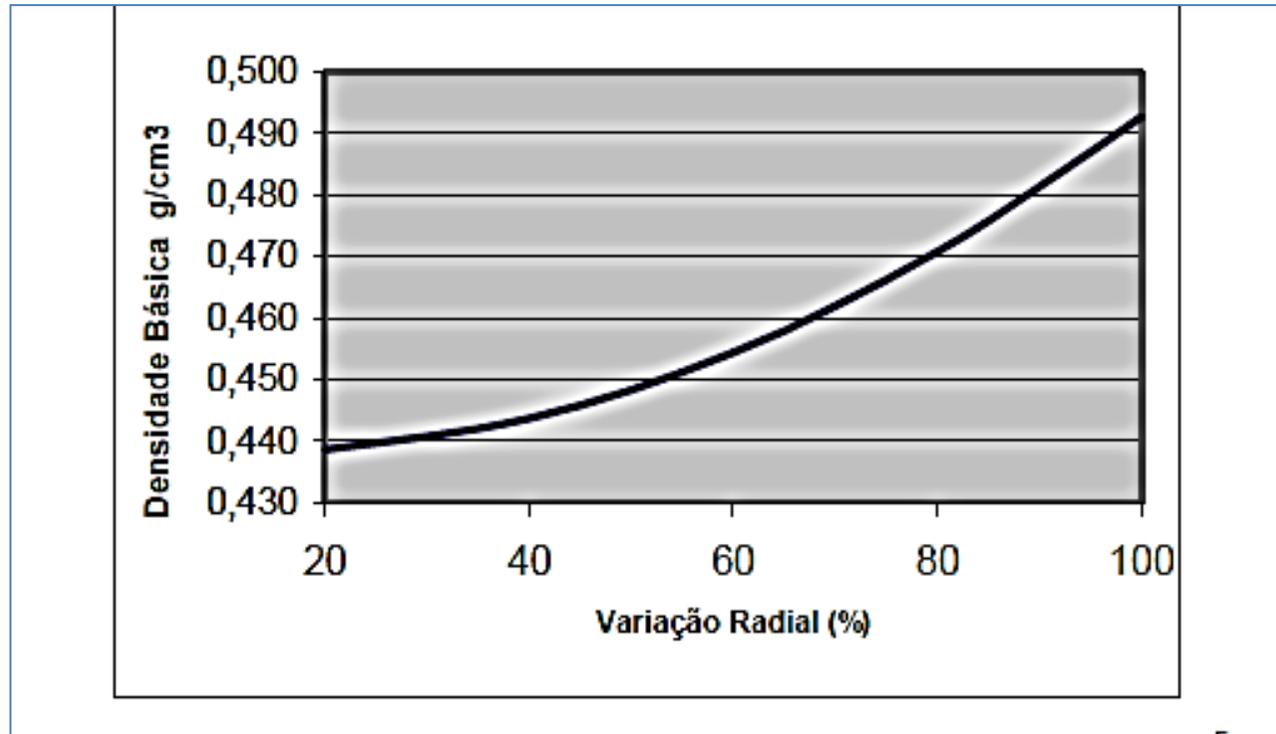


FIGURA 3. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. saligna*.

Fuente: Vail Manfredi, 1985

http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf



Variación radial de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus*

Fuente: Lazaretti et al, 2003

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003b.pdf>

Distinción entre albura y duramen

Duramen rico en extractivos, pH más bajo, pero menor densidad básica que para la madera de albura en los árboles más jóvenes, como el caso del eucalipto para la producción de pulpa

Leños inicial y tardío no tan característicos en *Eucalyptus*



3.2 Casos de Variabilidad en *Pinus*

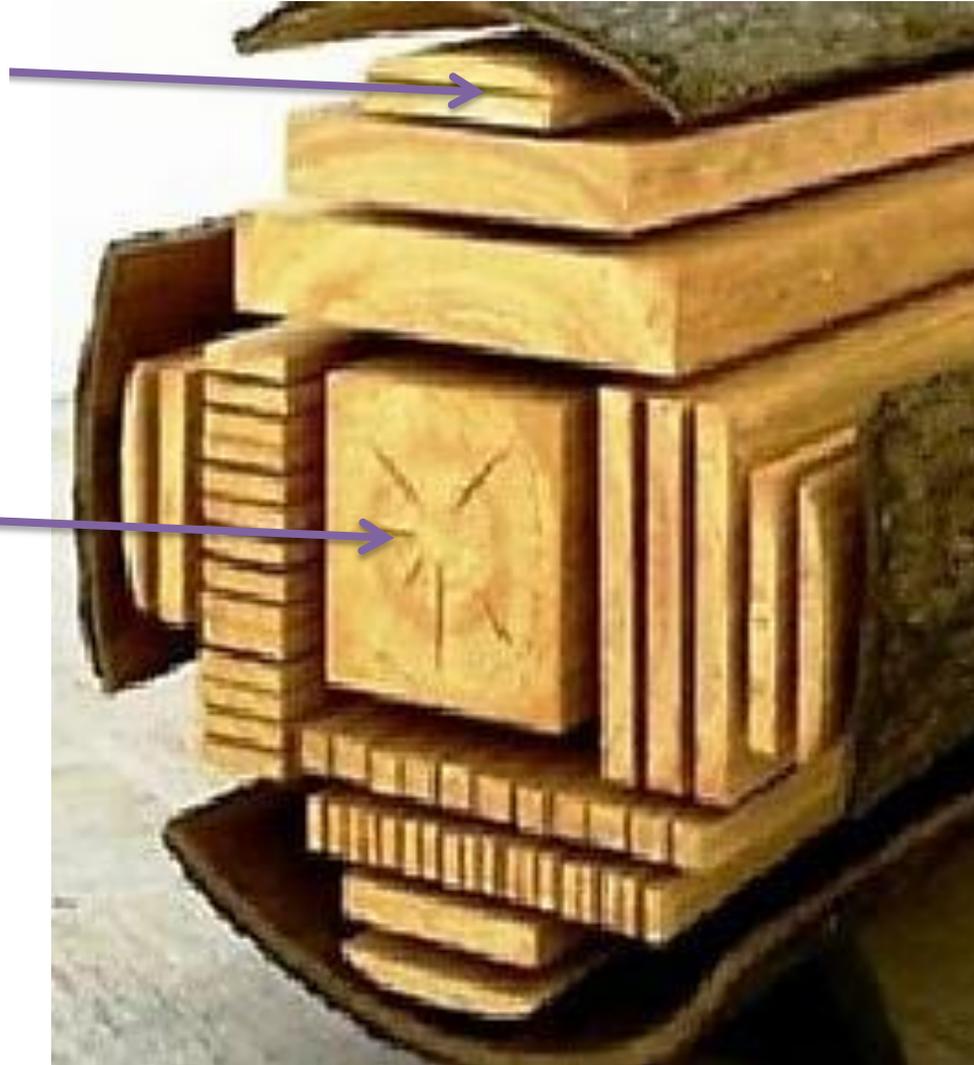
- Especies con **maderas más densas y otras más blandas**
- Especies ricas en **resinas** (*Pinus elliottii* y *Pinus oocarpa*) y otras con menor contenido de extractivos (*Pinus taeda* y *Pinus radiata*)
- **Edad** – a medida que el árbol envejece, forma maderas en troncos más gruesos, con mayor longitud de fibra, fracción de pared más grande, menor contenido de lignina y mayor contenido de extractivos, entre otros efectos
- **Los clones son más uniformes** en términos de calidad de la madera, pero no significa que el mismo genoma dará lugar a todos los árboles con igual calidad

- **Enorme influencia de la relación leño primaveril (temprano) y leño otoñal (tardío)**

Uno de los criterios para seleccionar madera para aserradero suele ser el "número de anillos de crecimiento" por pulgada en la dirección transversal

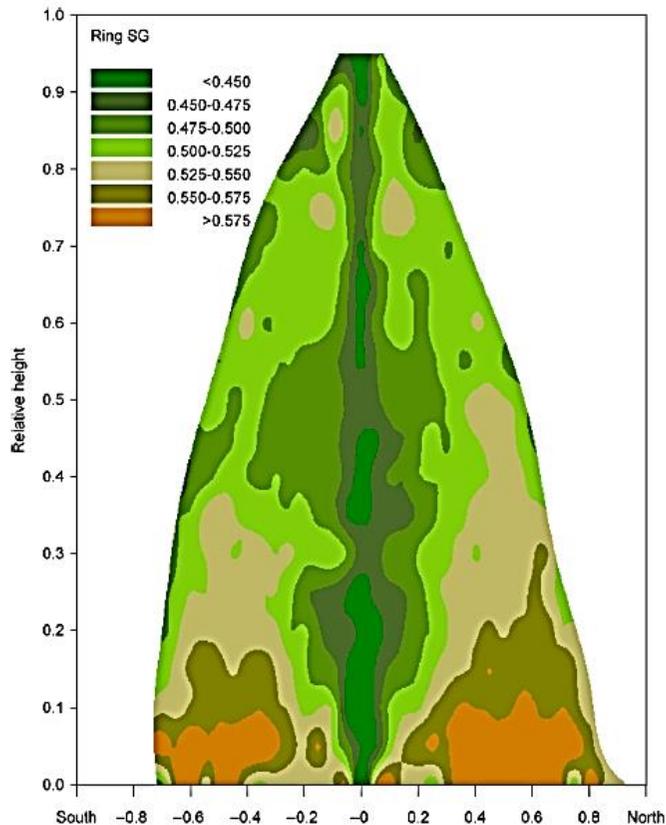


Costanera



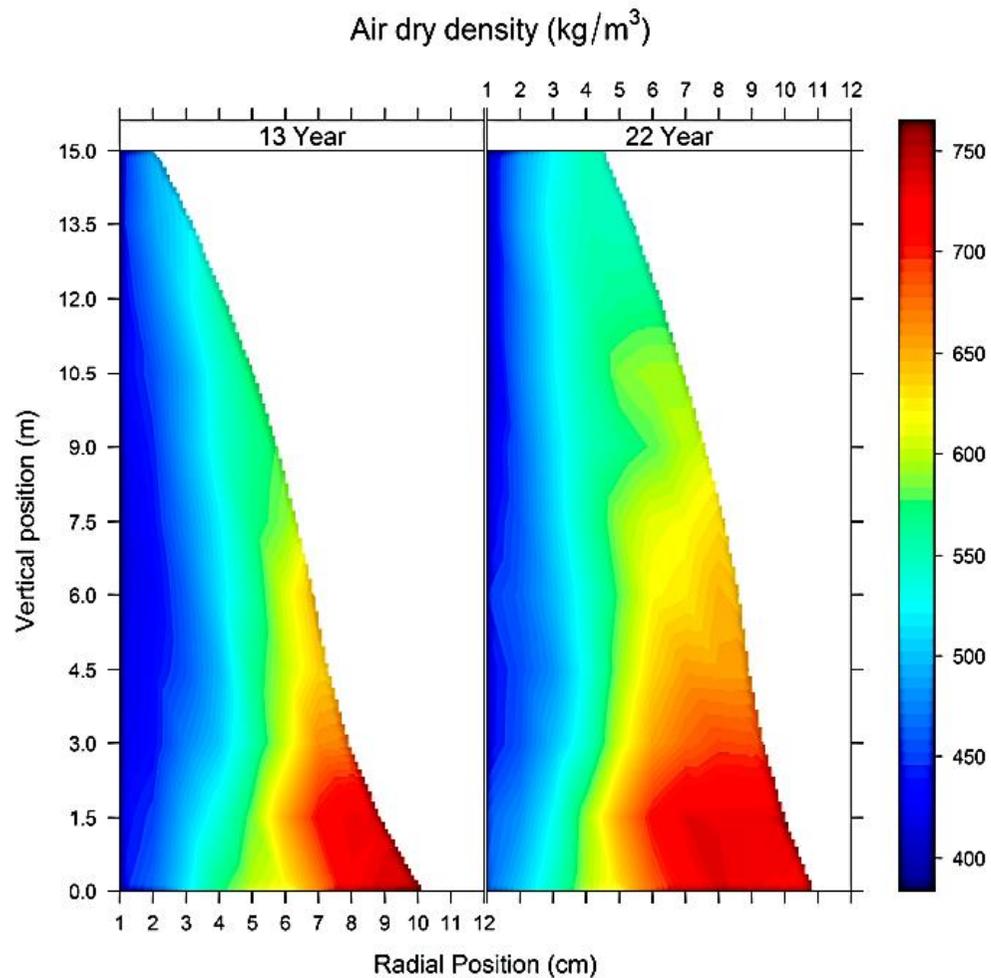
**Madera
Juvenil**

Variabilidad a lo largo del fuste (en la altura del árbol)



Variabilidad de la densidad de madera de *Pinus palustris* en diferentes situaciones de su maduración fisiológica

Fuente: Eberhardt et al, 2019 (Densitometría de rayos X en discos de madera)
<https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2825>



**Variabilidad de la densidad
de madera de *Pinus taeda*
en diferentes situaciones
de su maduración
fisiológica**

Fuente: Schimleck et al, 2018

<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/287/pdf>

- **Variabilidad radial de la madera de *Pinus elliottii* en términos de sus diferentes tipos de leños (Temprano/Tardío)**

Número do anel	Lenho inicial				Lenho tardio			
	Comprimento (mm)	Largura (μ)	Diâmetro do lúmen (μ)	Espessura da parede (μ)	Comprimento (mm)	Largura (μ)	Diâmetro do lúmen (μ)	Espessura da parede (μ)
1	2,22	40,59	28,22	6,18	2,25	38,34	25,21	6,56
2	2,44	41,08	31,01	6,15	2,65	38,89	22,28	8,31
3	2,70	42,44	33,05	5,83	2,94	41,28	22,35	9,47
4	2,87	43,58	33,18	6,43	3,09	38,85	20,48	9,19
5	3,14	44,42	34,21	6,36	3,23	39,19	21,42	8,89
6	3,28	43,62	33,30	6,65	3,31	39,39	21,56	8,91
7	3,41	45,62	33,19	6,21	3,42	38,80	18,91	9,95
8	3,53	42,07	26,87	7,66	3,70	38,40	18,21	10,09
9	3,72	41,56	27,19	7,19	3,87	39,00	18,89	10,06
10	3,89	44,28	28,85	7,72	4,01	39,31	19,39	9,96
11	3,77	47,48	31,91	7,79	3,80	36,78	16,75	10,01
12	3,77	42,78	27,94	7,42	3,85	39,60	17,51	11,04
13	4,05	45,77	30,66	7,56	3,95	38,16	15,92	11,12

Dimensiones de las fibras conforme el tipo de leño y edad fisiológica

Fuente: Foelkel et al, 1975 <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf>

Quadro III: *Densidade básica (g/cm³) e teores de lenho inicial e lenho tardio (%).*

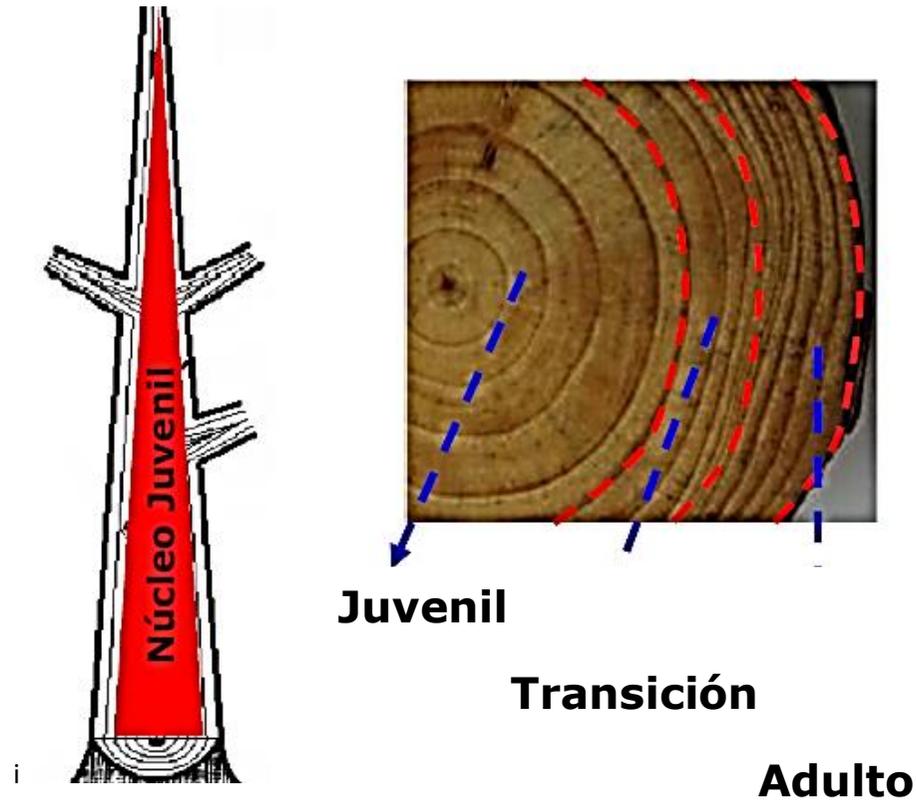
Número do anel	Densidade básica			Teor de lenhos			
	Geral (do anel)	Lenho inicial	Lenho tardio	em peso		em volume	
				Inicial	Tardio	Inicial	tardio
1	0,328	0,314	0,389	71,8	28,2	75,2	24,8
2	0,372	0,305	0,543	59,1	40,9	71,9	28,1
3	0,366	0,284	0,607	57,0	43,0	74,6	25,4
4	0,416	0,305	0,659	51,2	48,8	68,2	31,8
5	0,387	0,317	0,615	62,8	37,2	75,8	24,2
6	0,446	0,349	0,615	49,3	50,8	62,8	37,2
7	0,501	0,358	0,657	38,9	61,1	53,2	46,7
8	0,530	0,409	0,726	49,9	50,1	62,3	37,7
9	0,564	0,370	0,693	33,2	66,8	54,8	45,2
10	0,525	0,342	0,699	31,0	69,0	47,4	52,6
11	0,534	0,342	0,728	33,1	66,9	50,3	49,7
12	0,558	0,374	0,704	28,8	71,2	42,9	57,1
13	0,593	0,333	0,783	24,8	75,2	42,9	57,1

Densidad básica y proporción entre leños temprano y tardío

Fuente: Foelkel et all, 1975

[http://www.celso-](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf)

[foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf)



Fuente: Narciso & Simão, 2010

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Madeira_Pinus_taeda.pdf

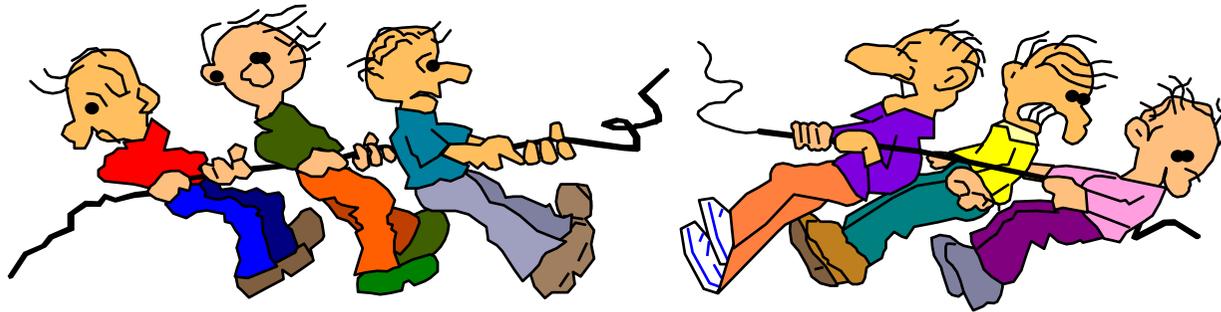
Tema n° 04:
Concepto de Calidad de Madera



Calidad = "Adecuación para el uso"

"Cuando se utiliza el producto o la materia prima, se generan los beneficios deseados para los sueños del consumidor y las pesadillas no se incorporan a este uso"

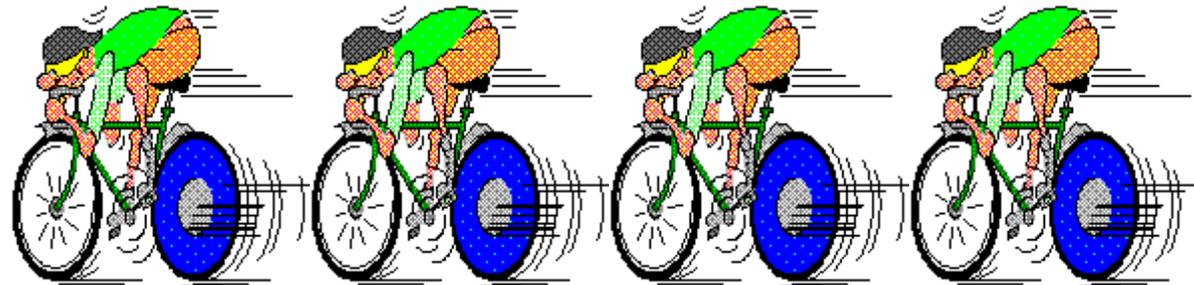
Cada planta de pulpa o papel tiene sus propios requisitos en calidad, dependiendo de su proceso y las necesidades de sus clientes



No hay mejor calidad duradera para la madera y no hay madera para servir todo, o una "madera universal"

El desarrollo de la calidad de la madera es un proceso sin fin...

La calidad de la madera se expresa mediante evaluaciones realizadas en muestras cosechadas de árboles, astillas o troncos y probadas en laboratorios



El usuario realmente quiere que esta madera funcione bien en su proceso, dando ingresos, rendimientos, consumos, costos y cumplimiento de sus propios deseos y los de sus clientes

En general, las muestras y las pruebas en madera casi siempre se realizan en la "buena parte" de la madera, es decir: exentas de nudos, sin putrefacción, sin maderas anormales, etc.

Eso no es "real life"

Poco se sabe sobre cuáles son los factores que rigen la formación de la "madera ideal" y sus propiedades

Por ejemplo: Los árboles no tienen genes para producir densidad de madera

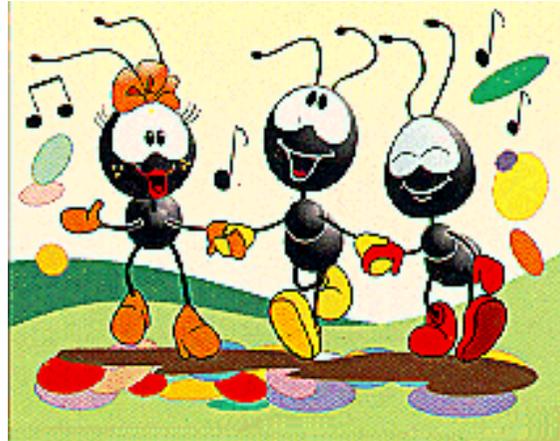
Esta propiedad es una consecuencia de genes que gobiernan la composición química y la anatomía que el árbol quiere producir en su madera

Una sola propiedad no puede considerarse una expresión de la calidad de la madera

Ejemplo: Maderas con misma densidad básica pueden ser completamente diferentes en rendimientos de pulpación si tienen diferentes contenidos de lignina y extractivos en su composición química

Las propiedades a evaluar deben ser tales que traigan felicidad a todos los participantes de la cadena de suministro

Tampoco debe haber demasiadas propiedades para evaluar, porque cuanto más los tipos de análisis, más complicado es tener todo a tiempo de toma de decisión y cumplir con todos ellos al mismo tiempo



La ingeniería de calidad de la madera se puede lograr a través de:

- **Control genético**
- **Control silvicultural**
- **Control en operaciones forestales e industriales para no perder lo que fue duramente conquistado por los árboles**

- **Respeto por los árboles, troncos, trozos, astillas, pulpas, papel y todos los usuarios finales e intermediarios de estas cadenas de valor**
- **Los bosques no pueden asumir toda la responsabilidad de producir calidad para toda la red**



Tema nº 05:

Madera – Cambio en la cantidad y calidad de la madera entre el bosque y el digestor



La gran verdad es que la madera de los árboles en los bosques no es igual en calidad a la madera recibida por el digestor en forma de astillas



Hay cambios que pueden ser significativos entre la cantidad y la calidad de madera en los árboles de pie, en los troncos que llegan a las fábricas y en las astillas alimentadas al digestor

Esto tiene un impacto económico y en la planificación de la red de suministros

5.1 Razones de variaciones en la cantidad y calidad de la madera

- Hay pérdidas significativas de madera del tronco de los árboles en la cosecha forestal que pueden oscilar entre el 2 y el 4% del volumen comercial disponible para cosechar en el bosque







→ La madera en el árbol está saturada en agua y la madera en la fábrica ha sufrido secado parcial – la **contracción del volumen puede variar de 3 a 6% a 45 a 60 días de secado en el bosque** – Cuanto más tiempo, más contracción tenemos



→ La madera sufre un deterioro biológico que reduce su peso y altera la composición química, especialmente los extractivos y hemicelulosas – **Pérdida de peso seco de 2 a 5% en 30 a 60 días** – Más días, más pérdidas



Hongos degradan y manchan las maderas

→ La madera sufre una gran pérdida de humedad, lo que reduce su peso húmedo : la pérdida de humedad varía de **un inicio post-corte con 50 a 65% y al final con 30 a 40%** en 60 a 90 días

Trozos con corteza	Humedad
Humedad en cosecha	50 a 65%
Humedad 30 días	40 a 50%
Humedad 60 días	35 a 40%
Humedad 90 días	30 a 35%
Humedad 120 días	20 a 30%

La reducción del peso de madera en el bosque aporta ventajas en el transporte (troncos, trozos y astillas) y desventajas por el deterioro, la introducción de aire en interior de la madera y un mayor gasto energético para la producción de astillas

La madera sea como tronco o astillas cuando se produce y se transporta termina contaminada y **ESTO DEPENDE DE LAS PERSONAS Y DE LAS TECNOLOGIAS QUE SE UTILIZAN**



5.2. Consecuencias de las variaciones en la calidad de la madera: Desde el bosque hasta la celulosa producida por los digestores

La variabilidad de la madera afecta a una gran lista de operaciones en fábricas y bosques:

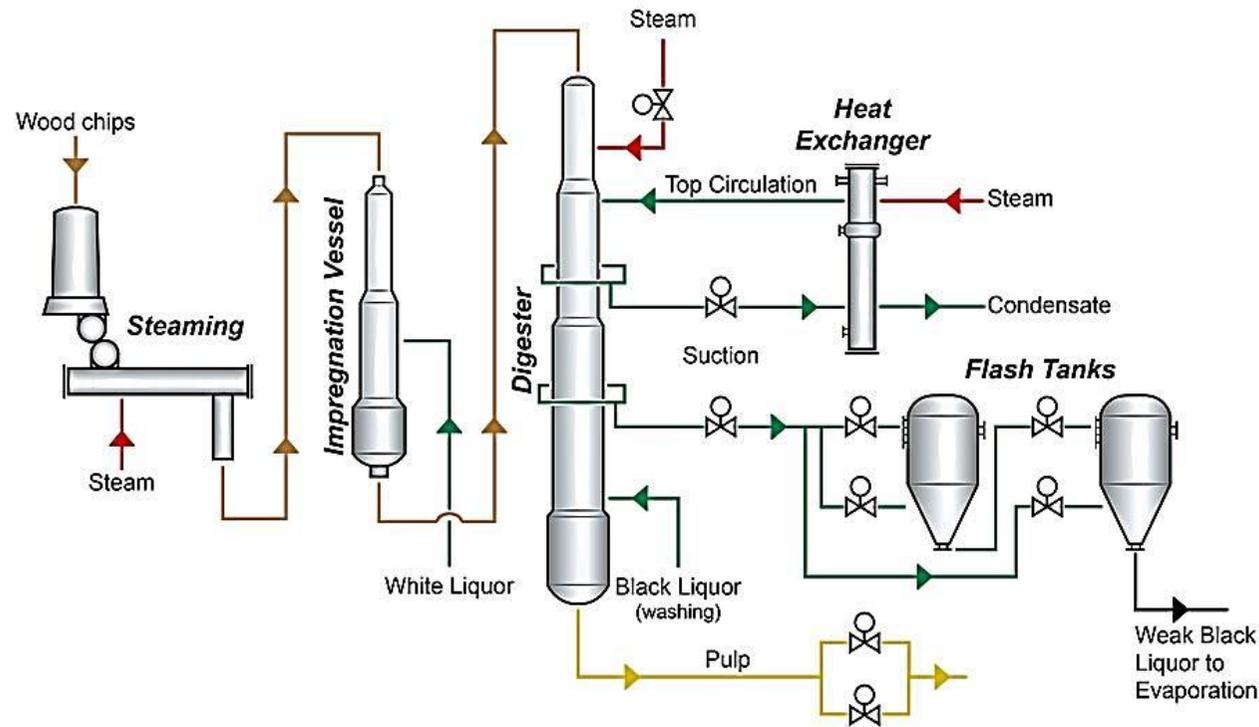
- **Cantidad de carga de madera por camión (función de humedad)**
- **Energía en la chipera para convertir trozos en astillas (función de humedad y densidad)**
- **Dimensiones de astillas (espesor, longitud, aserrín)**

- **Carga alimentada en digestores (función de densidad aparente de astillas)**
- **Consumo específico de madera por tonelada de celulosa (función de rendimiento de pulpaje y densidad de madera)**
- **Rendimientos netos de pulpa**
- **Contenido de rechazos y nudos crudos**
- **Factor H ("Energía gastada para pulpaje")**
- **Carga alcalina para pulpaje (consumo químico para individualizar fibras)**
- **Contenido de sólidos secos (orgánico e inorgánico) en licor negro enviado para su recuperación**

- **Número Kappa y viscosidad de la celulosa**
- **Extractivos y resinas en las pulpas producidas ("Pitch")**
- **Contaminaciones con elementos no procesuales, arena, etc.**
- **Blanqueabilidad y la pérdida del blanco de la pulpa**
- **Resistencias de las pulpas**
- **Volumen específico, porosidad de hojas de celulosa o papel**
- **Etc., etc., etc.**

Tema nº 06:

Fundamentos del proceso de pulpaje kraft



Fuente de la Figura:

<https://naf.se/applications/chemical-pulping/fiberline/cooking/continuous-digester/>

El Proceso Kraft fue inventado por el alemán Carl Dahl probablemente entre 1879 y 1884, cuando se dice que accidentalmente usó sulfato de sodio en lugar de sosa cáustica para la reposición de sodio en ese proceso de pulpación de madera



Del mismo modo que todos los procesos químicos de pulpación, el kraft se basa en la disolución y eliminación de los compuestos de la madera que cementan los elementos anatómicos entre sí

Para que esto suceda, todos los elementos anatómicos de la madera deben tener contacto con estos reactivos de pulpaje

El primer paso para obtener la entrada de este licor en la madera es aumentar la superficie de contacto de la madera con el licor. Esto se logra transformando la madera de trozos en astillas.

El proceso kraft ha sido el mecanismo más versátil y eficiente de pulpa de madera, en función de:

- **Versatilidad - Aplicable a numerosas materias primas, desde madera hasta pajas, bagazo de caña de azúcar, etc.**
- **Proceso alcalino con alta eficiencia energética, ya que los componentes disueltos de la madera se convierten en biocombustibles**
- **Permite la recuperación en más del 95% de los reactivos químicos alcalinos utilizados en la pulpación**
- **Despolimerización rápida y eficiente y disolución alcalina de la lignina**

- **La relativa estabilidad alcalina de la sustancia celulosa que resulta en fibras de buena calidad y resistencia**
- **Fácil degradación de los extractivos de madera**
- **La posibilidad de adoptar procesos modificados y extendidos, tanto en digestores continuos como en digestores “batch”**
- **La excelente calidad de la pulpa producida, lo que favorece muchas aplicaciones**
- **El blanqueo relativamente fácil y tecnológicamente viable de la pulpa cruda, siendo posible llevarla a los más altos grados de blancura**

Proceso kraft ha experimentado una evolución considerable para mejorar el rendimiento, energía y variables operacionales como:

- » **División de carga alcalina, aplicada de manera fraccionada**
- » **Lavado interno en los digestores**
- » **División y intercambio de filtrados**
- » **Control de las concentraciones alcalinas y sólidos orgánicos en licores para facilitar la difusión y migración de reactivos químicos y sólidos orgánicos disueltos**
- » **Recuperación de vapores y gases liberados en descargas**
- » **Tiempos de cocción más largos y temperaturas más bajas**

» **Pre-impregnación de astillas antes de que se alcance la fase de “bulk delignification”**

Desventajas

- **Conversión de madera en pulpa ofrece rendimientos que no son altos debido al ataque a los carbohidratos holocelulósicos por el licor de pulpaje, fuertemente alcalino**
- **El hidroxilo (OH^-) ataca los carbohidratos de la pared celular del vegetal, fragmentándolos, despolimerizándolos y solubilizándolos**

- **La tecnología es intensiva en capital y depende claramente de las economías de escala**
- **El olor generado en el procesamiento aún no está completamente resuelto**
- **Las limitaciones en equipos más grandes en la etapa de recuperación del licor son siempre obstáculos para el crecimiento de la producción en fábricas ya instaladas.**

Los investigadores buscan constantemente prevenir la degradación de carbohidratos: tensioactivos, antraquinonas, boridrecto, polisulfuros, etc.

Esto aumentaría la eficacia y selectividad de pulpaje kraft

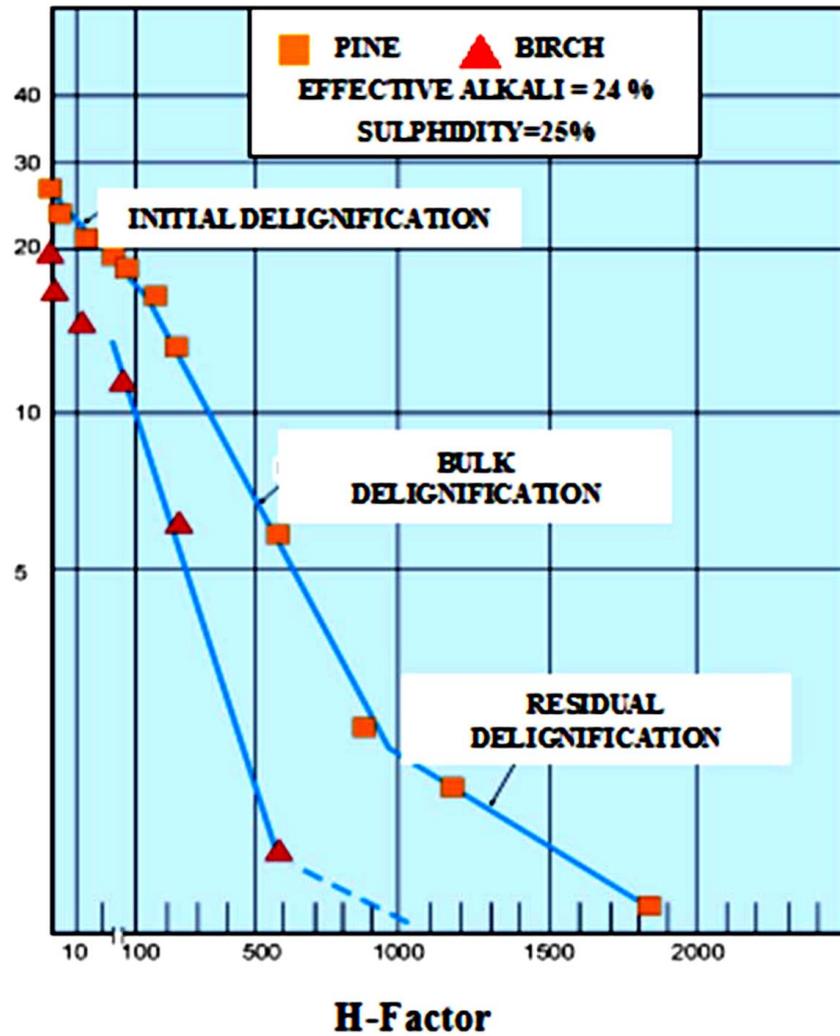
Fases de la pulpación

- **La impregnación de las astillas a temperaturas más bajas (105 a 125°C)**, una vez que ya se consume entre el 20 y el 25% del álcali efectivo en las reacciones de neutralización de los grupos ácidos de madera (grupos acetiles y grupos uroniles). El consumo es básicamente sosa cáustica.
- **Aumento de la temperatura hasta que se alcance el paso de máxima de eliminación de la lignina** ("deslignificación masiva" o "bulk delignification"). En esta fase de aumento de la temperatura, se consume un 20 a 30% adicional del álcali efectivo por degradación de carbohidratos, extractivos y algo de lignina.

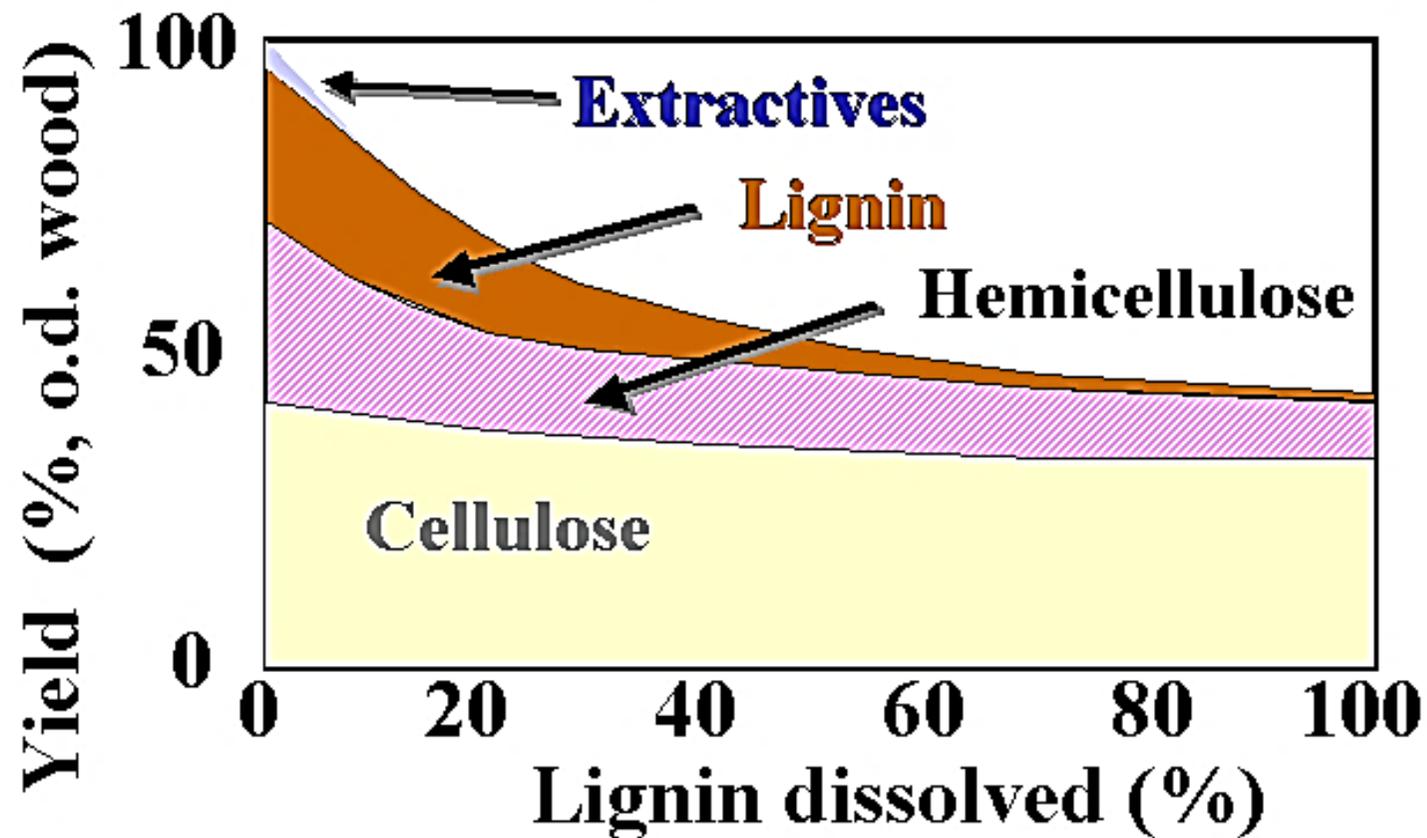
Por lo tanto, sólo para impregnar las astillas y para elevar la temperatura de las mismas a la temperatura inicial de la delignificación masiva de la lignina (145°C), ya se consume alrededor de 45-50% del álcali efectivo y se eliminar alrededor del 25% del peso seco de la madera

- **Fase de deslignificación principal o masiva ("bulk delignification")**, que corresponde al comienzo de lo que se llama tiempo de cocción a la temperatura máxima. Aquí está la mayor eliminación de lignina de la madera.
- **Fase de deslignificación residual (final)**, que se caracteriza por la remoción baja de lignina de las astillas al final de la cocción, pero que es necesario para permitir una individualización más fácil de las fibras. También ayuda a facilitar el blanqueo de las pulpas

Residual lignin, % of wood



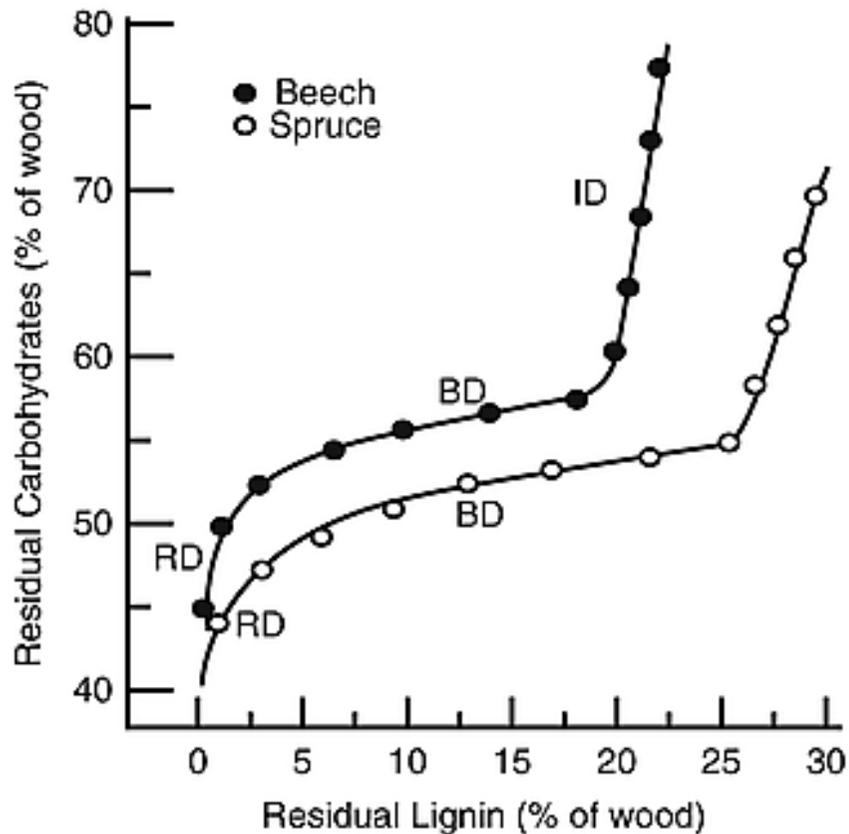
Fuente de la Figura:
https://www.tecnicepa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf



Fuente de la Figura:

<https://projects.ncsu.edu/project/hubbepaperchem/KRFT.htm>

El ritmo de la deslignificación sólo debe intensificarse cuando las astillas están saturadas, una vez que las reacciones se tornan más rápidas y los reactivos y sólidos orgánicos disueltos pueden ser mejor difundidos por la estructura de la astilla



Fuente de la Figura:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52287-6_5

Pérdida inevitable de hemicelulosas y cierto porcentaje de celulosa por degradación alcalina de moléculas

La pérdida de hemicelulosas es alta incluso en las primeras fases de la pulpaje

Las glucomananas de las maderas de coníferas son más degradadas que las xilanas de la madera de latifoliadas

Las xilanas se reprecipitan parcialmente al final de la pulpaje, cuando baja el valor de pH

La cantidad de álcali ativo o efectivo consumido al largo del proceso depende de:

- **Madera:** en términos de su constitución química, densidad básica, extractivos, etc.
- **Dimensiones y calidad de las astillas**
- **Calidad de la impregnación de las astillas**

- **Temperatura máxima de cocción** (para bajas temperaturas generalmente se requieren cargas alcalinas más altas para evitar que el tiempo de cocción se vuelva demasiado largo. Una desventaja importante porque representa más inversiones en el sector de la preparación de licores blancos)
- **Grado de deslignificación objetivado** (número kappa)
- **Interacción entre las variables clave del proceso** (tiempo, temperatura, factor H, carga alcalina, sulfididad, etc.).

El álcali es consumido por reacciones con:

- **Extractivos de la madera**
- **"Acidez natural" de la madera, causada por los grupos ácidos de las ramas de las hemicelulosas (acetilas y uronilas)**
- **Degradación de las hemicelulosas por despolimerización de la cadena principal**
- **Despolimerización terminal de moléculas de celulosa**
- **Degradación de la lignina**

- **Reacción de carbonatación del hidroxilo por la presencia de moléculas de dióxido de carbono**
- **Adsorción a las fibras de pulpa**



Principales variables de la pulpación kraft y que pueden verse afectadas por la calidad de la madera:

- » **Carga alcalina (NaOH; Na₂S; Na₂CO₃)**
- » **Tiempo de pulpaje**
- » **Temperatura de pulpaje**
- » **Fator H (relacionado com la energía utilizada)**
- » **Número kappa**
- » **Viscosidad de la pulpa**

- » **Rendimiento de pulpación**
- » **Contenido de rechazos**
- » **Sólidos secos disueltos (Orgánicos y Inorgánicos)**
- » **Densidad de astillas (base seca en la carga del digestor)**
- » **Densidad de astillas (base húmeda dentro del digestor – para permitir que las astillas buceen en el licor - deben tener más de 1,05 g/cm³ de densidad)**

Hoy en día, se cree que:

- **Las astillas deben estar lo más posible impregnadas** antes de que la temperatura suba para alcanzar la fase de deslignificación principal o masiva.
- **Las bajas temperaturas y la buena impregnación favorecen el rendimiento de la "deslignificación masiva" y la selectividad de la pulpación.** Una buena selectividad significa una alta remoción de lignina con baja degradación de los carbohidratos. Se puede medirla sea por la relación entre el rendimiento depurado/número kappa o el número de viscosidad/kappa de pulpa.

- **La concentración alcalina debe mantenerse relativamente nivelada en las distintas fases de pulpaje.** Esto se logra mediante el fraccionamiento de las entradas alcalinas en el sistema.
- Se debe perseguir una **alta concentración de iones de hidrosulfuro para evitar una degradación más intensa de los carbohidratos,** especialmente en las primeras etapas de pulpaje. En parte esto se logra trabajando con mayor sulfididad y también por la impregnación de las astillas con el uso de licor negro que contiene componentes de madera disuelta y alta concentración de hidrosulfuro.

- **Las concentraciones del ion hidroxilo deben mantenerse más o menos uniformes durante toda la pulpaje, una vez que con tal concentración en el licor se mantiene un rápido movimiento de este ion en las astillas por el fenómeno de difusión iónica**

- **Las concentraciones de iones de sodio y fragmentos de lignina disueltos en licor deben reducirse continuamente mediante cambios de licores, para favorecer la migración de lignina fragmentada para fuera de las astillas durante todo el proceso de pulpaje de la madera**

- **La temperatura de pulpaje, en todas sus fases, debe ser lo más baja posible**, sin dañar mucho el tiempo de pulpaje y la productividad, dependiendo de las dimensiones y tecnología del equipo diseñado y en uso en la fábrica

Sistemas tecnológicos de pulpación que persiguen estos objetivos

- **“Compact Cooking”**
 - **“Kobudo Mari”**
 - **“Lo Solids”**
 - **“Super Batch ”**
- **“Rapid Displacement Heating (RDH)”**

PULPACIÓN 	Madera eucalipto	Remoción inicial	Remoción total	Residual en la pulpa
Grupos acetila	4	- 4	- 4	-
Grupos uronila	3	- 2	- 2,5	0,5
Xilanas	16	- 5,5	- 8	8
Otras hemicelulosas	4,5	- 3	- 3	1,5
Lignina	25	- 2	- 24,5	0,5
Celulosa	44	- 2	- 4	40
Extractivos	3	- 1,5	- 2,9	0,1
Cenizas	0,5	-0,4	- 0,4	0,1
Total	100	- 20,4	- 49,3	50,7

Madera	<i>E.globulus</i>	<i>E.urograndis</i>	<i>Pinus taeda</i>	Softwood Scandinavia
Densidad	0,6	0,5	0,38	0,45
Lignina madera	23	28	32	30
Número kappa	14 - 15	16 - 17	23 - 25	23 - 25
Rendimiento pulpación	56 - 57	51 - 54	43 - 45	44 - 46
Fator H	300 - 500	400 - 800	1000-1500	1000-1500
Álcali Efectivo NaOH	15 - 16	17 - 20	23 - 24	22 - 25
Consumo específico m³/odt UKP	~3	~3,7 - 3.8	~6	~5,0 - 5,5

Tema nº 07:

Topoquímica de los componentes químicos de la madera

Una madera, para ser de buena calidad para el procesamiento kraft, **debe mostrar una buena accesibilidad al licor** de cocción. La accesibilidad es la facilidad que ofrecerán las astillas para la penetración, difusión y reacciones del licor de pulpage en su interior.

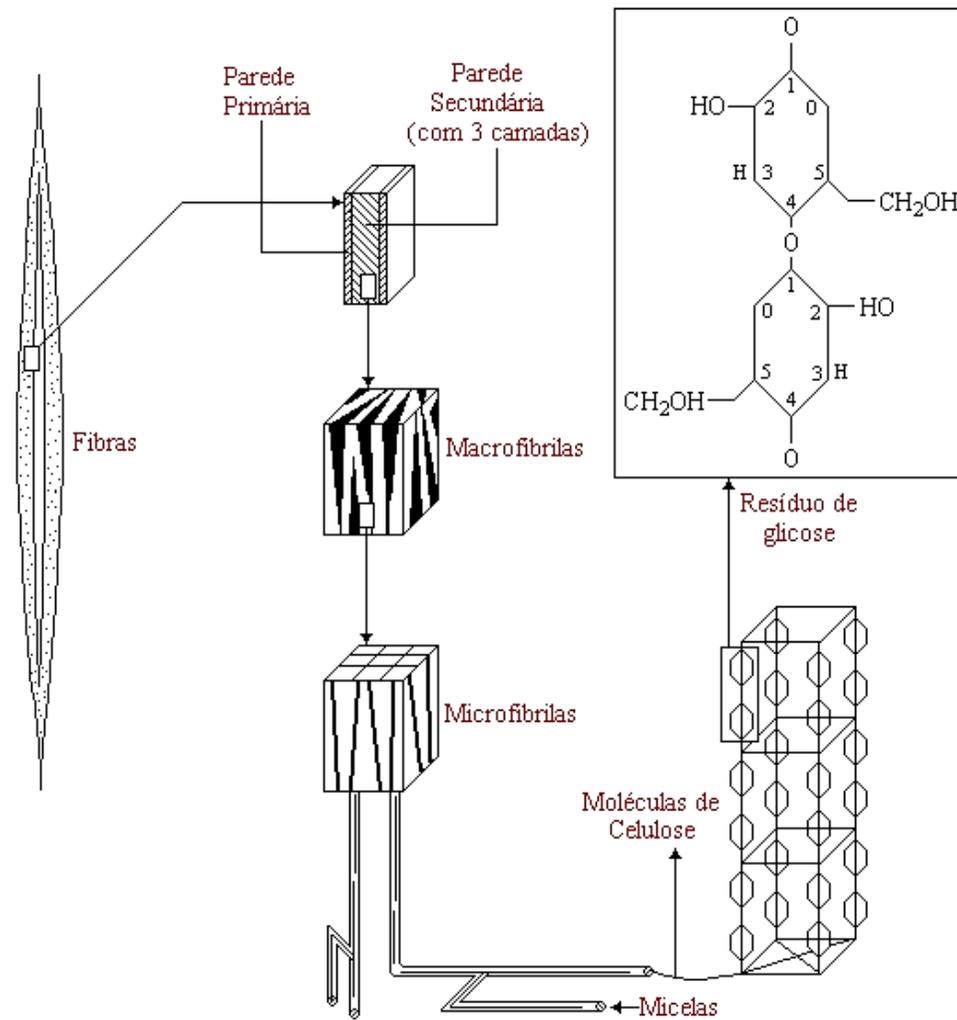
Sin la entrada del licor en las astillas, **no se producen las reacciones químicas necesarias para la disolución de los componentes de la madera** que unen las fibras entre sí.

Sin estas reacciones que ocurran en su plenitud y en las dosis correctas, **habrá muchas regiones de la madera que no tendrán sus fibras individualizadas**

Por lo tanto, además de conocer las etapas de impregnación o entrada del licor de pulpaje en las astillas, tenemos que conocer la **TOPOQUÍMICA DE LOS CONSTITUENTES DE MADERA**, es decir, donde se encuentran los componentes químicos, su concentración y distribución

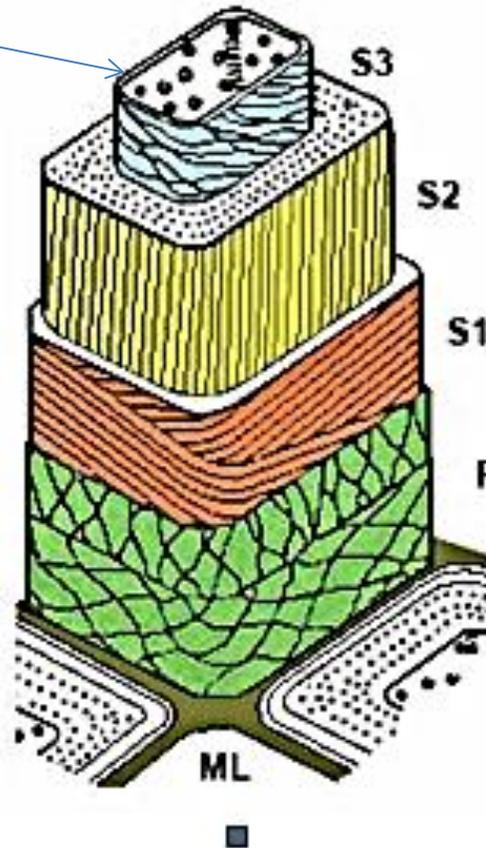
En función de cómo se estructura la madera y cómo sus diversos componentes se distribuyen en las células, **podemos tener una visión privilegiada del proceso kraft para optimizar el mismo**

Muy diferente a ver sólo astillas, licores e indicadores como el número kappa y la viscosidad de las pulpas



Fuente de la Imagen: Professor Umberto Klock, UFPR

Camada Warty
Verrugosa



Ultraestructura de la pared celular de la fibra de xilema de los árboles que muestran las capas típicas que componen la misma

Fuente de la Figura: Tiikkaja, 2007

Las capas difieren en espesor, composición y distribución/dirección de microfibrilas de celulosa

Las dimensiones más comunes para las diferentes capas de fibras son las siguientes:

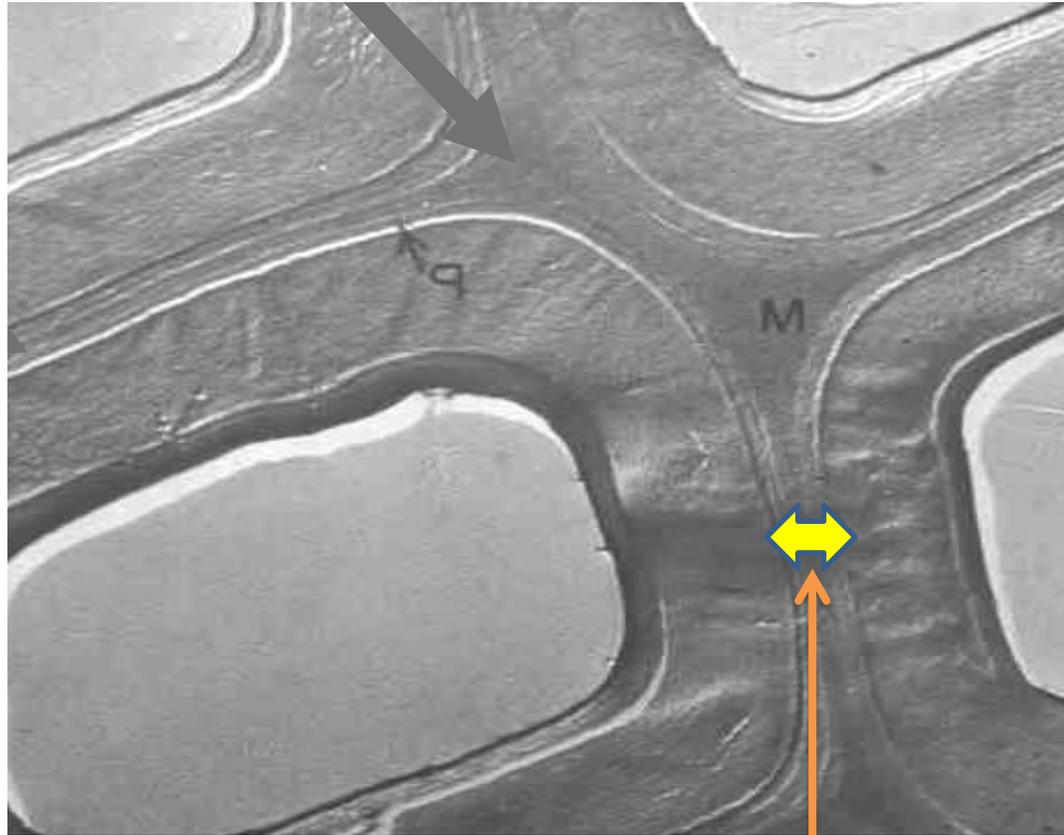
M + P - menos de 0,5 μm

S1 - aproximadamente 0,5 μm

S2 - entre 3 y 6 μm

S3 - alrededor de 0,3 μm

W - Irregular y fragmentada (extractivos depositados)



Paredes de fibras mostrando (M+P) com detalle

Los resultados para el análisis de diferentes maderas apuntan a lo siguiente para la lamela media compuesta (M + P):

50 a 70% de concentración de lignina

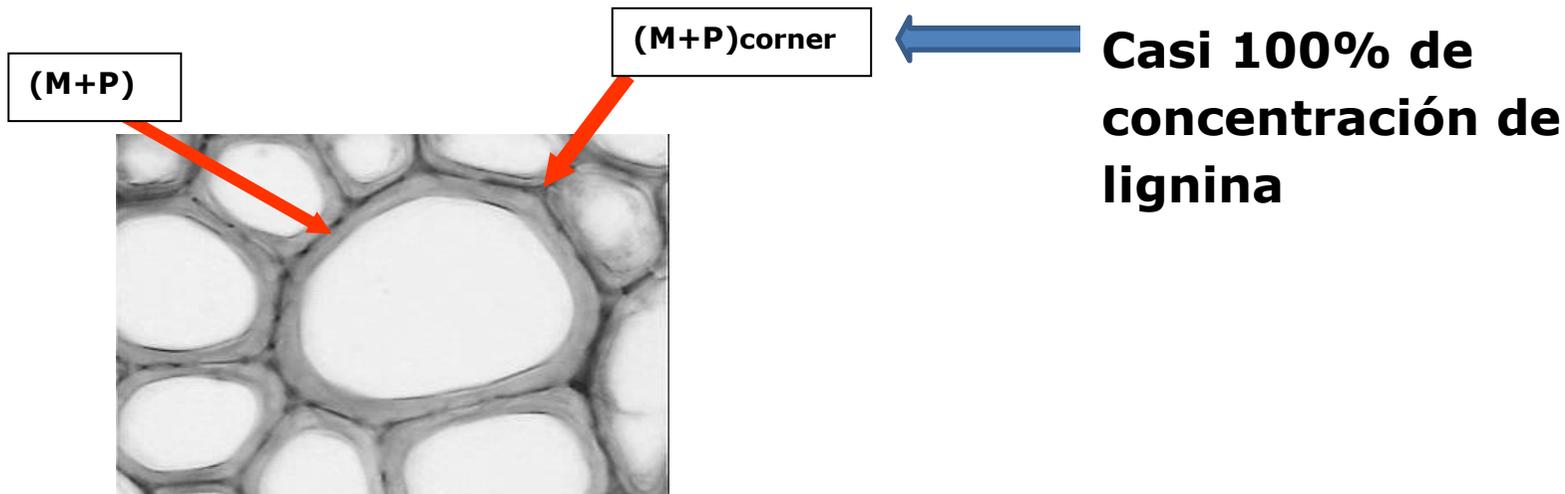
25 a 40% de concentración de carbohidratos siendo la mayor parte de pentosanas (latifoliadas) o glucomananas (coníferas)

2-5% concentración de ceniza mineral

Por su baja espesor la lamela media no puede contener más de una proporción limitada de la lignina de la madera, el resto se distribuye en las capas de las paredes secundarias

La lamela media pura (M) no tiene celulosa en su constitución, la lamela compuesta media (M + P) ya la posee, aunque en un pequeño porcentaje

En (M+P) también se encuentran: proteínas, pectinas, xilanas, glucanas, mananas, galactanas, etc. La presencia de ceniza mineral también es expresiva en la lamela media compuesta.



(M+P) representa entre el 7 y el 15% del volumen de fibra sólida, variando a más o menos dependiendo del espesor total de la pared celular

Distribución aproximada de la lignina total en las diversas capas de las fibras:

Lamela media (M) = 23 - 28%

Lamela Media Compuesta (M+P) = 38 - 42%

S1 + S2 = 55 - 60%

S3 = 4 - 6%

Remoción de componentes de madera al 50% de rendimiento de pulpage kraft de una hipotética madera de eucalipto

- **2,38% corresponden a los extractivos eliminados**
- **6,72% corresponden a la lignina de (M+P)**
- **1,37% corresponden a la lignina de S3**
- **16,41% corresponden a la lignina de S1 + S2**
- **3,62% corresponden a componentes holocelulósicos y minerales de (M+P)**

- **5,47% corresponden a componentes holocelulósicos y minerales de S3**
- **14,03% corresponden a componentes holocelulósicos y minerales de S1 + S2**
- **0,3% remoción somada de las cenizas minerales totales de la madera**

La relación de remoción entre lignina y carbohidratos, calculada sobre la base de esto ejemplo de pulpa kraft sería:

1 grama de lignina para 0,90 – 0.95 gramas de holocelulose

En general para los eucaliptos:

Para una misma madera de eucalipto, cada **reducción del 1,2 al 1,5% en el contenido de lignina**, se obtiene alrededor del **1%** en el rendimiento de la pulpa

Además, es posible **reducir la carga activa de álcali** expresada como NaOH en base de madera de **0,2 a 0,3%** para estas reducciones entre **1,2 y 1,5%** de lignina

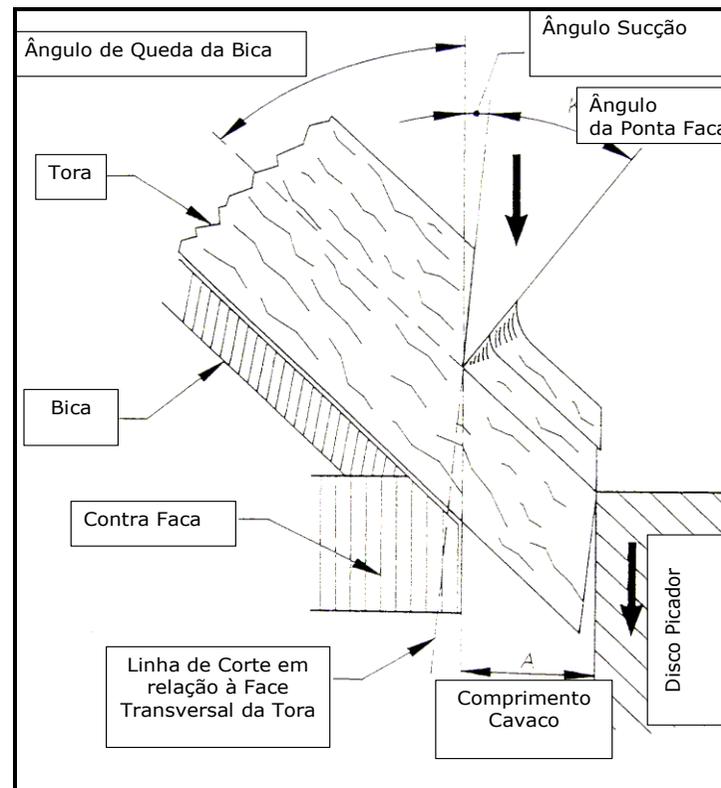
M + P es la última capa de las células a las que se accede por el licor de pulpaje, porque el licor entra en las células por los lúmenes, cruza las paredes secundarias para que sólo entonces comienza a atacar (M + P)

Mientras que el licor de cocción viaja en el sentido de buscar acceso a (M + P) para disolver la misma y liberar las fibras, encontrará en contracorriente un flujo de sólidos orgánicos disueltos de las paredes ya accedidas de la fibra



Tema nº 08:

Madera en forma de astillas y sus propiedades vitales



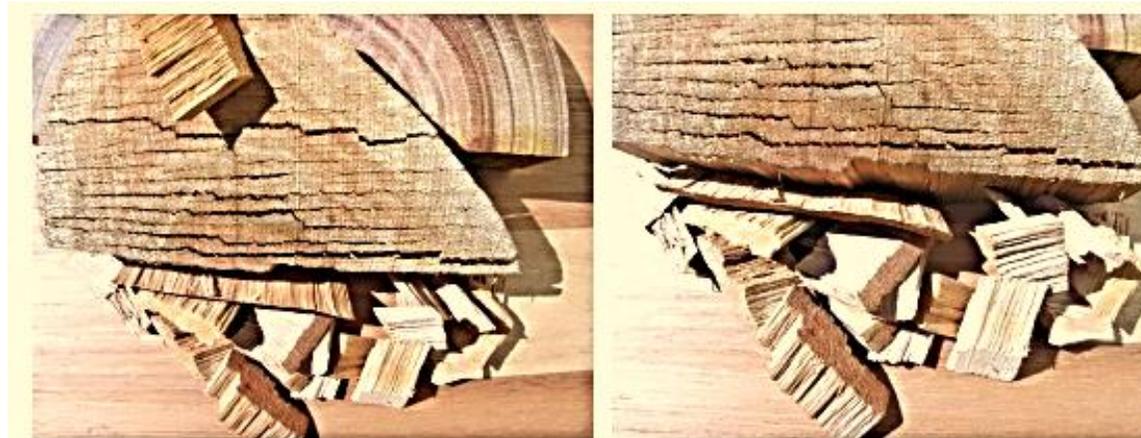
Fuente de la Foto:

http://eucalyptus.com.br/eucalptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf



Fuente de las Fotos:

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf



Las astillas de madera se constituyen en el formato de madera que entra en los digestores para tener sus fibras individualizadas

La finalidad de convertir madera en formato de trozos para astillas **es aumentar la zona de contacto de la madera con el licor de pulpaje**, facilitando la penetración de este licor en el interior de la madera



Fuente de la Foto:

http://eucalyptus.com.br/eucalptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

La densidad aparente o densidad a granel de las astillas de madera es una de las formas más utilizadas de convertir el volumen de madera en astillas en peso seco

- **Densidad anhidra aparente o base seca:** expresada en peso absolutamente seco de astillas por unidad de volumen de astillas ($t \text{ secas}/m^3$; $kg \text{ secos}/m^3$)
- **Densidad aparente actual o como está:** presenta los resultados por peso en la humedad en la que se encuentran las astillas por la unidad de volumen de las mismas (t/m^3 y kg/m^3)

En las fábricas de celulosa, los digestores son alimentados por astillas de madera, que a menudo son medidas en volumen por los alimentadores y los medidores de astillas

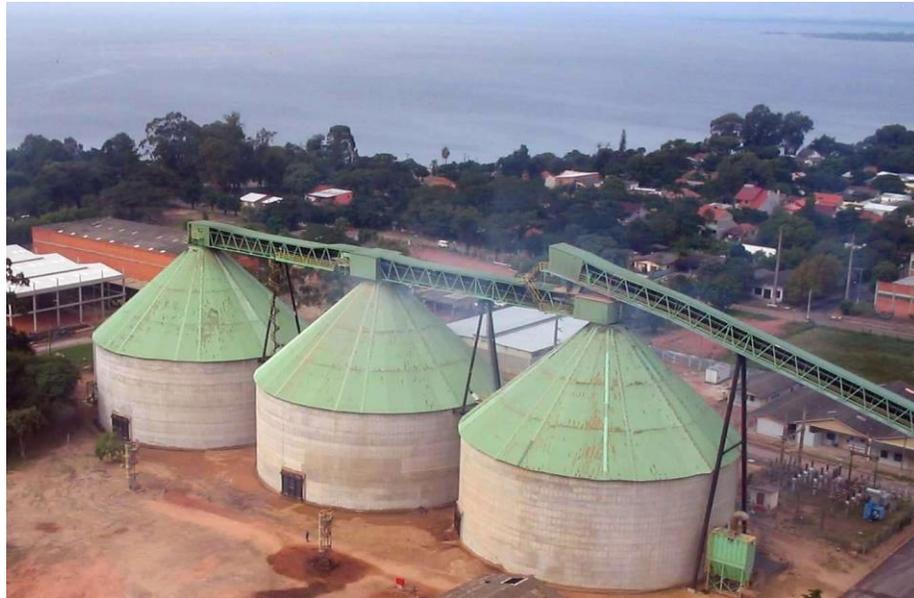
Las densidades aparentes de las astillas dependen de un conjunto de factores, que pueden influir en los resultados, tales como:

- **Densidad básica de la madera**
- **Densidad aparente de madera base seca o anhidra (**t s.a.-seco absoluto/m³**)**
- **Dimensiones de las astillas (o granulometría)**
- **Humedad de astillas**
- **Presión aplicada sobre astillas, que contribuye a la compactación de las astillas (en la pila de astillas debido al peso de la columna de madera como astillas; en digestores de pulpa de celulosa, etc.)**

Las prácticas más comunes en estos tipos de procesos de fabricación son:

- Control de humedad de las astillas**
- Control de tiempo posterior al corte de troncos o astillas (en días)**
- Control de la densidad básica de la madera**
- Control de densidad aparente en la base anhidra de las astillas**
- Control de las dimensiones de astillas y su granulometría**
- Control de las cantidades de corteza y "tierra" presentes en las astillas**

- Control de la "mezcla" de madera, para asegurar la uniformidad de la densidad aparente anhidra de las astillas que se alimentan los procesos (digestores, desfibradores, silos)



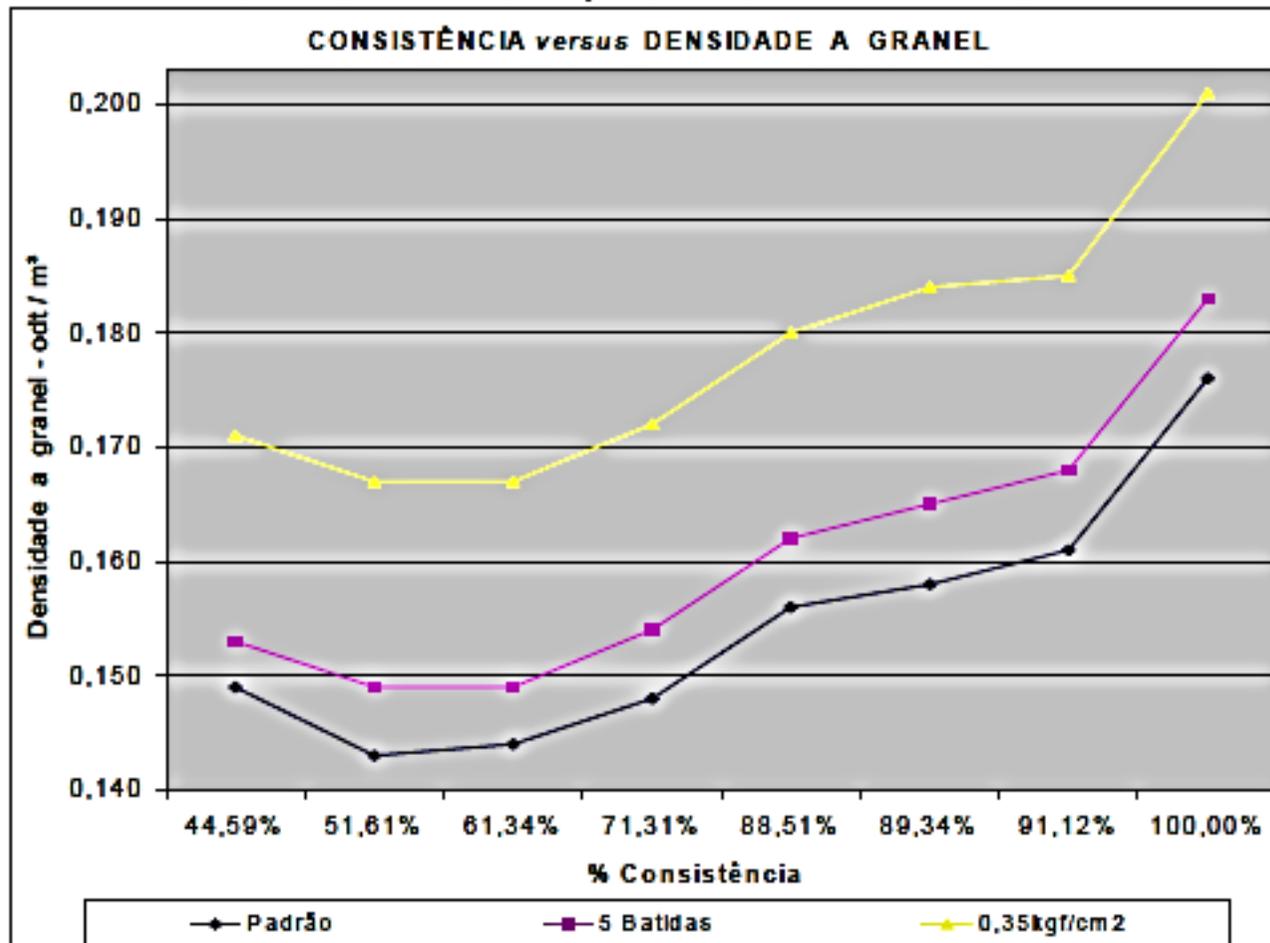
**Silos de astillas para un control adecuado de la mezcla de madera
(Celulose Riograndense – CMPC - Unidade Guaíba, Brasil)**

El contenido de humedad de la madera también tiene un efecto importante en los resultados y desempeños del proceso y de las operaciones industriales

Trozos "verdes" (árboles recién cosechados) se cortan más fácilmente y con menos necesidad de energía

Las astillas verdes, obtenidas a partir de troncos de árboles recién cosechadas, aún no han tenido la influencia de la contracción volumétrica de la madera con el secado de las mismas

Esta contracción varía según el contenido de humedad de las astillas, pero puede alcanzar entre el 5 y el 10% o más en relación con la madera "verde"



Fuente de la Figura:
<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002c.pdf>

El efecto del contenido de humedad es más notable en situaciones de humedad extrema (cerca de la de la madera saturada con agua y cerca de la de la madera casi completamente seca)

La contracción que se produce entre los valores de humedad desde la saturación hasta el 40% (consistencia del 60%) puede llegar de 5 a 6%

Cuando la madera llega a tener humedad inferior al 25% (consistencias superiores al 75%), la contracción es bastante alta y puede alcanzar valores superiores al 10% hasta el 20%, ya que la intensidad de secado se acerca más a el valor de secado absoluto

Cuando la madera aún se mantiene secando más, más astillas pueden estar contenidas en un metro cúbico, y con esto aumentará la densidad aparente anhidra de astillas

Las dimensiones de astillas, principalmente la longitud y el espesor, también afectan a los resultados aparentes de densidad

Las dimensiones extremas (en espesor y para el aserrín) afectan la densidad aparente y la calidad de la pulpa que se produce

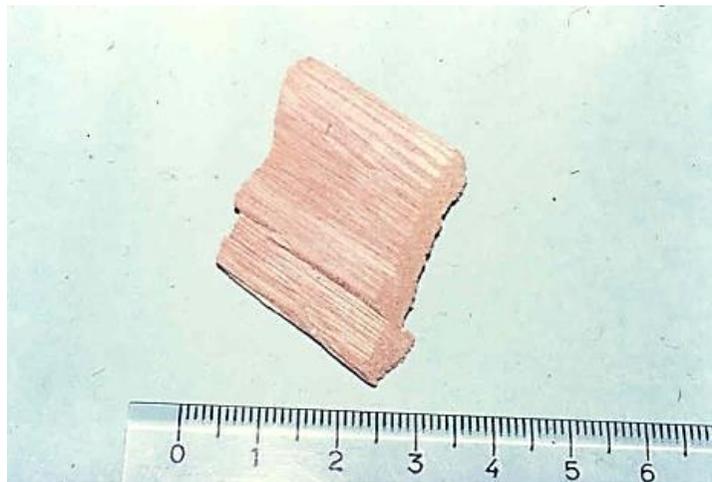
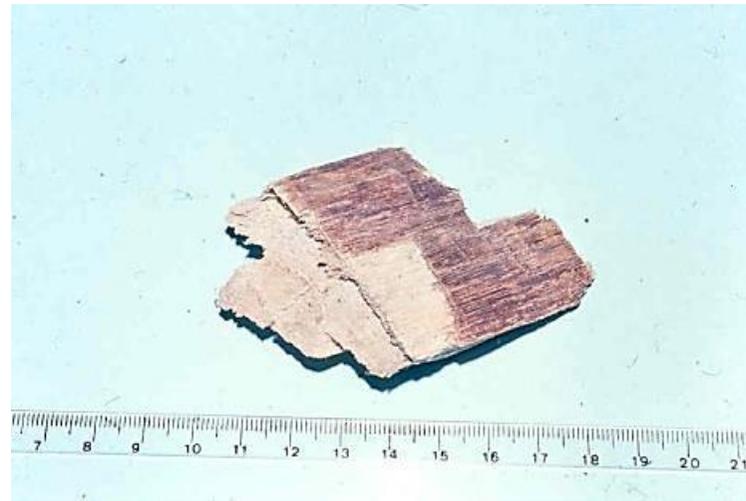
Se producen exceso de vacíos de aire para astillas muy largas o muy pequeñas o incluso con aserrín de madera (densidad anhidra aparente de 0,11 a 0,14 t s.a./m³ para aserrín madera de eucalipto)

Las astillas sobre-espesor son causantes de pérdida de densidad aparente (o densidad a granel)

Los operadores de chiperas necesitan conocer bien las características de la madera para ajustar los cuchillos y los demás elementos de control de la línea de astillado

Destinar líneas de preparación de astillas individuales para maderas muy distintas (en densidad, especie, edad o diámetro): eso es una decisión operativa muy importante

Recuerden todos que una astilladora no es solamente un equipo de fragmentación y rompedor de madera, sino un equipo para fabricar astillas dentro de las especificaciones técnicas apropiadas y orientadas para una utilización controlada



Las dimensiones que afectan a la densidad aparente de las astillas son controladas por los operadores a través de:

- **Ángulo de corte de cuchillo**
- **Calidad de bloques y cuchillos**
- **Afilado de cuchillos**
- **Control de la longitud de astillas, que también se relaciona con el grosor de las mismas**
- **Contenido de humedad de las maderas que se pican**
- **Diámetro de los troncos que se alimentan a la chipera**

- **Homogeneidad en los diámetros, pesos y humedad de los troncos y trozos**
- **Densidad de la madera**
- **Presencia excesiva de corteza y otros contaminantes (arena, piedras, etc.)**



Objetivo de los productores de astillas en plantas de celulosa:

- **Mayor homogeneidad posible en dimensiones (95% o más de astillas con espesor entre 2 y 8 mm)**
- **Niveles bajos de aserrín y mini-chips**
- **Presencia mínima de astillas en sobre espesor, corteza, grandes piezas de madera no fragmentada, aserrín, etc.**
- **Contenido de humedad en línea con lo deseado en el proceso (en general, entre 30 y 45% de humedad)**
- **Densidad aparente de chips más homogénea posible, que también se puede lograr ajustando la "mezcla" de madera que se envía a los alimentadores de los digestores**



Material	Densidade aparente anidra cavacos (t a.s./m ³)	Densidade básica madeira t a.s./m ³
Serragem	0,11 – 0,14	0,42 – 0,45
Cavacos (2 a 6 mm)	0,16 – 0,19	0,46 – 0,50
Sobre-espessos (Maior 8 mm)	0,2 – 0,23	0,50 – 0,54

Serragem = Aserrín ----- Cavacos = Astillas
Cavacos sobre-espessos = Astillas en sobreespesor

Fuente: Celso Foelkel

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

La madera más densa presenta grandes cantidades de sustancia maderosa por unidad de volumen, menor porosidad y produce astillas más gruesas (mayor espesor)

La densidad aparente en la base anhidra de las astillas depende de un conjunto de factores técnicos que combinan la calidad de la madera en sí con factores operativos y edades tecnológicas de las fábricas

Entre todos estos factores, los asociados con la calidad de la madera (densidad básica), las dimensiones de las astillas y el control operativo de la mezcla de madera son los que son más visibles y más optimizados en las fábricas

Tema nº 09:

Madeiras - Principales parámetros de calidad para la operación de pulpación realizada por el proceso kraft

- **Densidad de la madera:**

Las maderas de baja densidad son voluminosas y a menudo limitan la producción de fábricas cuando los equipos carecen de capacidad de alimentar astillas a los digestores

La densidad también tiene reflejos sobre la impregnación de astillas por los licores, en el tiempo de pulpaje, en el consumo de álcali activo, en la generación de sólidos secos para el licor negro, etc.

La densidad de la madera afecta significativamente el consumo específico de madera (m^3 madera /t pulpa)

La densidad de la madera también tiene importantes relaciones con las características de la celulosa y los tipos de papel a los que están destinadas las fibras

Entre estas propiedades destacan: Población fibrosa y "coarseness", ambas vitales para buena performance de las fibras

- **Contenido de extractivos y resinas:**
Extractivos y resinas son componentes que no se convierten en fibras de celulosa, siendo casi totalmente disueltos en los procesos de pulpaje

- **Contenido de lignina:**

La madera para la producción de pulpa puede contener entre el 20 y el 30% de lignina total en su composición química

La lignina disuelta por la pulpación también se dirigirá necesariamente al licor negro, aumentando la cantidad de sólidos secos que se gestionarán en fábricas, principalmente en fábricas de pulpa blanqueada

Para cada unidad en peso seco de lignina que es removida por el proceso kraft para madera de eucalipto, vamos a eliminar entre 0.8 y 1.2 unidades en peso de otros componentes importantes de la pared celular de esta madera

Para cada **reducción de 1,2 a 1,5% en el contenido de lignina** en la madera, se puede ganar alrededor del **1%** en el rendimiento de la pulpación

...y reduce la **carga alcalina activa expresada como NaOH en 0.2 a 0.3% base de madera** para estas reducciones entre **1.2 a 1.5% lignina**

- **Relación Siringila/Guaiacila en la lignina:**

Válido para maderas duras de latifoliadas (relación variable de 2,5 a 6).

Las relaciones más altas (4 a 6) favorecen la deslignificación y ofrecen mayores rendimientos de pulpaje en la base de madera inicial

- **Contenido de hemicelulosas:**

El proceso kraft convencional generalmente disuelve aproximadamente el 50% o más de las hemicelulosas presentes en la madera

Las maderas de coníferas pierden más hemicelulosas en función del tipo más sensible de hemicelulosa (glucomananas)

Madera con bajo contenido de lignina, como es el caso de *Eucalyptus globulus*, por lo general presentan contenido de hemicelulosas más altos

- **Porosidad y permeabilidad de la madera:**

Básicamente afectadas por la densidad de la madera y la presencia de obstrucciones (tílides y resinas) en los elementos de vasos de madera dura y en los lúmenes de traqueídas de coníferas

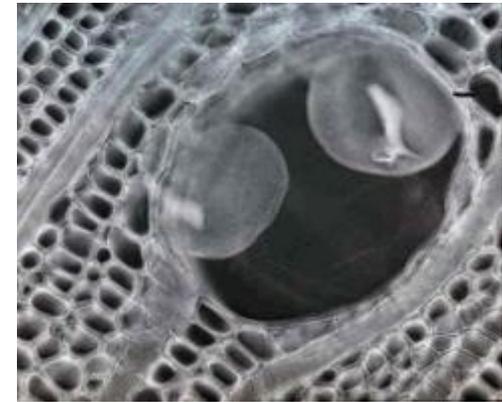
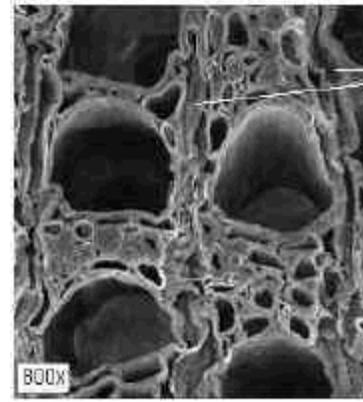
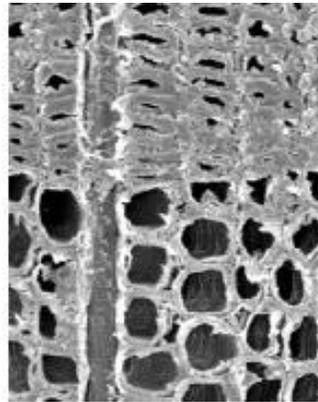
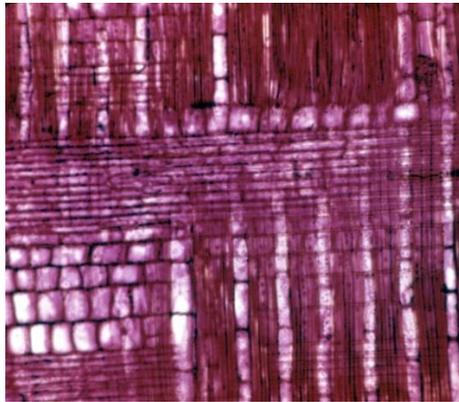
- **Dimensiones y proporción de los elementos anatómicos de la madera:**

Propiedades como el diámetro del lumen y la abundancia de parénquima y elementos de vaso pueden favorecer la impregnación y difusión de líquidos dentro de las astillas

Fracción de pared de fibra también interfiere con la impregnación de astillas

- **Relación entre leño temprano/leño tardío** afecta impregnación y el movimiento de líquidos en el interior de las astillas

Leño tardío afecta la penetración del licor por el lumen más angosto, pero su madera contiene menos lignina





Fuentes deseables de leño tardío para la alimentación de digestores kraft para producción de fibras para papeles de envasado

- **Contenido de cenizas y de elementos no procesuales (Mg, Mn, Fe, Zn, etc.):**

Las cenizas son materiales inertes inherentes o no (contaminaciones) a las maderas y que deben eliminarse en los procesos de producción de pulpas

Varios de sus componentes afectan el proceso de recuperación de licor, blanqueo, reversión de blancura, etc.

- **Presencia de corteza:**

La corteza del árbol es poco fibrosa, consume álcali activo, presenta bajos rendimientos de pulpaje y genera más sólidos en licor negro

Además, ocupa un lugar que podría ser ocupado por las astillas de madera dentro del digestor

- **Tipos inadecuados de maderas en la alimentación del digestor:**

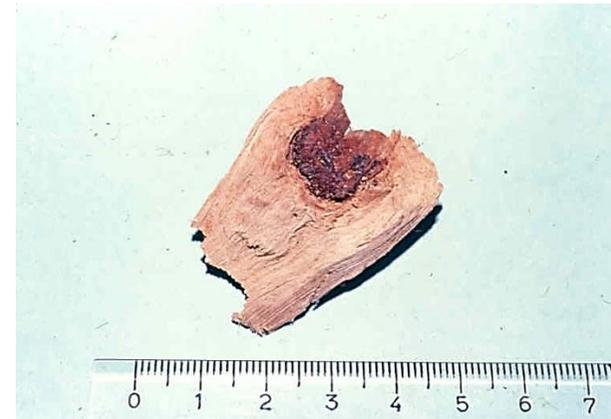
Madera degradada por hongos tienen reducido el rendimiento de pulpaje hasta en unos 5% base madera y consumen más álcali activo (entre 2 y 4%, dependiendo de la intensidad de degradación).

También afectan a la generación de sólidos secos (más 0,1 a 0,25 tSS/t pulpa)

Las maderas de reacción (compresión y tracción) también traen problemas de resistencia en las pulpas producidas y pueden provocar problemas en la etapa de pulpaje

Maderas afectadas por fuego: evaluación caso por caso

Los nudos formados en la inserción de ramas consumen más álcali activo y terminan convirtiéndose en rechazos en la pulpa, pero que son fácilmente recocidos



- **Contenido de humedad de la madera:**

Muy importante para el área forestal

En las astillas alimentadas al digestor, el contenido de humedad puede actuar sobre la cantidad de madera

alimentada al digestor sobre una base 100% seca (dependiendo de su contracción o hinchazón) y en la pre-impregnación de estas astillas

Propiedad afectada por la estacionalidad (estaciones climáticas tienen influencia en el secado de trozos y astillas)



Parámetros técnicos de pulpage kraft que se ven afectados por la calidad de la madera:

Rendimiento de pulpación:

Influenciado por el contenido de lignina, los tipos de lignina mostrados por la relación S/G, el contenido de extractivos, el contenido de hemicelulosas, la presencia de corteza y maderas anormales

Consumo de álcali activo:

Influenciado por las mismas razones referidas al rendimiento de pulpa

Fator H:

Casi siempre afectado por la calidad de la madera en términos de su fácil o difícil deslignificación

Generación de sólidos secos para el licor negro (tSS/t pulpa):

Influenciado por las mismas razones referidas al rendimiento de pulpa

Consumo específico de madera en la pulpación:

Fundamentalmente afectado por el rendimiento de pulpaje y por la densidad de madera

Contenido de rechazos en la pulpa cruda:

Causado por astillas sobre espesor, nudos, maderas anormales, tílides dificultando la impregnación de astillas, etc.

Blanqueabilidad de la pulpa:

Afectada por el contenido y la calidad de las cenizas minerales, por la reprecipitación de la lignina, por el contenido de ácidos hexenurónicos formados en la pulpa a partir de las xilanas (4-O-metil-glucuronoxilana), etc.

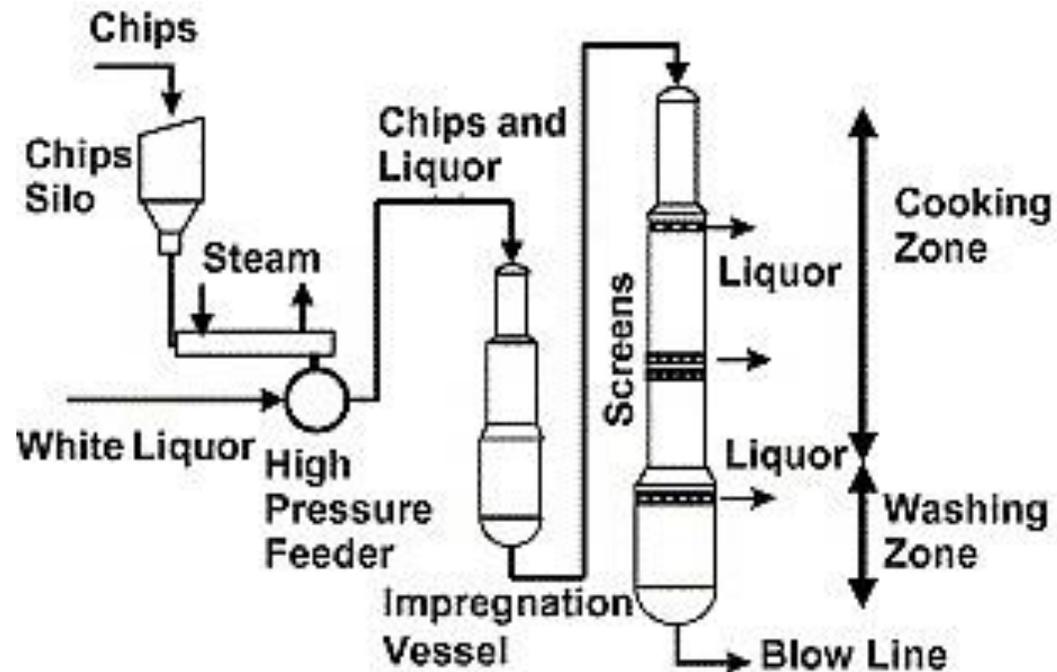
Viscosidad de la pulpa:

Casi siempre afectada por el nivel de drasticidad en que se realiza la pulpaje para corregir problemas en la calidad de la madera

También se ve afectada por la degradación microbiológica de la madera almacenada

Tema nº 10:

Pré-vaporización de las astillas de madera



Fuente de la Imagen:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X05000661>

Durante la carga con astillas de los antiguos digestores "batch", las astillas eran vaporizadas con vapor saturado para mejorar su alojamiento dentro del digestor. Esto las calentaba y les ayudaba a expulsar el aire y humedecerlas con agua.

A continuación, el licor que se había añadido se calentaba gradualmente (ya sea por inyección directa de vapor, o por calentamiento externo a través de la circulación forzada)

Con esto, las astillas eran impregnadas gradualmente antes de que se alcanzara la temperatura de "deslignificación masiva"

Cuando se alcanzaba la temperatura de cocción, las astillas estaban impregnadas en su mayoría

Cuando surgieron los primeros digestores de escala industrial continua (Kamyr, Esco), esta fase de impregnación en el interior del digestor fue prácticamente suprimida.

Las astillas recibieron una vaporización rápida en un vaso que fue llamado simplistamente un vaso de impregnación.

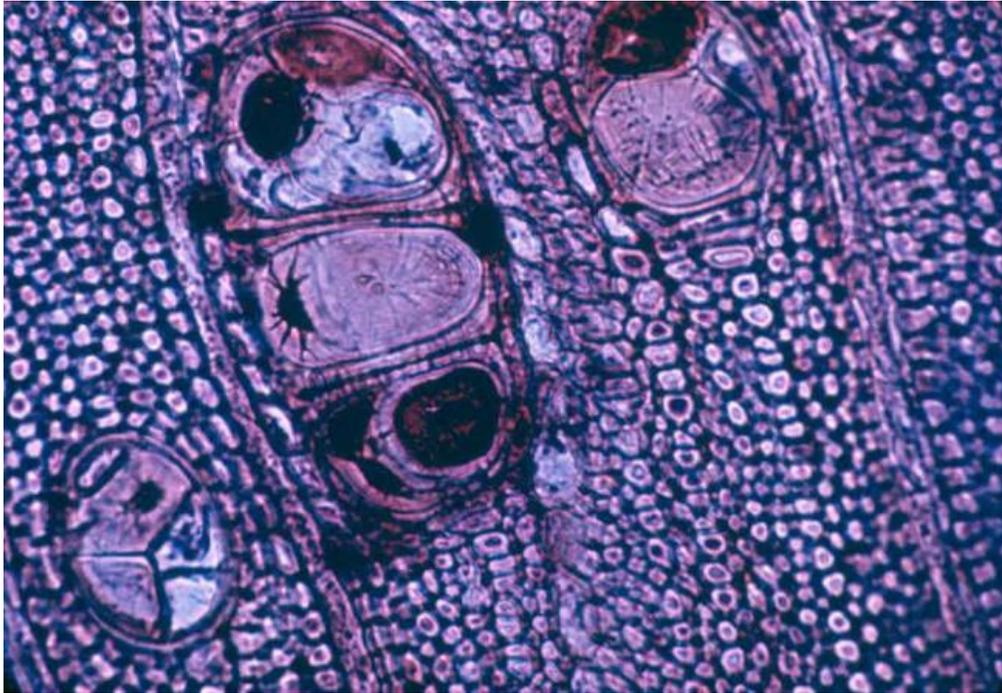
La temperatura de vaporización fue de aproximadamente 115°C y la presión de vapor de aproximadamente 1,5 ATA

El tiempo de vaporización era mínimo, pocos minutos

El objetivo era mucho más calentar las astillas para eliminar el aire que impregnar con licor, incluso porque las astillas no tenían contacto con el licor de cocción en ese vaso de vaporización

Un poco más lejos, las astillas encontraban el licor de cocción que los llevaba a la parte superior del digestor a una temperatura alta (alrededor de 160 a 170 o C)

Como las astillas habían perdido parte de su aire interior, el licor de cocción encontraba espacios para entrar en la madera



Las cosas no siempre son fáciles debido a las cualidades inesperadas de las maderas

Para reducir el contenido de aire en la madera, las empresas suelen hacer lo siguiente:

- **Adecuación de las operaciones de recolección, transporte y almacenamiento de madera forestal para tener madera más "verde" alimentando a los digestores.**

Las empresas deben estar situadas cerca de sus bosques, ya que no quieren transportar agua dentro de sus maderas para largas distancias.

- **Humedecer las astillas de la pila con un líquido alcalino (generalmente evaporado de la sección de evaporación), que se riega constantemente sobre la pila. Los objetivos de la operación son: encontrar un uso noble para este condensado que sería una contaminación industrial; aprovechar su alcalinidad para ayudar a neutralizar la "acidez" natural de la**

madera; ahorrar álcali efectivo en pulpaje kraft y humedecer las astillas para eliminar parte del aire y facilitar la difusión en el proceso de impregnación.

- **Pre-vaporización de astillas en vasos o silos diseñados para este propósito. En general, se utiliza vapor recuperado de la expansión ("flash") de licor negro que sale muy caliente y a baja presión del digestor. Esta vaporización también puede ser en un ambiente no presurizado, utilizando vapor saturado a unos 105°C.**

Cuanto más tiempo las astillas reciban este baño de vapor, mejor será: se calientan, se humedecen y pierden más aire.

Esto no es tan sencillo:

El calentamiento excesivo con vapor puede causar auto-hidrólisis de la madera, con pérdida de hemicelulosas y rendimientos, acidificación de la madera y efectos sobre la calidad de las fibras

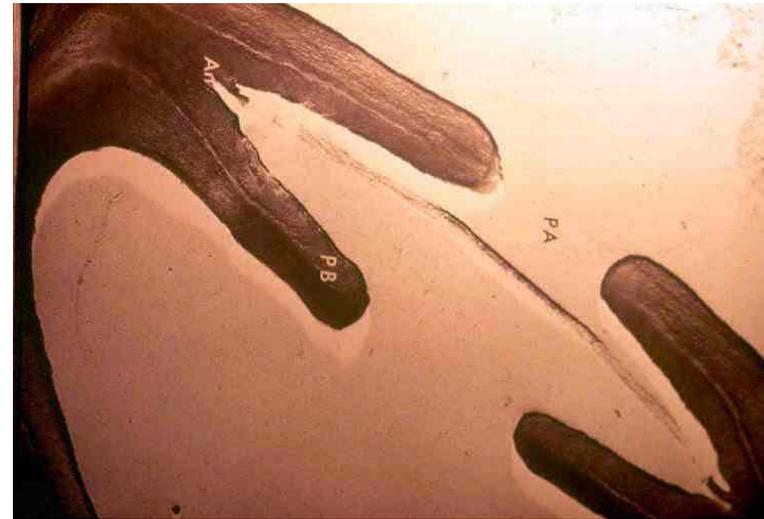
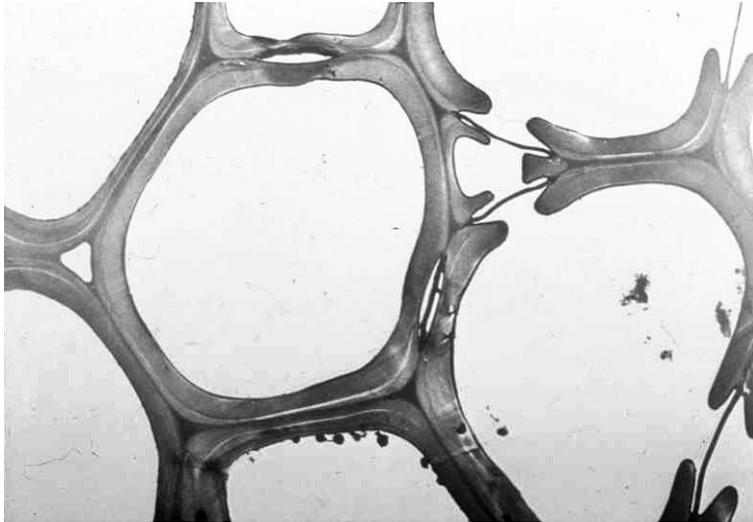
La madera puede perder hemicelulosas muy fácilmente en condiciones de vaporización más drásticas. Hidrolisis cortas de astillas, durante 15 minutos a unos 130°C ya eliminan alrededor de 2,5 a 3,5% del peso de la madera.

Los grupos acetil se extraen muy fácil, lo que reduce el pH del líquido pre hidrolizado a valores entre 4 y 4,5.

La pre-vaporización de astillas tiene los siguientes objetivos:

- **Eliminación de aire del interior de las astillas por expansión térmica de este aire**
- **Aumentar la temperatura de astillas**
- **Humedecer la madera por condensación de vapor**
- **Colaborar para aumentar el peso de las astillas para que no floten dentro del digestor**
- **Expandir y suavizar las astillas con el fin de hacerlas más frágiles y sufrir algunas grietas y micro-fracturas en su manejo, lo que favorece la impregnación**

- **Romper y hacer más plásticas las membranas de las puntuaciones entre los elementos anatómicos de la madera, facilitando el flujo de licor dentro de las astillas**



- **Retirar alguna cantidad de extractivos de la madera y los componentes volátiles de la misma**
- **Eliminar cierta cantidad de grupos acetil y uronil de la madera en forma de astillas ya que el condensado de esta operación sale ligeramente ácido (pH alrededor de 4 a 4.5)**
- **Reducir el contenido de álcali efectivo en la pulpación, ya que la retirada de este condensado elimina parte de la "acidez natural" de la madera**
- **Facilitar la impregnación de astillas por licor en la operación inmediatamente posterior**
- **Ecualizar la penetración de licor entre las diferentes astillas**

Hoy en día, hay silos o vasos especialmente diseñados para esta operación de pre-vaporización y con mucha mayor eficiencia

La ingeniería de estos sistemas ha tratado de evitar canales preferenciales de trayectoria de vapor, asegurar una mayor uniformidad para la vaporización de todas las astillas, además de permitir variaciones en el tiempo de retención para ofrecer alternativas de acuerdo con la calidad de madera de las astillas

La cantidad de agua absorbida por las astillas en la operación de pre-vaporización no es muy alta. Esta puede ser la función de la pequeña aplicación de vapor y el corto tiempo de vaporización.

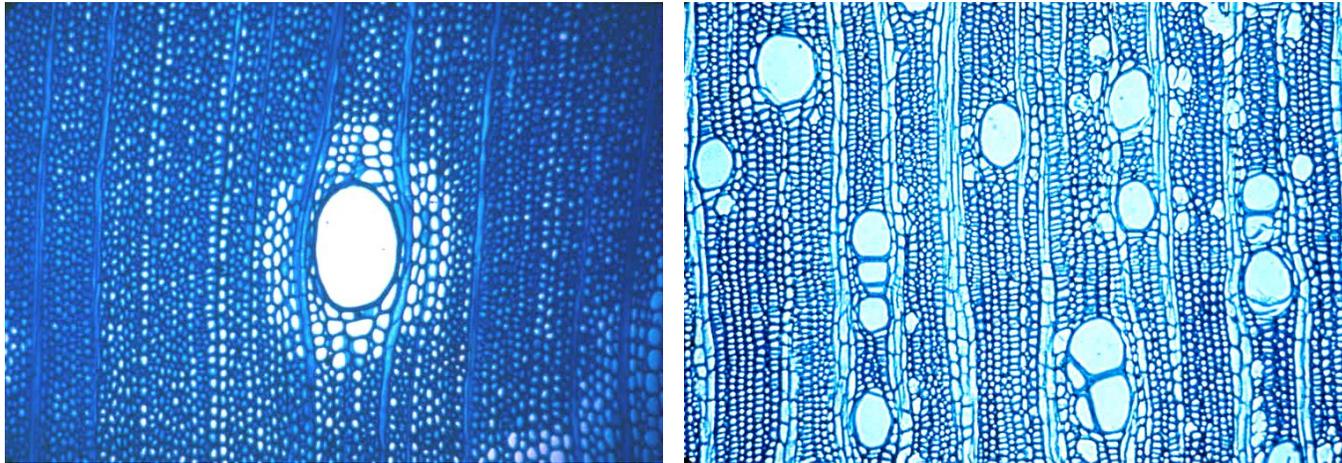
La mayor parte del condensado de vaporización más se queda en la superficie externa de las astillas de lo que entra en sus interiores

El condensado extraído de la prevaporización tiene un pH bajo y tiene un contenido de sólidos interesante (0,2 a 1 g/litro). Sin embargo, parte de los sólidos y la demanda química de oxígeno de este líquido constituye polvo de madera que se eliminó de las astillas

La eficiencia de la pre-vaporización es la función de la presión de vapor y el tiempo de tratamiento.

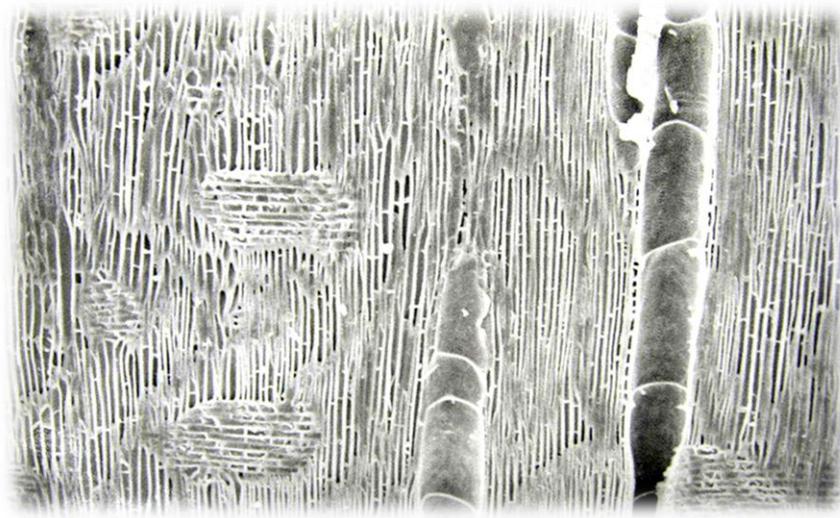
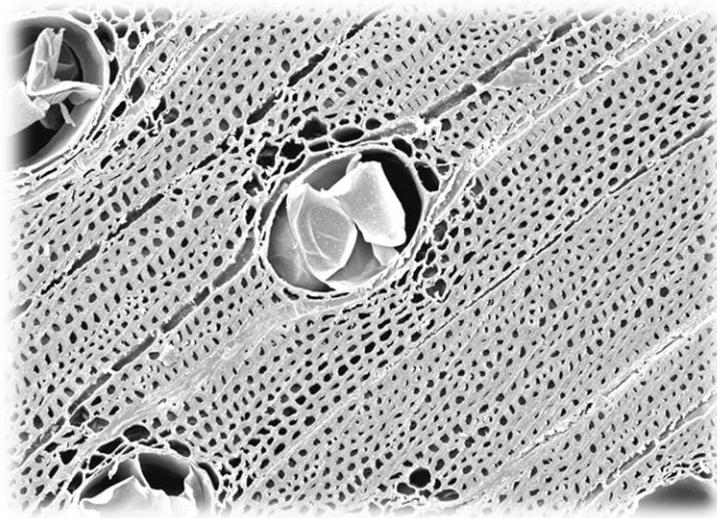
En caso de interés para controlar estas variables con el fin de mejorar la vaporización, deben tenerse en cuenta: humedad de las astillas, densidad básica de la madera, tamaño y espesor de las astillas

La porosidad de las astillas varia mucho con los valores de densidad básica de madera



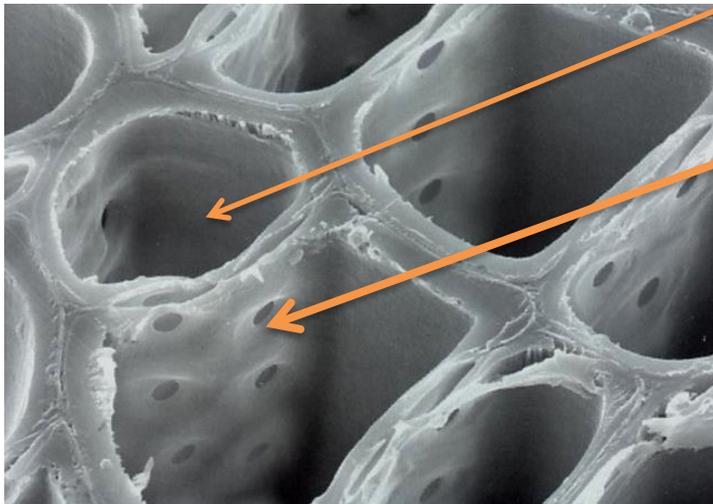
Las maderas densas tienen más "sustancia madera" por volumen unitario y menos espacios vacíos de porosidad

Los poros son receptivos para recibir agua y licores, pero la alta porosidad no es sinónimo de alta penetrabilidad de licores (puede haber problemas de lúmenes obstruidos con extractivos)



La calidad de la madera de las astillas son factores críticos para una vaporización eficiente:

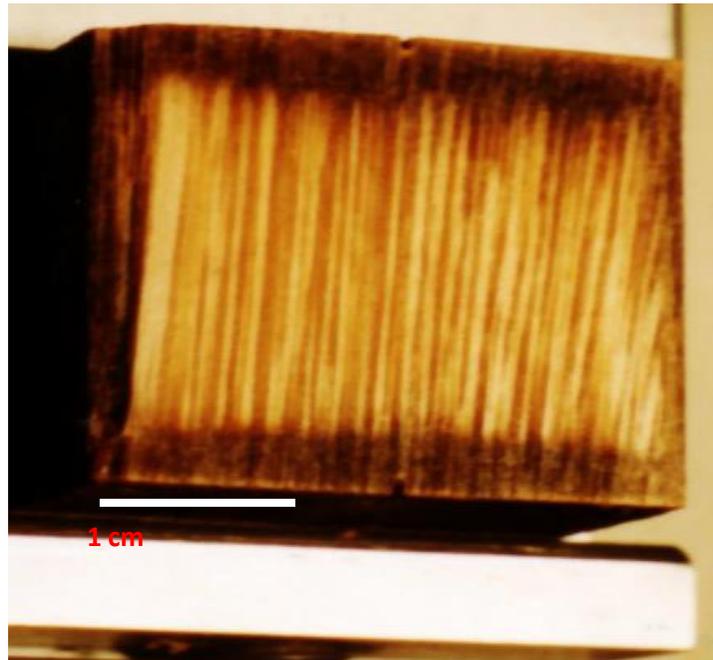
- **Espesor de astilla y presencia de nudos**
- **Madera de duramen es mucho más difícil de perder aire interior que la madera de albura**



Puntuaciones y Lúmenes
Caminos para el licor, aire y químicos en la madera

Tema nº 11:

Impregnación de las astillas por el licor de cocción



Astilla de madera siendo impregnada por el licor kraft

Fuente de la Figura: Inalbon et al, 2004

La impregnación comienza tan pronto como el licor de cocción (blanco + negro) se introduce en las astillas previamente vaporizadas

Con la eliminación previa de gran parte del aire de las astillas, el licor encuentra caminos para penetrar en el interior, especialmente por la sección transversal de las astillas, donde los lúmenes de las fibras y los elementos del vaso son fácilmente accesibles.

La impregnación de las astillas también se debe a las células de los rayos medulares y canales de resina, por lo tanto, hay también una entrada lateral en las astillas y no solo por las partes superior y inferior

El aire y no el agua es la barrera más grande y peor para la impregnación de astillas.

Por esta razón es preferible tener astillas más húmedas (después de la vaporización) y con menos aire dentro de ellas

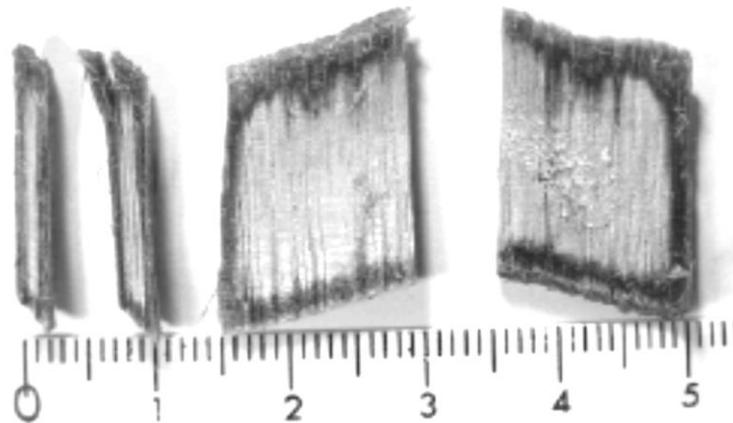
Com astillas bien impregnadas, la densidad de las mismas tiene valores de entre 1,05 a 1,1 kg húmedos por metro cúbico de madera sólida

Estas densidades favorecen que las astillas se hundan y no flotan en la columna de fragmentos de madera dentro del digestor

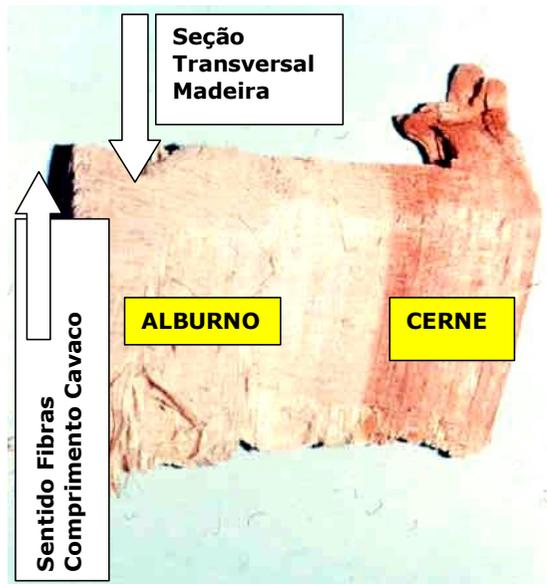
Las densidades en esta magnitud significan contenido de humedad entre 50 y 65%, muy cerca del contenido máximo de saturación de maderas comerciales utilizadas en pulpaje

El contenido de humedad alcanzado dependerá de la densidad básica de la madera y de la mayor o menor penetración del licor en las astillas

(Densidades más altas → humedades más bajas)



Fuente de la Figura arriba: Inalbon et al., 2009



Astilla (izquierda) y rechazo chico sin cocinar muy bien con fibras y rayos medulares

11.1. Relaciones madera y licor en la impregnación

- **Utilización de alcalinidad residual, calor y alta relación iónica HS-/OH- del licor negro**
- **Utilización de licor negro débil, poco concentrado en Sólidos Secos, con menor viscosidad y mayor fluidez**
- **Aprovechar el efecto beneficioso y protector de los iones de hidrosulfuro**
- **Cerrar en la medida de lo posible el ciclo de licores utilizados en el proceso kraft, reduciendo las pérdidas y disminuyendo la contaminación**
- **Enriquecer aún más el licor negro residual en sólidos antes de enviar lo mismo a la evaporación**

Las principales características a controlar en el licor de impregnación de astillas son:

- **Composición en términos de sus componentes activos e concentración adecuada al proceso en esa fase**
- **pH**
- **Tensión superficial (función de temperatura y aditivos)**
- **Viscosidad del licor**
- **Capacidad para causar hinchazón en la madera (que es la función de su pH y contenido de sosa cáustica)**

- **Solubilidad y saturación del aire líquido (capacidad de absorber o retener el aire en solución)**
- **Capacidad para reaccionar con el oxígeno presente en las astillas, reduciendo así el volumen de aire interior en la astilla y que es una barrera para la penetración del licor**

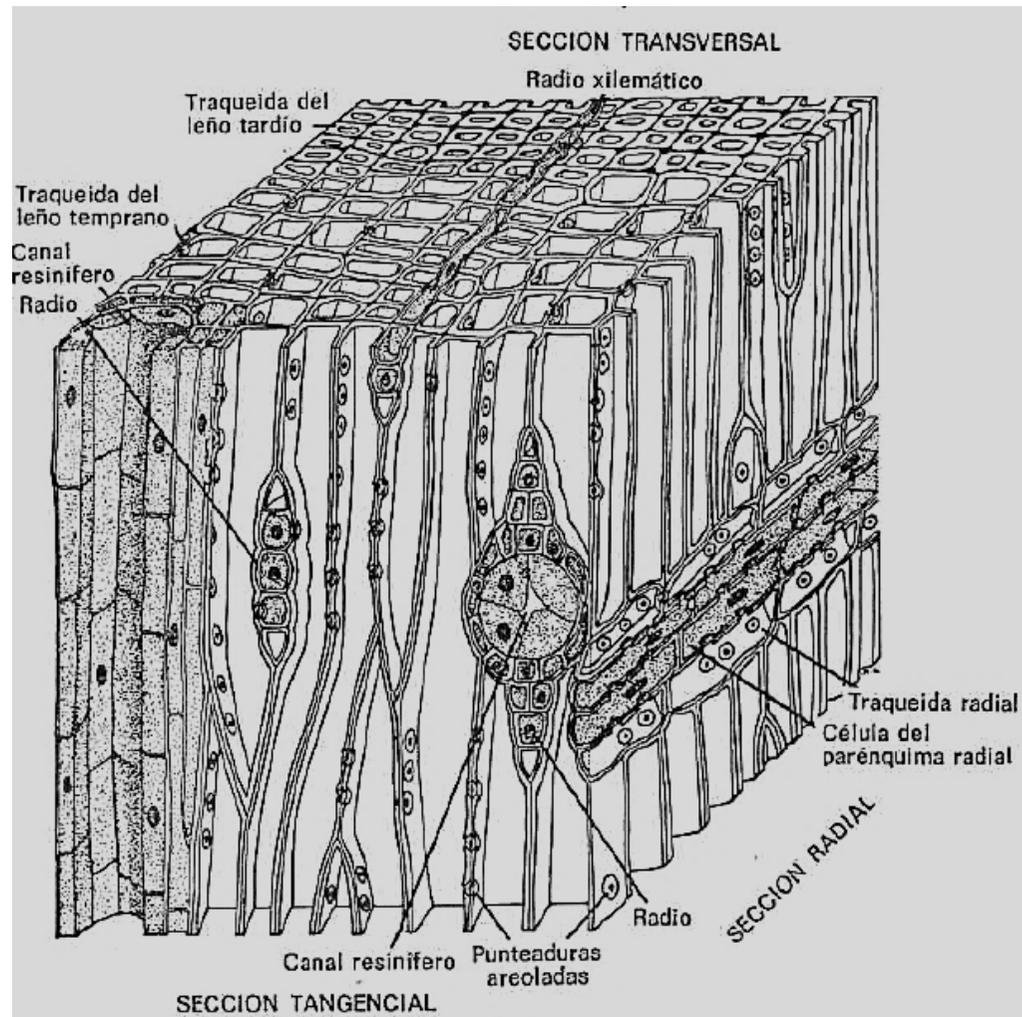
La penetración del licor negro en las astillas es mucho más lenta que una solución alcalina preparada sólo con agua. Esto se debe a la mayor viscosidad del licor negro, mayor densidad y mayor concentración en componentes de madera disuelta

Hay algunos procedimientos que se adoptan en la práctica industrial para acelerar la penetración de licor en el interior de las astillas

Son ellos:

- **Almacenamiento de licor negro a altas temperaturas, cerca de 100°C.** Esto causa la pérdida de su viscosidad por la despolimerización adicional de la lignina. Sin embargo, el almacenamiento causa la reducción de la alcalinidad del licor negro y esto debe ser controlado por la adición adecuada de licor blanco. Sin esto, el peligro de la reprecipitación de la lignina en las astillas se vuelve eminente.

- **Adición de alcalinidad activa con licor blanco al licor negro.** Cuanto mayor sea la concentración de álcali efectivo en licor, más rápida será la penetración y difusión en la impregnación de las astillas. La alcalinidad efectiva mejora la viscosidad del licor y causa una mayor hinchazón de la madera.
- **Uso de aditivos (alcoholes etoxilados o tensioactivos) para alterar la viscosidad, fluidez y tensión superficial del licor de impregnación**
- **Uso de tensioactivos para eliminar los extractivos que dañan la impregnación.** Se produce el aclaramiento de los espacios ocupados por los extractivos (por ejemplo, la liberación de los lúmenes de los elementos de los vasos). Los surfactantes también se utilizan para mejorar la humectabilidad de las paredes celulares.



Madera de conífera
Fuente de la Figura: ATCP Chile

11.2. Penetración y difusión del licor en las astillas

Penetración:

Entrada de licor en los espacios en vacío, en la porosidad, en la capilaridad de la madera

Esta penetración y flujos se producen por gradientes de presión

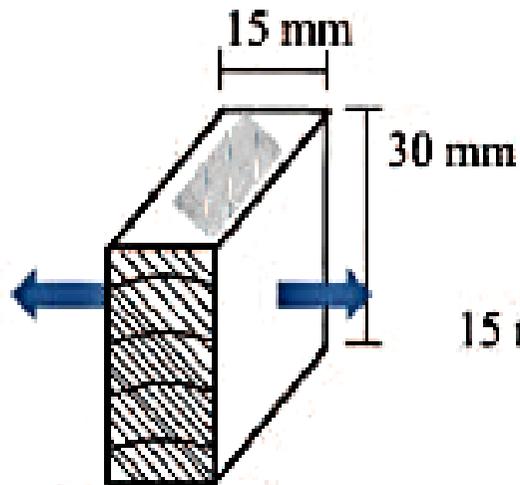
Cuando la presión externa es mayor que la interna, el licor penetra en el interior de las astillas. Esta presión externa puede ser aumentada por la propia tecnología en uso.

La penetración es mayor en las astillas más secas

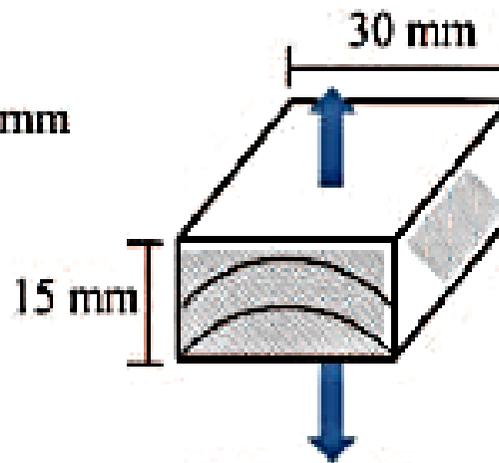
Difusión:

Entrada de iones hidroxilo e hidrosulfuro en el interior de la madera ya húmeda (con licor o humedad natural) y eso se produce gracias a las diferencias en las concentraciones de estos iones

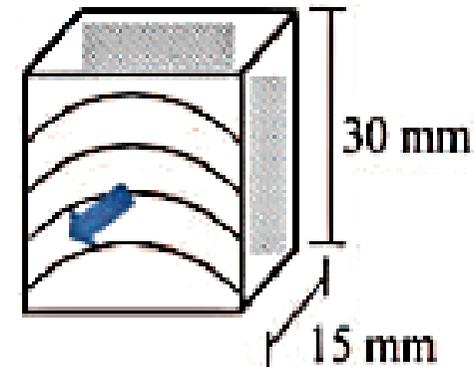
La difusión es muy sensible a la concentración de iones en el licor de impregnación, mientras que la penetración no lo es.



***Penetración
muy lenta***



***Penetración
lenta***



***Penetración
más rápida***

Fuente de la Imagen:

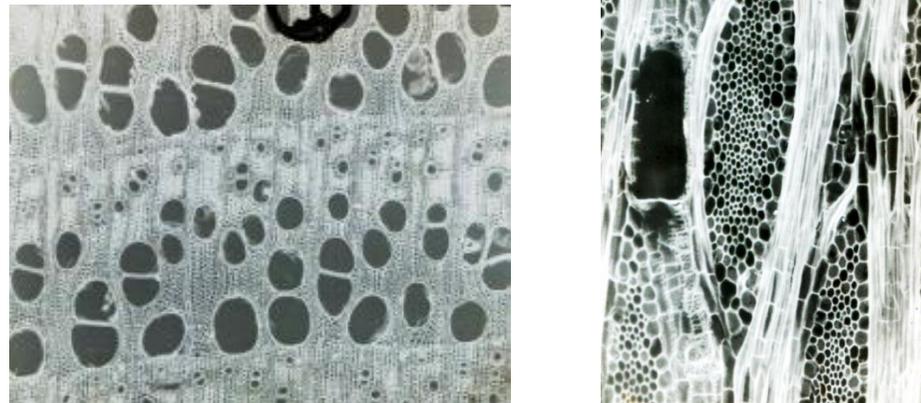
<http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3442/1/DOUTORADO%20Efeito%20da%20anatomia%20no%20fluxo%20da%20%20%20C3%A1gua%20em%20madeira%20de%20Eucalyptus%20e%20Corymbia.pdf>

PENETRACIÓN	DIFUSIÓN
Preferiblemente ocurre en la dirección longitudinal de la madera	Ocurre en las direcciones longitudinal axial y radial
Ocurre en madera seca	Ocurre en madera saturada con agua (humedad) o licor
Se produce por penetración física a través de capilares de madera (lúmenes de fibras y vasos, canales de resina, parénquimas)	Ocurre en fase líquida
Mucho más rápida (5 a 15 veces más rápida)	Mucho más lenta
Puede ser eficaz a largas distancias, siempre y cuando haya diferencial de presión	Es eficaz sólo en distancias cortas y preferiblemente en espesor de astilla

PENETRACIÓN	DIFUSIÓN
<p>Tiene dificultad para ocurrir en maderas con poros obstruidos por tílides (tilosas)</p>	<p>Ocurre en todas las direcciones sin tener problemas con las tílides (tilosas)</p>
<p>Poco sensible a las concentraciones de licor (Incluso el agua puro penetra en la madera por las mismas leyes)</p>	<p>Mucho sensible a las concentraciones del licor</p>
<p>Favorecida por diferenciales de presión</p>	<p>Favorecida por diferenciales de concentración</p>
<p>No se ve muy afectada por la hinchazón de la madera debido a los álcalis</p>	<p>Altamente afectada por la hinchazón de las paredes celulares</p>

La difusión es el fenómeno dominante cuando las astillas alcanzan la fase principal de deslignificación ("bulk delignification")

Teniendo en cuenta que ya estarán bien impregnados al lograr las condiciones para que se produzca esta deslignificación



Maderas muy porosas

Las astillas que no están bien impregnadas se convertirán en rechazos

11.3. Desarrollo del proceso de impregnación

La astilla que se impregna entonces presenta 4 zonas bien características:

- **Región ya bien impregnada:** Libre de los grupos acetil consumidos y con concentración de hidroxilo que se repone
- **Zona de reacción:** Donde las reacciones entre los grupos hidroxilo y acetil se producen fuerte y dinámicamente. En esta zona, el contenido de hidroxilo prácticamente alcanza el agotamiento.

- **Zona fronteriza:** Es exactamente donde podría llamarse "*Frente de batalla*", cuando el licor a bajas concentraciones de iones hidroxilo encuentra por primera vez la parte no impregnada de la astilla. En esta zona el contenido de iones hidroxilo es muy bajo porque estaban casi agotados en la zona de reacción. A pesar de esto, la zona fronteriza es muy ávida para los álcalis, que reaccionará tanto como pueda con los grupos acetil encontrados.

- **Zona externa superficial:** Es la superficie de las astillas, donde el licor de cocción libre en la fase líquida externa está enviando iones hidroxilo por difusión a las astillas. Es una especie de banco de reabastecimiento de hidroxilo para el interior de la astilla.

De estos conocimientos todos presentados es posible detectar algunos fundamentos básicos para la impregnación de astillas más eficiente:

- **La madera es un material natural poroso y muy reactivo en condiciones alcalinas**
- **La madera sufre una enorme hinchazón de sus paredes celulares en condiciones de alta alcalinidad, especialmente debido a la sosa cáustica**
- **El movimiento de líquidos alcalinos al interior de la madera con grado relativo de secado (baja humedad) se debe a diferencias en la presión y ocupación de espacios favorables**

- **El licor alcalino caliente al penetrar en la madera causa fenómenos fisicoquímicos complejos tales como: hinchazón de las paredes celulares, despolimerización terminal de carbohidratos, desacetilación, disolución de fragmentos y componentes de la madera (de la pared celular, tilosas, bolsas de resina, almidón, membranas de las puntuaciones, etc.), disolución y difusión del aire que había en los capilares de la madera, etc.**
- **La penetración del licor se produce preferentemente en el sentido de la longitud de la astilla**
- **La penetración lateral de las astillas es mínima**

- **La impregnación es dinámica y se ve afectada por la composición y temperatura del licor. A medida que se produce la impregnación, los iones hidroxilo son consumidos por la madera, pero la difusión a través de la astilla tiende a tratar de reponer su concentración en nuevos niveles de equilibrio.**

- **Siempre hay un frente móvil y reactivo de baja concentración en hidroxilo que entra en el interior de la madera, hasta que la madera es completamente impregnada y las concentraciones igualadas en hidroxilo.**

- **El frente móvil reactivo encontrará regiones vírgenes e intactas de las astillas, que son ricas en grupos acetil. Inmediatamente, la reacción de desacetilación ocurre y dura mientras haya iones hidroxilo o incluso el agotamiento de los grupos acetil.**
- **Hay una cantidad de compuestos orgánicos en el medio que son componentes de madera disueltos. Necesitan dejar el interior de las astillas y migrar en la dirección opuesta a los iones hidroxilos migratorios. Mientras que los iones hidroxilos migran al interior de las astillas, los componentes de madera disuelta quieren salir de ellas.**
- **La impregnación de las astillas por el licor de cocción o pulpaje se completa cuando los grupos acetil desaparecen y**

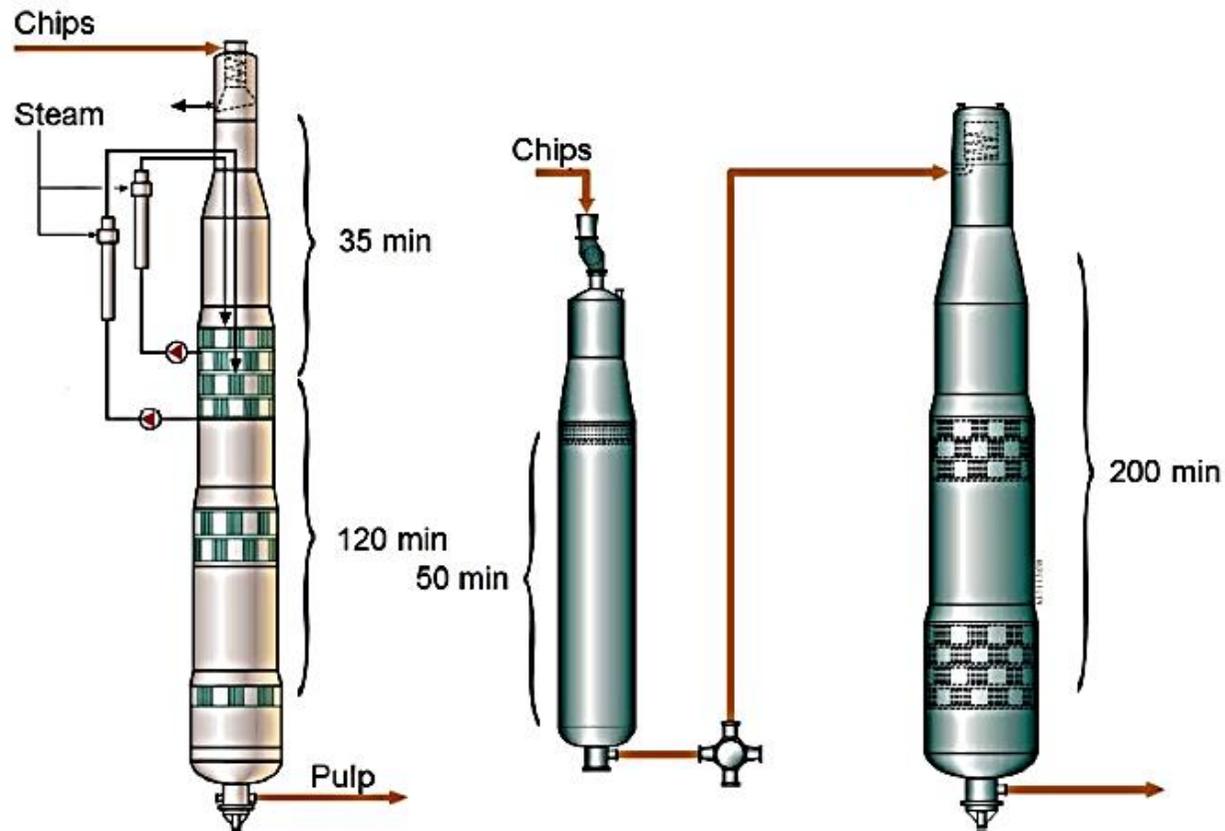
cuando la concentración en iones hidroxilo se restablece y se estabiliza a un nivel que es posible de acuerdo con las concentraciones actuales de álcali en el licor materno de la fase líquida externa a las astillas.



**EN ESE MOMENTO LA TEMPERATURA Y LAS
CONCENTRACIONES DE IONES ACTIVOS DEBEN ESTAR EN LO
QUE SE DESEA PARA SE PRACTICAR LA "DELIGNIFICACIÓN
MASIVA"**

Los vasos impregnadores independientes en digestores continuos modernos operan a temperaturas entre 105 y 125°C y tiempos de residencia de 40 a 60 minutos

Con excelentes desempeños para impregnar las astillas, dando como resultado pulpas con niveles mínimos de rechazos



Fuente de la Imagen: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/board-and-paper-making/wppb_digesterdevelopments.pdf

Izquierda – Impregnación ocurriendo en el cuerpo del digester
Derecha: Digestor con vaso auxiliar de impregnación

Tema nº 12:

Individualización de las fibras en la conversión de madera a pulpa kraft

Una pulpa celulósica no es más que una madera o otro material fibroso cuyos componentes celulares fueron individualizados y colocados en forma de suspensión acuosa para su posterior procesamiento y conversión a papel

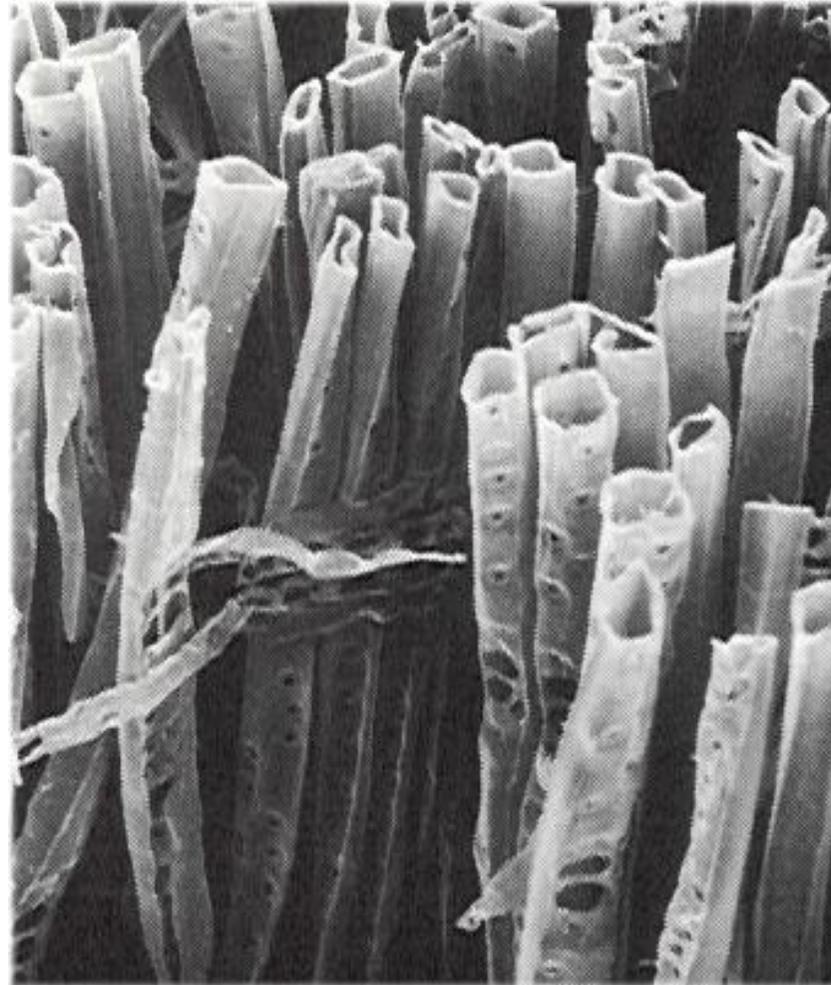
El papel no es más que una hoja producida principalmente a partir de elementos anatómicos de la madera, que fueron individualizados en forma de pulpa y reconstruidos después en forma de una hoja

Para una perfecta separación e individualización de los elementos anatómicos de la madera por procesos químicos, es necesario que la lamela media se disuelva casi todo o se debilite para que una pequeña acción mecánica posterior libere las fibras en forma individual

El proceso kraft tiene maravillosas ventajas energéticas y económicas, pero carece de selectividad.

Muchas fibras al final de la digestión todavía muestran residuos de lamela media no disuelta.

Conjunto de células incapaz de ser completamente individualizado, forma rechazos pequeños denominados de "shives"



Fibras parcialmente individualizadas en astilla al final de pulpação química kraft



Fibras e "shives" derivados de los componentes anatómicos de la madera

La pulpación kraft consta de siete pasos fisicoquímicos, que implican los siguientes fenómenos:

- **Penetración de licor en el interior de las astillas**
- **Difusión de iones de cocción activos en frentes de reacciones con los componentes de la madera que necesitan ser disueltos**
- **Reacciones químicas entre los iones activos del licor y los componentes químicos de la madera**
- **Difusión de los productos resultantes de las reacciones al exterior de las astillas**
- **Continuidad de las reacciones en la fase líquida**

- **Defibración mecánica final para la individualización de los componentes anatómicos**
- **Separación de fibras y otros componentes anatómicos individualizados de licor residual e impurezas (purificación y lavado)**

Algunos de estos pasos no están separados entre sí, ocurren simultáneamente entre algunos de ellos

La penetración inicial del licor se producirá a través de los vacíos de la madera, su porosidad capilar (lúmenes celulares) y micro-capilar (fracturas y grietas, huecos y puntuaciones de la pared celular)

El licor de digestión entra primero en la madera a través de los lúmenes de los elementos de vaso y fibras, es decir, en el sentido de la longitud de la astilla

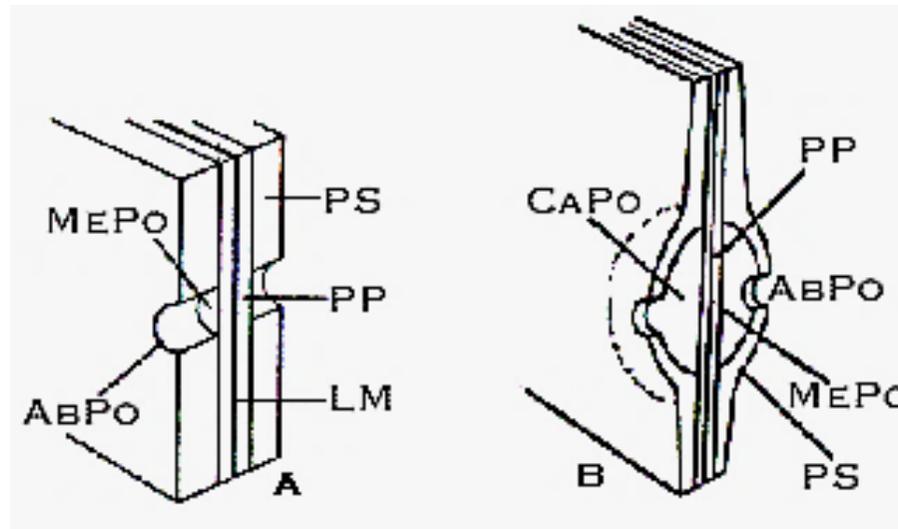
Parte de la penetración también es causada por los lúmenes de parénquimas, pero de una manera más lenta

El movimiento lateral del licor se produce a través de los lúmenes del parénquima radial o rayos medulares

**En este momento comienza la destrucción de tilosas, vacuolas ricas en extractivos y la capa interna W
(Verrugosa o Warty)**

A continuación, el licor de digestión llegará a otras fibras y a las paredes de fibras a través de las puntuaciones

(Pequeñas aberturas que conectan una célula a otra)



ABPo = apertura de la puntuación; MEPo = membrana de la puntuación; CAPo = cámara de puntuación; PP = pared primaria; PS = pared secundaria e LM = lamela média

El flujo a través de las puntuaciones puede sufrir algunas restricciones tales como:

Presencia de membrana en la puntuación, puntuación obstruida por extractivos, pocas y disminuidas puntuaciones, tórus aspirado o cerrado en puntuación, etc.

La membrana de puntuación consiste en la lamela media y la pared primaria (M + P) con estructura suelta y casi abierta

Puede aún tener una especie de espesor o grosor que tapa la puntuación por mecanismo hidráulico (tórus)

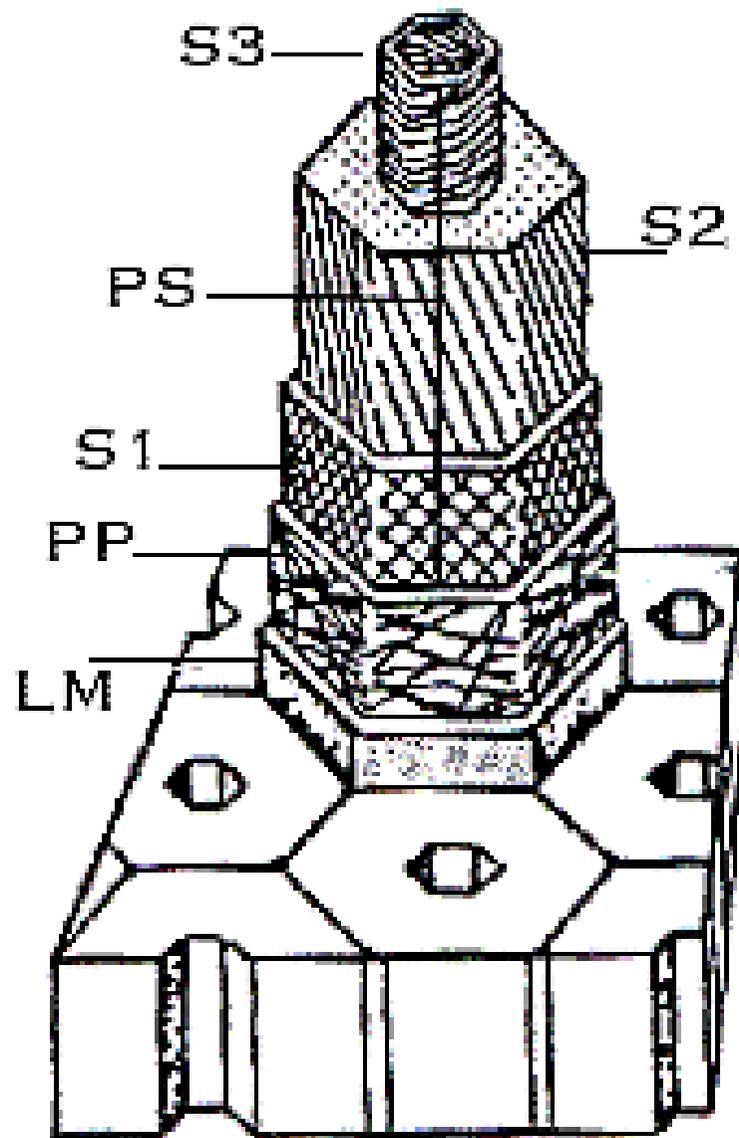
Membrana de puntuación es muy permeable. Sin embargo, el licor kraft pierde algún tiempo para eliminar obstáculos y con esto, los iones activos se consumen para degradar los extractivos y algunos carbohidratos de las paredes

Cuando el licor llega al lumen de las células, las paredes ya se están hinchando más.

Ahora el licor necesita caminar a través de la pared celular, comenzando con S3 y luego en el orden: S2, S1 y finalmente (M + P).

El licor está así empapando la pared celular en todas direcciones, pero en el sentido de dentro para fuera de las fibras.

(M+P) es la última capa para hacer contacto con el licor y es exactamente ella la que nos interesa disolver



(M + P) tiene la concentración mayor de lignina y cuando el licor la alcanza es mucho más débil en su concentración.

Por lo tanto, no es sorprendente encontrar fibras con residuales de (M + P) en sus superficies

Debido a estas dificultades de accesibilidad de (M + P), las capas S1, S2 y S3, precisamente porque tienen mayores concentraciones de carbohidratos, están más expuestas en el tiempo al licor que está más concentrado al principio que al final de la cocción

El licor también penetra y llega a la lamela media a través de la cámara de puntuación

Al final de la cocción, se observa que la capa S3 todavía tiene una alta cantidad de xilanas, a pesar de la intensa degradación que esta capa sufre

Estas xilanas son más cristalinas, con cadenas más simples y organizadas y sin ramificaciones

**Estas xilanas en S3 se atribuye a una reprecipitación de fragmentos de xilana que estaban en el licor negro
Esta reprecipitación se cita como muy habitual cuando el pH bajo al final de la cocción**

Es una de las causas del mayor rendimiento de la pulpación de la madera de latifoliadas (más xilanas) en relación con las de las coníferas

La disposición de microfibrilas en las capas de la pared secundaria ayuda a mantener y fibra rígida y con su estructura preservada incluso después de las drásticas condiciones de pulpaje kraft

Todo lo que sucede dentro del digestor es de dinamismo extremo

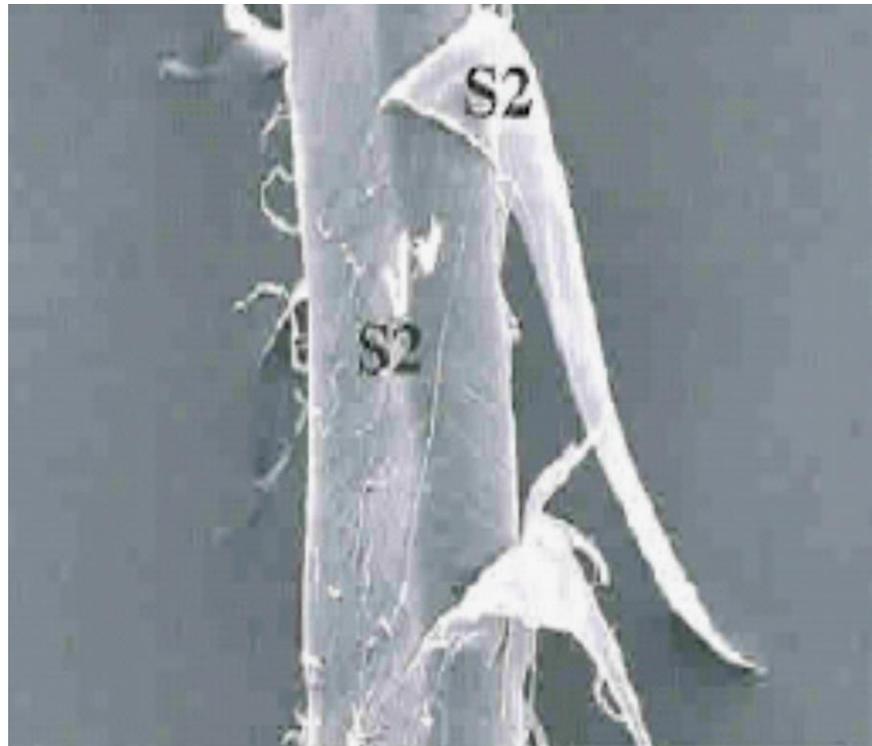
Como el licor encontrará los componentes de la madera a los cuales tiene más afinidad reactiva, inmediatamente reaccionará con ellos

Esto sucede incluso a bajas temperaturas, incluso antes de que se alcance la fase principal de deslignificación (entre 130 y 145°C)

Los primeros y más afectados componentes de la madera son las ramificaciones de acetil y grupos irónicos de hemicelulosas, algunos extractivos y algunas ligninas solubles en álcali. Otros carbohidratos también se eliminan.

La fase inicial de impregnación y deslignificación inicial debe realizarse a bajas temperaturas para facilitar la hinchazón de la madera y la expansión del aire interno que ocupa espacios vacíos de lúmenes en la estructura de las astillas

Sólo cuando la lamela media está impregnada de licor (y con concentración adecuada de iones activos) es que debemos aumentar la temperatura y drastificar las condiciones para acelerar la cocción y disolución del resto de la lignina que todavía tenemos que remover



El objetivo del proceso alcalino kraft es la deslignificación de la Lamela Media hasta el punto en que las fibras pueden separar una de la otra con un mínimo esfuerzo mecánico

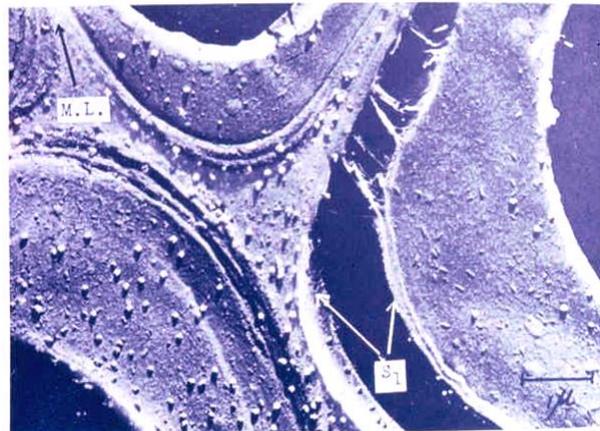
Este punto de separación de fibras, casi sin necesidad de aplicar energía, se conoce como **PIF – Punto de Individualización de las Fibras**

Se logra cuando se elimina entre el 90 y el 95% de la lignina original de la madera, que corresponde a números kappa de 25 a 30 y produce entre el 55 y el 60% de rendimiento para pulpaje de eucalipto

Para rendimientos superiores, la separación sólo puede lograrse mediante la mayor aplicación de energía mecánica a través de defibración más intensa.

El proceso entonces puede tener características de semi-químico

El PIF entonces consiste en una especie de línea demarcatoria entre los procesos químicos y semiquímicos kraft



Paredes celulares se separando en la pulpación

Tema nº 13:

Optimización del proceso de pulpaje kraft a través de la integración entre maderas y condiciones del proceso

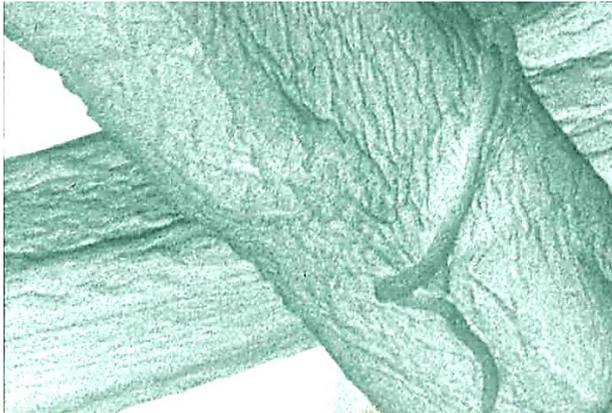
Las acciones sufridas por la madera y fibras en la cocción terminan se sumando a otras importantes que se producirán en las etapas de blanqueo y otras fases de fabricación de pulpa y después del papel

Por lo tanto, tenemos un conjunto continuo y sucesivo de acciones mecánicas y reacciones químicas drásticas y a menudo dañinas sobre los elementos anatómicos de las pulpas, que antes y un día formaron la madera

Así como una vez hay hablado nuestro estimado amigo, el **Dr. Panu Tikka** – de la Universidad Tecnológica de Helsinki:

"Instead of talking about residual lignin in the kraft cooking, it would be better start thinking about the residual fibers".

"En lugar de hablar de lignina residual al final de la pulpación kraft, es mejor empezar a pensar en las fibras residuales"



Fibras residuales de la pulpación

Las ganancias de eficiencia de pulpaje kraft se obtienen por:

- **Aumento en el rendimiento de la conversión de madera en celulosa**, es decir, por cada tonelada de madera absolutamente seca producirá un mayor peso seco de celulosa, luego reduciendo la cantidad de material de madera que se disolvería en el licor.
Las fábricas de pulpa hasta ahora son fábricas de pulpas fibrosas y no de licor negro para enviar a evaporación y luego a la caldera de recuperación. Incluso para las biorrefinerías, esto tendría que ser evaluado.
- **Reducción del consumo de álcalis activo o efectivo por tonelada de madera** (cantidad de licor blanco necesaria para la pulpa)

- **Reducción del consumo específico de madera**
- **Reducción del consumo de energía térmica (calor) o eléctrico (para movimientos y flujos)**
- **Ganancia de producción en la línea de fibras en comparación con la originalmente diseñada**
- **Ganancia de eficiencia o continuidad operativa en el sector de la producción de pulpa (digestores y equipos de la zona de pulpa sin blanquear)**

DOCE FACTORES CLAVE PARA LA PULPACIÓN KRAFT

- 1. Composición química y topoquímica de la madera:** Contenido de extractivos, contenido y tipo (relación Siringila/Guaiacila) de lignina, contenido y tipo de hemicelulosas, contenido de celulosa, tálides, etc.
- 2. Anatomía de la madera:** Contenido de fibra, vasos y parénquimas, distribución de tejidos vegetales, canales de resina, etc.
- 3. Gestión de la "mezcla" de maderas**
- 4. Dimensiones, granulometría, densidad y calidad de las astillas** causadas por almacenamiento, manipulación, etc.

- 5. Impregnación de astillas por el licor de pulpaje**
- 6. Química de pulpaje kraft (optimización de las reacciones de deslignificación)**
- 7. Condiciones de operaciones en el pulpaje kraft e en línea de fibras: variables de cocción y manejo de licores y filtrados; etc.**
- 8. División correcta y adecuada de álcali efectivo en digestores de pulpaje kraft modificada**

- 9. Comprensión de las causas que afectan a la selectividad de la cocción kraft, es decir, la mejor eliminación de lignina y menor acción en carbohidratos**
- 10. Optimización de la relación entre el rendimiento purificado/número de kappa y la viscosidad de la pulpa/número de kappa**
- 11. Gestión de componentes de madera disuelta ("DWC –" Componentes de madera disuelta ")**
- 12. Calidad de la pulpa que sale del digestor y que alimentará los pasos subsiguientes en la planta industrial: lavado, depuración de rechazos; blanqueo; control del "pitch", etc.**

Las principales opciones tecnológicas y operativas que se han adoptado para ello han sido las siguientes:

- **Uniformidad de la calidad de la madera alimentada en forma de una mezcla controlada de astillas**
- **Eliminación de aire más eficiente del interior de las astillas**
- **Impregnación más eficaz de astillas**
- **Bajar las temperaturas de cocción**
- **Reducción de las presiones hidrostáticas (tanto reduciendo la presión aplicada a la parte superior de los**

digestores como reduciendo la altura de los digestores que ahora son menos delgados y más llenos)

- **Reducción del ciclo de cocción (tiempo) aumentando la carga alcalina**
- **Redistribuciones de cargas alcalinas y optimizarlas según las materias primas utilizadas**



Amigos y estudiantes de este curso:

Esta es la realidad del proceso kraft de producción de pulpa en la forma en que propuse traerlos

Mi misión fue ofrecerles una visión de los niveles moleculares, anatómicos, químicos y topoquímicos de la madera y los elementos fibrosos y celulares de la misma en su conversión a pulpa

En general, todos sólo concentramos nuestros datos en los valores de los rendimientos, la viscosidad y el número kappa de las pulpas, las concentraciones de álcalis activo o efectivo y los factores H en pulpaje kraft

Cuanto a la madera, la mayoría de las veces sólo nos preocupamos con su densidad, humedad y tamaño de astillas

En relación a interacciones madera / proceso de pulpaje, hay una gran fuente de conocimiento en la literatura del curso

Espero haber traído un poco más de aprendizaje sobre este proceso y sobre las maderas utilizadas como fuente de fibras para la fabricación de papel

Tengo muchas esperanzas de mejores días con más sabiduría y mejor rendimiento y sostenibilidad para nuestras fábricas y sus fibras y maderas

GRACIAS POR SU ATENCIÓN Y PACIENCIA

REFERENCIAS DE LITERATURAS TECNICAS Y CIENTIFICAS AGRUPADAS POR SIMILARIDAD DE TEMAS Y AUTORES



Grupo 1: Referencias de literaturas publicadas por ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca de la **Calidad de la Madera**

Grupo 2: Dos referencias básicas sugeridas para leer acerca de **Bosques Plantados**

Grupo 3: Referencias de literaturas técnicas que contienen artículos, conferencias y presentaciones acerca de los **Fundamentos de la Anatomía, Química, Muestreo y Calidad de la Madera** presentados por varios autores

Grupo 4: Referencias de literaturas publicadas en medios electrónicos y teniendo como autor o coautor el Profesor Celso Foelkel acerca de la **Calidad de la Madera (*Eucalyptus, Pinus, etc.*)**

Grupo 5: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de la Madera de *Eucalyptus***

Grupo 6: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de la Madera de *Pinus***

Grupo 7: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de Astillas de Madera**

Grupo 8: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Fundamentos de Pulpaje Kraft**

Grupo 9: Selección de literaturas publicadas por ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca de **Impregnación de Astillas y Fundamentos de Pulpaje Kraft**

Grupo 10: Referencias de literaturas publicadas en medios electrónicos y teniendo como autor o coautor el Profesor Celso Foelkel acerca de **Impregnación de Astillas y Fundamentos de Pulpaje Kraft**

Grupo 11: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Impregnación de Astillas y Individualización de Fibras en Pulpaje Kraft**

Grupo 12: Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Calidad de Celulosas obtenidas por Mezclas de Astillas de Maderas de Diferentes Especies y/o Clones ("Mix de Madera")**

1. Referencias de literaturas publicadas por ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca de la Calidad de la Madera

Biodeterioro por almacenamiento en astillas de *Eucalyptus globulus*, incidencia en la composición química y efectos en el pulpaje kraft. M. Torres; E. Valenzuela; I. Vives. Celulosa y Papel 32(1): 16 – 21. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_32.1_Almacenamiento+Astillas+Eucalyptus.pdf (en Español)

Chemical and biometrical characterization of fibers from *Eucalyptus globulus* bark. B. Martínez; J.P. Elissetche; I. Carrillo; R.T. Mendonça; M. Pereira. Celulosa y Papel 31(5): 36 – 39. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_31.5_Bark+Eucalyptus.pdf (en Inglés)

SmartChipping. C.B. Sperberg. Celulosa y Papel 31(1): 20 - 22. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_31.1_SmartChipping.pdf (en Español)

Nuevas tecnologías para efficientar líneas de descortezado y astillado. C.B. Sperberg. Celulosa y Papel 30(3): 24 – 27. (2014)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_30.3_Astillado.pdf (en Español)

Caracterización y evaluación de la aptitud pulpable de madera de tensión de *Eucalyptus globulus*. M.G. Aguayo; P. Martínez; P. Reyes; M. Pereira; J. Rodríguez; J. Freer; R.T. Mendonça. Celulosa y Papel 27(3): 26 – 31. (2011)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_27.3_Madera+Tension+Globulus.pdf
(en Español)

How to keep the chip quality. S. Coscia. XII Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. Presentación en PowerPoint: 33 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Chip+quality_Coscia.pdf (en Inglés)

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre madera de *Pinus radiata* D. Don en canchas de la provincia de Valdivia, X Región de Chile. J. Toledo S.; S. Mariani A. XI Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 11 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Tiempo_Almacenamiento_Pino.pdf (en Español)

Selección y caracterización de clones de eucalipto considerando parámetros silviculturales, tecnológicos y de producto final. A. Bassa; A.G.M.C. Bassa; V.M. Sacon. Celulosa y Papel 21(2): 17 - 30. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Seleccion+Clones.pdf (en Español)

Some understanding of hardwood resins (pitch). Special reference to *Eucalyptus*. R. Bharati; W. Montoya. XI Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. Presentación en PowerPoint: 22 slides. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Pitch_Eucalyptus.pdf (en Inglés)

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)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Duraminizacion_E.nitens.pdf (en Español)

Estudio del control de la resina de la madera en la fabricación del papel. C. Soto V.. IX Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 21 pp. (2001)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Resina_madera.pdf (en Español)

Evaluación de especies de *Eucalyptus*. J. Escalona G.; R. González M.; H. Millar E.. Celulosa y Papel 16(1): 03 – 15. (2000)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_16.1_Especies+Eucalyptus.pdf (en Español)

Comportamiento de la fibra de pino radiata en los diferentes procesos de cocción y blanqueo. A. Jara C.. Celulosa y Papel 14(1). 07 pp. (1998)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_14.1_Pulpaje+Pino.pdf (en Español)

Una historia de desarrollo tecnológico: Separación de astillas sobretamaño. S.R. Javid; A. Alvarez. Celulosa y Papel 13(2): 32 – 37. (1997)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_13.2_Astillas+Sobredimension.pdf (en Español)

Pretratamiento de astillas para pulpaje kraft. A. Solís O.; R. Lindner S.; R. Melo S.. Libro de la V Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. p.: 14 – 28. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_V-JJTT_Astillas+Pretratadas.pdf (en Español)

Almacenamiento de *Pinus radiata*, su influencia en madera madura y juvenil y sus efectos en pulpa kraft y sus propiedades papeleras.

M.H. Torres U.; M. Peredo L.; S. Rodríguez S.. Libro de la V Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. p.: 01 – 12. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_V-JJTT_Almacenamiento+Pino.pdf (en Español)

Aptitud pulpable del aserrín. V. Drápela; J. Paz; R. Melo. Celulosa y Papel 8(2): 14 - 20. (1992)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_Aptitud_aserrin.pdf (en Español)

Características de las pulpas kraft de pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) en relación al fuste. S. Rodríguez S.; M. Torres U.. IV

Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 15 pp. (em duas partes). (1991)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_IV-JJTT_Pino+Oregon+Fuste_Parte1.pdf (en Español)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_IV-JJTT_Pino+Oregon+Fuste_Parte2.pdf
(en Español)

Ensayos de pulpaje y blanqueo de madera de eucalipto (*Eucalyptus*).

R. Melo; J. Paz; A. Solís; V. Carrasco. Celulosa y Papel 7(1). 10 pp. (1991)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Ensayos_pulpaje_eucalipto.pdf (en Español)

Variación genética de la densidad básica de la madera de eucalipto.

P. Rojas V.; J. Espejo C.. Celulosa y Papel 6(4): 22 – 29. (1990)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_6.4_Genetica+Densidad+Madera.pdf
(en Español)

Optimización de la geometría de astillas de pino radiata para el proceso de cocción kraft. A. Rodríguez C.; Carlos Steffens F.. Celulosa y Papel 5(2): 13 – 16. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_5.2_Geometria+Astillas.pdf (en Español)

Optimización del control de pitch en pulpa kraft de pino insigne. H. Molina B.. Celulosa y Papel 5(1): 15 – 19. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_5.1_Madera+Pino+Pitch.pdf (en Español)

Interrelación entre las propiedades de una celulosa kraft y la materia prima usada para su producción. R. Melo S.; J. Paz P.; V. Carrasco B.; N. Bello T.. Celulosa y Papel 4(3): 15 – 20. (1988)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1987_Interrelacion_propiedades_celulosa_madera.pdf (en Español)

Nuevas especies en la producción de celulosa. J. Paz; R. Melo y colaboradores. Celulosa y Papel 3: 13 – 15. (1987)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1987_Nuevas-especies-para_celulosa.pdf (en Español)

Aprovechamiento industrial de los eucaliptos. Laboratorio de Productos Forestales. Universidad de Concepción. Celulosa y Papel 3(3): 22 – 23. (1987)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/SD_Aprovechamiento_Industrial_Eucalyptus.pdf (en Español)

Influencia del espesor de astillas de *Pinus radiata* en el proceso kraft: Estudio técnico-económico. L.A. Pacheco, G.; H.H. Ruíz C.; C.H. Hani A.. Celulosa y Papel 1(1): 25 – 33. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_1.1._Espesor+Astillas.pdf (en Español)

2. Dos referencias básicas sugeridas para leer sobre **Bosques Plantados**

Plantações florestais: Geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Editores: Y.M.M. Oliveira; E.B. Oliveira. Embrapa Florestas. 100 pp. (2016)

<https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/estudo-embrapa.pdf> (en Portugués)

Plantaciones forestales. Más allá de los árboles. J.A. Prado Donoso. Colegio de Ingenieros Forestales A.G.. 172 pp. (2015)

https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2018/10/plantaciones-forestales-mas-alla-de-los-arboles_-j.pdf (en Español)

3. Referencias de literaturas técnicas que contienen artículos, conferencias y presentaciones acerca de los **Fundamentos de la Anatomía, Química, Muestreo y Calidad de la Madera** presentados por varios autores

Curso “*Eucalyptus* fibers – From forests to papers”. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 52. 05 pp. Acceso em 16.07.2019

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Curso_Int_Eucalyptus_Forests2Papers.pdf (en Portugués y Inglés)

Madeira. Um material heterogêneo. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Presentación en PowerPoint: 101 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/madeiraheterogenea2018.pdf> (en Portugués)

Amostragem e preparo da madeira para análise química. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/amostragem.pdf> (en Português)

Celulose. Química da madeira. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/celulose.pdf> (en Português)

Lignina. Química da madeira. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 76 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ligninas.pdf> (en Português)

Componentes acidentais das madeiras. Extrativos. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/Extrativos.pdf> (em Português)

Carboidratos. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2018)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/carboidratos2018.pdf> (em Português)

Química da madeira. U. Klock; A.S. Andrade. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 4ª Edição Revisada. 85 pp. (2013)

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf> (em Português)

Ultraestrutura da parede celular. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2013)

<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ultraestruturaparedecelular2013.pdf> (en Portugués)

Sampling and preparing wood for analysis. (Proposed revision of T257 cm-02). TAPPI Standard Methods. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 21 pp. (2012)

<https://www.tappi.org/content/sarg/t257.pdf> (en Inglés)

Madeira. Um material heterogêneo. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 63 slides. (2012)

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/madeiraheterogenea2012.pdf> (en Portugués)

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.. III ICEP - International Colloquium on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

<http://www.eucalyptus.com.br/icep03/430Sherson.text.pdf> (12 pp. - en Inglés)

e

<http://www.eucalyptus.com.br/icep03/431Sherson.ppt.pdf> (32 slides – en Inglés)

Química da madeira. U. Klock; G.I.B. Muñiz; J.A. Hernandez; A.S. Andrade. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 3ª Edição Revisada. 86 pp. (2005)

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/quimicadamadeira.pdf>
(en Portugués)

Propriedades da madeira. J.C. Moreschi. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 208 pp. (2005)

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>
(en Portugués)

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: 90 slides. (2003)

[http://www.celso-](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/22_qualidade%20madeira%20relacionada%20polpacao%20alcalina.pdf)

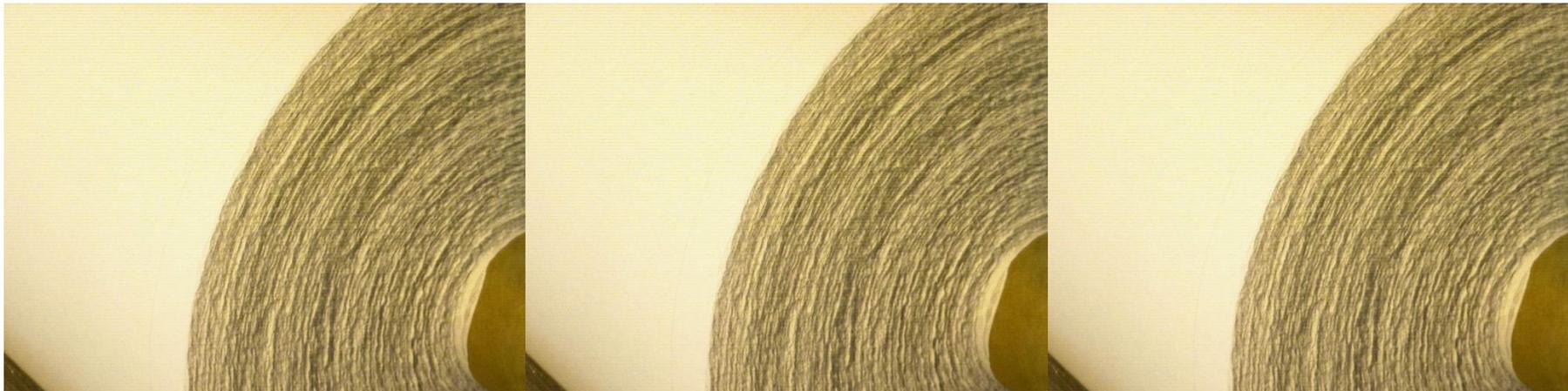
[foelkel.com.br/artigos/outros/22_qualidade%20madeira%20relacionada%20polpacao%20alcalina.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/22_qualidade%20madeira%20relacionada%20polpacao%20alcalina.pdf) (en Portugués)

Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. G.M.

Downes; I.L. Hudson; C.A. Raymond; G.H. Dean; A.J. Michell; L.R. Schimleck; R. Evans; A. Muneri. CSIRO Publishing. 144 pp. (1997)

<https://books.google.com.br/books?id=tezX2UlnUhcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> (en Inglés)

Curso “Estrutura e Propriedades Físicas da Madeira”. C. Foelkel.
ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 02 pp. (1984)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_O_Papel_Curso_Madeira.pdf (en
Portugués)



4. Referencias de literaturas publicadas en medios electrónicos y teniendo como autor o coautor el Profesor Celso Foelkel acerca de la **Calidad de la Madera (*Eucalyptus, Pinus, etc.*)**

Valorizando a madeira para a produção de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicepa nº 59: 16 – 18. (2019)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicepa_Valorizando+Madeira+Processo+Celulose.pdf (en Portugués)

A água e a madeira de *Pinus*. C. Foelkel. Extraído de PinusLetter nº 49. 38 pp. (2017)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus49_Agua_Madeira_Pinus.pdf (en Portugués)

Secagem na floresta e ao ar livre de toras e biomassa de eucalipto. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 51. 22 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news51_Secagem_Madeira_Biomassa.pdf (en Portugués)

Melhorando a qualidade de madeiras, fibras & polpas para produção de celulose. C. Foelkel. Workshop ArborGen “Eucalipto, a importância da qualidade da madeira”. Presentación en PowerPoint: 77 slides. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira+Evento+ArborGen.pdf (en Portugués)

Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade. Parte 1: Biomassa Florestal & Florestas Energéticas. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 43. 239 pp. (2016)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT43_Florestas_Energeticas_Eucaliptos.pdf (en Portugués)

Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade. Parte 3: Resíduos florestais energéticos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 45. 235 pp. (2016)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT45_Residuos_Florestais_Energeticos.pdf (en Portugués)

A lignina do *Pinus* e o seu potencial para as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel. C. Foelkel. Extraído de PinusLetter nº 48. 22 pp. (2016)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus48_Lignina_Pinus_Biorrefinarias.pdf (en Portugués)

Curso “*Eucalyptus* fibers – From forests to papers”. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 52. 05 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Curso_Int_Eucalyptus_Forests2Papers.pdf (en Portugués y Inglés)

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)
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf (en Português)

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)
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf (en Português)

Qualidade da biomassa florestal do eucalipto para fins energéticos. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 49. 33 pp. (2015)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news49_Biomassa_Florestal_Eucalipto.pdf (en Português)

Homogeneizar e diversificar: exigências opostas na gestão das florestas plantadas. C. Foelkel. Grau Celsius. Website especializado. 03 pp. (2014)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Florestas_plantadas_Homogeneizar_e_diversificar.pdf (en Português)

O problema dos tocos residuais das florestas plantadas de eucaliptos. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 45. Artigo Técnico. 17 pp. (2014)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news45_Cepas_Tocos.pdf (en Português)

Efeito do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* no desempenho da polpação kraft. G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; T.F. Assis. Ciência Florestal 21(1): 133 – 147. (2011)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/Efeito%20lignina%20polpacao%20kraft.pdf> (en Português)

Technological development in plantation forestry: Will continuous improvements in forest productivity be sustained and/or expected? A view under the *Eucalyptus* pulp industry perspective. C. Foelkel. Latina 2010. I Conferência da Indústria Florestal Latino-Americana. Apresentação em PowerPoint: 40 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Technical%20Development%20%20-%20Plantation%20Forestry%20_LATINA%202010_Celso%20Foelkel.pdf (en Inglés)

e

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Desenvolvimento_Tec_Florestal_LATINA_2010_Celso_Foelkel.pdf (en Português)

Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 14. 111 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14_PropPapeleiras.pdf (en Português)

Papermaking properties of *Eucalyptus* trees, woods, and pulp fibers.

C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 14. 110 pp. (2009)

<http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/ENG14.pdf> (en Inglés)

A produção de florestas plantadas de eucalipto sob a ótica da ecoeficácia, ecoeficiência e da produção mais limpa. C. Foelkel.

Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 11. 113 pp. (2008)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT11_P%2BL_florestal.pdf (en Portugués)

Advances in *Eucalyptus* fiber properties and paper products. C.

Foelkel. III International Colloquium of *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2007)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Advances%20in%20euca%20fiber.pdf>
(en Inglés)

Advances in *Eucalyptus* fiber properties and paper products. C. Foelkel. III International Colloquium of *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 68 slides. (2007)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Advances%20in%20eucalyptus%20fiber%20properties%20and%20paper%20products.pdf> (en Inglés)

Elementos de vaso e celuloses de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 04. 56 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT04_vasos.pdf (en Portugués)

Vessel elements and *Eucalyptus* pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 04. 54 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG04_vessels.pdf (en Inglés)

Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 07. 48 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf (en Portugués)

Resíduos sólidos industriais da produção de celulose kraft de eucalipto - Parte 01: Resíduos orgânicos fibrosos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 05. 78 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf (en Portugués)

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)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT03_fibras.pdf (en Portugués)

The *Eucalyptus* fibers and the kraft pulp quality requirements for paper manufacturing. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 03. 42 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG03_fibers.pdf (en Inglés)

Fibras e polpas. C. Foelkel. Grau Celsius website. Presentación en PowerPoint: 30 slides. (2005)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Fibras%20e%20polpas.pdf> (en Portugués)

Differentiation in market pulp products: Is market pulp a commodity product? C. Foelkel. Grau Celsius website. Presentación en PowerPoint: 74 slides. (2005)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Differentiation%20in%20pulps.pdf> (en Inglés)

Casca da árvore do eucalipto: aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 01. 109 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf (en Portugués)

Aracruz encontra no *Eucalyptus globulus* uma fonte de qualidade da madeira para se tornar mais competitiva. C. Foelkel entrevista T.F. Assis. O Papel 65(9): 41 - 43. (2004)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2018.%20aracruz%20encontra%20no%20e.globulus.pdf> (en Portugués)

Varição radial da densidade básica em função da altura de árvores de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus saligna*. D.S. Lazaretti; E.R. Reis; K. Serafim; M.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 36º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2003)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003b.pdf> (en Portugués)

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. Souza; C. Rosa; G. Cardoso; S. Frizzo; C. Foelkel. 36º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2003)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003a.pdf> (en Portugués)

Variación da densidade básica da madeira de *Eucalyptus globulus* no sentido longitudinal da árvore. G.V. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; C.E.B. Foelkel; T.F. Assis; P. Oliveira. 35º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002d.pdf> (en Portugués)

***Eucalyptus* wood and pulp quality requirements oriented to the manufacture of tissue and printing & writing papers.** C. Foelkel. Website Grau Celsius. 11 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/34%20final.doc> (en Inglés)

Otimização das condições do cozimento kraft de *Eucalyptus globulus* em função do teor de lignina da madeira. G.V. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; C.E.B. Foelkel; T.F. Assis; P. Oliveira. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 20 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002a.pdf> (en Portugués)

Estudo da qualidade da polpa obtida de serragem, de minicavacos de madeira e de resíduos de celulose de *Eucalyptus ssp.* C. Pedrazzi; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel; P. Oliveira. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002b.pdf> (en Portugués)

Variación da densidade a granel de cavacos de *Eucalyptus saligna* em função de suas dimensões e da umidade. M.C.H. Souza; E.R. Reis; K.P. Serafim; C. Pedrazzi; S.M.B. Frizzo; P. Oliveira; C.E.B. Foelkel. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002c.pdf> (en Portugués)

Comportamento da madeira de *Eucalyptus globulus* com diferentes teores de lignina para produção de celulose kraft. G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa; A.F. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002e.pdf> (en Portugués)

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)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Casca_arvores_simposio_PG2001.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 da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2001)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202001a.pdf> (em Português)

Considerações acerca do tamanho da amostra e número de repetições para avaliação de dados dendrométricos em povoamento clonal de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa. 33º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2000)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202000c.pdf>
(en Portugués)

Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação de lignina Klason e 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 da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2000)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202000a.pdf> (en Portugués)

Seleção de critérios para a especificação de pastas celulósicas branqueadas de eucaliptos na fabricação de papéis para impressão offset. E.S. Campos; M.A.L. Martins; C. Foelkel; S.M.B. Frizzo. *Ciência Florestal* 10(1): 57 -75. (2000)

http://celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/sele%20de%20crit%20rios%202000.pdf (en Portugués)

Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para produção de celulose: Tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades de um clone de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores; G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel, S.M.B. Frizzo. 32º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1999)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%201999a.pdf> (en Portugués)

Definição de critérios para a escolha de pastas celulósicas branqueadas de eucalipto na fabricação de papéis de impressão e escrita. E.S. Campos; M.A.L. Martins; C.E.B. foelkel; S.M.B. Frizzo. 31º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Crit%20E9rio%20sele%20E7%E3o%20polpas%20tese%20Edison%20Campos.pdf> (en Portugués)

Estudo da variabilidade de um povoamento clonal entre árvores de *Eucalyptus saligna* Smith. D.M.M. Flores; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 31º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Variabilidade%20clonal%20Dorot%20E9ia.pdf> (en Portugués)

Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. C. Foelkel. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. 08 pp. (1997)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/32%20final.doc> (en Portugués)

New pulping technology and *Eucalyptus* wood: The role of soil fertility, plant nutrition and wood ion content. C.E.B. Foelkel; T.F. Assis. CRC for Temperate Hardwood Forestry. IUFRO Conference, Hobart, Australia. 04 pp. (1995)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/New%20pulping%20technology%20and%20Eucalyptus%20wood%20%20The%20role%20of%20soil%20fertility%20plant%20nutrition%20and%20wood%20ion%20content%20.pdf> (en Inglés)

Uma discussão teórico-prática sobre polpas de eucalipto para a fabricação de papel "tissue". E. Ratnieks; C. Foelkel. 29º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1996)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1996.%20Eucaliptos%20e%20papel%20tissue.%20Edvins.pdf> (en Portugués)

Densidade básica: Sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. C. Foelkel; E. Mora; S. Menochelli. 6º Congresso Florestal Brasileiro. 21 pp. (1990)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Db%20sua%20verdadeira%20utilidade.pdf> (en Portugués)

Calidad de la madera. C. Foelkel. Curso ATCP-Chile Eucaliptos 1988. Módulo II. 72 pp. (1989)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1989_Calidad+Madera_Curso+Eucalipto.pdf (en Español)

Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. IV – Altura ideal de amostragem para avaliação da

densidade média para árvores de *Eucalyptus grandis*. C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; S. Menochelli. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (1987)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1987.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20IV.pdf> (en Portugués)

A busca da qualidade da madeira do eucalipto para celulose através da árvore projetada pelo homem. C.E.B. Foelkel. Simpósio sobre Tendências do Desenvolvimento Florestal Brasileiro. ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1985_Engenheirando_qualidade_madeira.pdf (en Portugués)

Curso “Estrutura e Propriedades Físicas da Madeira”. C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 02 pp. (1984)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_O_Papel_Curso_Madeira.pdf (en Português)

Estudo comparativo da qualidade da madeira de três procedências de *Eucalyptus camaldulensis* e uma de *Eucalyptus globulus* introduzidas na região de Guaíba/RS. J.V. Gonzaga; C.A. Busnardo; C. Dias; C.E.B. Foelkel. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1984)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1984.%20Madeira%20de%20e.camaldulensis%20e%20e.globulus.pdf> (en Português)

Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose. II – Inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; J.B.V. Vez. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (1983)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20II.pdf> (en Portugués)

Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose. III – A importância da altura de amostragem para avaliação da densidade básica média da árvore. C.A Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; C. Dias; S. Menochelli. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1983)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20III.pdf> (en Portugués)

Melhoramento genético das qualidades celulósico-papeleiras da madeira do *Eucalyptus saligna*. C.E.B. Foelkel; J.V. Gonzaga; C.A. Busnardo; B. Rech; I. Borssatto; C. Schmidt; C. Dias; S. Menochelli. 15º

Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1982)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Melhoramento%20%E1rvores%20estrela.pdf>
(en Portugués)

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)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Cancro_Eucalipto.pdf

Possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; A.F. Milanez. 2º Congresso Latino-Americano de Celulosa y Papel. Torremolinos/Espanha. Anais: 15 – 25. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Polpa_kraft_eucaliptos_jovens.pdf (en Portugués)

Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. I – Eucaliptos tropicais. C.E.B. Foelkel; C.A. Busnardo; C. Zvinakevicius; M.F.B. Borssatto. O Papel (Fevereiro): 52 - 56. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Eucaliptos_tropicais.pdf (en Português)

Programa para uso conjunto de resíduos fibrosos na produção de celulose kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros Sobrinho. 14º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1981)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20uso%20res%EDduos%20fibrosos.pdf> (en Português)

Utilização dos rejeitos do cozimento kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros Sobrinho; A.F. Milanez. O Papel (Setembro): 59 - 64. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Rejeitos_Cozimento.pdf
(Portugués)

(en

Misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla* na polpação kraft. R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. 13º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1980)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1980_Misturas_madeiras_Pinus_Eucalyptus.pdf (en Português)

e

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20cozimento%20misturas%20Pinus%20e%20Eucalyptus.%20Tese%20rubinho.pdf> (en Português)

Propriedades físico-mecânicas de celulose kraft obtidas por cozimentos conjuntos de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem

híbrida. R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. Revista Árvore 4(2): 188 – 202. (1980)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1980_Pinus_strobus.pdf (en Portugués)

Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida. R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. Revista Árvore 3(2): 195 – 207. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Misturas_pinus_eucalipto.pdf (en Portugués)

Estudo da influência da deterioração de cavacos de eucalipto nas propriedades da celulose kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius. O Papel (Julho): 40 – 48. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Deterioracao_Cavacos.pdf (en Portugués)

A utilização da serragem da madeira de eucalipto na produção de polpa celulósica. C.E.B. Foelkel; L.C. Couto; J. Kato. O Papel (Setembro): 57 - 64. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Serragem_madeira.pdf (en Português)

Estudos sobre a influência da espessura dos cavacos de eucalipto sobre a qualidade da celulose kraft correspondente. J.O.M. Andrade; C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel. O Papel (Outubro): 55 - 59. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1978_Espessura_cavacos.pdf (en Português)

Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; S. Kagiya; E.E. Alves. 11^o Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1978)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1978.%20Madeira%20de%20eucaliptos%20tropicais.pdf> (en Português)

Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. C. Foelkel. I Congresso Brasileiro sobre Qualidade da Madeira. IPEF. 27 pp. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Madeira%20do%20eucalipto_%20da%20floresta%20ao%20digestor.pdf (en Portugués)

Influência da temperatura de armazenamento de eucalipto na qualidade da madeira e da celulose kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J.R. Andrade. O Papel (Novembro): 73 – 80. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1978_Temperatura_cavacos.pdf (en Portugués)

Casca desmedulada de eucalipto: Uma nova opção como fonte de fibras para a indústria de celulose kraft. C. Foelkel; C. Zvinakevicius; L.R.O. Siqueira; J. Kato; J.O.M. Andrade. 10º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1977)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20casca%20desmedulada%20de%20eucalipto.pdf>

***Pinus elliottii*: Fibra longa para produção de celulose kraft.** C.E.B. Foelkel. 10º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1977)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1977_Pinus_elliottii.pdf (en Português)

e

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Pinus%20elliottii.pdf> (en Português)

Celulose kraft de madeiras juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo; W. Garcia; J.O. Brito. IPEF 12: 127 – 142. (1976)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1976b%20%20pinus%20elliottii.pdf> (en Português)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr12/cap05.pdf> (en Português)

Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. C.E.B. Foelkel; M. Ferreira; J.H. Nehring; M.B. Rolim. IPEF 10: 01 – 11. (1975)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf> (en Portugués)

Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo; A.C.B. Amaral; C.F. Valle. IPEF 10: 81 – 87. (1975)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975e%20%20pinus%20oocarpa.pdf> (en Portugués)

Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: Uma referência especial ao gênero

Eucalyptus. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. In: Seminário de Integração Floresta-Indústria. IPEF & Suzano. pp.: 05 – 33. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2011_Seminario%20de%20integra%E7%E3o%20floresta%20ind%FAstria0001.pdf (en Portugués)

Relações entre as características da madeira e propriedades da celulose e papel. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. O Papel (Setembro): 49 – 53. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975_Caracteristicas_Madeira+Celulose+Papel.pdf (en Portugués)

Celulose kraft de *Pinus sp.* C.E.B. Foelkel. 8ª Convenção Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1975)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975%20%20Celulose%20kraft%20de%20Pinus%20sp%20.pdf> (en Portugués)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1975_Celulose_kraft_Pinus.pdf (en Portugués)

Madeiras de coníferas e folhosas na fabricação de celulose kraft no Brasil e nos Estados Unidos da América. Um estudo comparativo. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. 8ª Convenção Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1975_Madeiras_coniferas_folhosas.pdf (en Portugués)

e
<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975.%20madeira%20con%EDferas%20e%20folhosas.pdf> (en Portugués)

Unbleached kraft pulp properties of some of the Brazilian and U.S. pines. C.E.B. Foelkel. Tese de Mestrado. State University of New York / Syracuse. 204 pp. (1973)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Unbleached%20kraft%20pulp.pdf> (en Inglés)

Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. C.EB. Foelkel; M.A.M. Brasil; L.E.G. Barrichelo. IPEF 2/3: 65 – 74. (1971)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1971%20%20densidade%20cavacos%20madeira.pdf> (en Português)

Integração Floresta/Madeira/Produtos/Clientes: Uma realidade ou uma ficção? C. Foelkel. Website Grau Celsius. Presentación en PowerPoint: 77 slides. (SD: Sem referência de data)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Integrando%20Floresta.Madeira.Produtos.pdf> (en Português)

Fibra Longa: Integração Floresta/Madeira/Produtos/Clientes: Uma realidade ou uma ficção? C. Foelkel. Website Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 63 slides. (SD: Sem referência de data)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/FibraLonga_Integrando%20Floresta%20Madeira%20Produtos.pdf (en Português)

Densidade da "substância madeira" para o eucalipto. C. Foelkel. Pergunte ao Euca Expert. Pergunta nº 809. 03 pp. (SD: Sem referência de data)

<http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta%20809.doc> (en Português)

Densidade básica em baguetas. C. Foelkel. Pergunte ao Euca Expert. Pergunta nº 84. 03 pp. (SD: Sem referência de data)

<http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta%2084.doc> (en Português)



5. Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de la Madera de *Eucalyptus***

An evaluation of fiber biometry and nanomechanical properties of different *Eucalyptus* species. I. Camilo-Varela; P. Valenzuela; W. Gacitúa; R.T. Mendonça. BioResources 14(3): 6433 – 6446. (2019)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_14_3_6433_Carrillo_Varela_Fiber_Biometry_Nanomechanical/6976 (en Inglés)

Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas. Organizadores: S.F.S. Guerra; H.J. Euftrade Júnior. Editora FEPAF. 180 pp. (2019)

http://www.fepaf.org.br/download/EBOOK_AMBAR.pdf (en Portugués)

Juvenile wood characterization of *Eucalyptus botryoides* and *Eucalyptus maculata* using SilviScan. S. Knapic; T. Grahn; S.-O. Lundqvist; H. Pereira. *BioResources* 13(2): 2342 - 2355. (2018)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes_13_2_2342_Knapic_Juvenile_Wood_Eucalyptus_SilviScan/5895 (en Inglés)

Current status and new trends in the production of *Eucalyptus* kraft pulp. J.L. Colodette. XV Simposio de la Industria de la Celulosa y el Papel. CORMA-Chile. Presentación en PowerPoint: 54 slides. (2018)

http://www.seminarioscorma.cl/wp-content/uploads/2018/11/2._-Presentaci%C3%B3n-Jorge-Colodette.pdf (en Inglés)

Sampling methods and number of roundwoods for determining the moisture content. D.B. Donato; R.V.O. Castro; A.C.O. Carneiro; A.M.M.L. Carvalho; B.R. Vital; R.C. Santos. *Revista Árvore* 42(4). 06 pp. (2018)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v42n4/0100-6762-rarv-42-04-e420401.pdf> (en Inglés)

Effect of wood quality and S/G lignin ratio in the kraft pulping kinetics. D.P. Almeida; B.F.H. Faria; J.L. Colodette; D.C. Ferreira. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 01 pp. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/04_Wood+quality_S+G.pdf (en Inglés)

Evaluation of resistograph as a predictor instrument of basic density in plantations of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. I. Carrillo; R. Teixeira; J.P. Elissetche. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 01 pp. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.4.Wood&Fiber_UDEC_Wood_density.pdf (en Inglés)

Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. T.C. Monteiro; J.T. Lima; P.R.G. Hein; J.R.M. Silva; P.F. Trugilho; H.B. Andrade. *Scientia Forestalis* 45(115): 493 – 505. (2017)

<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr115/cap07.pdf> (en Portugués)

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(1): 237 – 248. (2017)

<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v27n1/1980-5098-cflo-27-01-00237.pdf> (en Inglés)

A árvore como matéria prima para a indústria de base florestal. T.E.S. Segura. 5ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas. Presentación en PowerPoint: 51 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Arvore+Materia_Prima.pdf (en Portugués)

Impacting wood extractives content through cooking additive application. C.M. Jardim; F.A. Silva; M.B. Fernandes; A.G. Kister; R.A.

Lima; M.A.A. Silva; A.V. Silva. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 22 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.6.Wood&Fiber_Veracel_Extractives.pdf (en Inglés)

Genetics: A tool to improve wood quality for the cellulose industry.

C. Balocchi. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 59 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.1.Wood&Fiber_Arauco.Claudio+Balocchi.pdf (en Inglés)

Enhancing *Eucalyptus* kraft pulp yield and bleachability. G.B. Souza; C.B. Souza; M. Zanão; D.P. Almeida; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 41 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.1.Pulping_Colodette.pdf (en Inglés)

Programa de controle da qualidade da madeira na Eldorado Brasil Celulose. T.E.S. Segura; L.R. Pimenta; F.B. Mattiazzo; F.M. Silva; J.A. Cruz; L.O. Souza. 49º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira_Eldorado_T.pdf
(Texto: 10 pp. – en Portugués)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira_Eldorado_A.pdf
(Presentación en PowerPoint: 32 slides – en Portugués)

Nova visão quantitativa e qualitativa da madeira para o processo de produção de polpa branqueada de eucalipto. L.S. Caux; L.C. Dalvi; C.C. Justino. 48º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_T.pdf (Texto: 07 pp. – en Portugués)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_A.pdf (Presentación en PowerPoint: 27 slides – en Portugués)

Emerging technologies to improve *Eucalyptus* fibers quality for paper. C.M. Jardim; M. Manfredi; R.G. Moraes; R.P. Silva; R.C. Oliveira; A. Ragauskas. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 31 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/12.2.Rubens+Chaves+Oliveira.SLIDES.pdf> (en Inglés)

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. Presentación en PowerPoint: 29 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLIDES.pdf> (en Inglés)

Understanding the pulpability of *Eucalyptus globulus* based on chemical, anatomical and genomics traits. R.T. Mendonça. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 42 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.2.Regis_Mendonca_SLIDES.pdf (en Inglés)

Recent advances in the chemistry of *Eucalyptus* wood. J.C. del Rio; J. Rencoret; A. Gutiérrez; Á.T. Martínez; J.L. Colodette. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 56 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.1.Jose+Del+Rio.SLIDES.pdf> (en Inglés)

Pulping potential of young eucalypts: A comparative study of wood and pulp properties of 12 eucalypt species. D.M. Neiva; L. Fernandes; S. Araújo; A. Lourenço; J. Gominho; R. Simões; H. Pereira. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 22 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/12.3.Duarte+Neiva.SLIDES.pdf> (en Inglés)

***Eucalyptus* wood evaluation for pulp production: The choice of key indicators and the knowledge of the variables role on the processes as a tool for raising the productivity.** L.S. Caux; L.C. Dalvi; J.L. Colodette. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 21 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.4.Leonardo+De+Caux.SLIDES.pdf>
(en Inglés)



Para las literaturas anteriores al año 2015, sugiero la búsqueda de una gran cantidad de textos sobre la calidad de la madera de eucalipto y a los que se hace referencia y se ponen a disposición en dos de mis publicaciones con las siguientes direcciones de web:

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

&

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf

También hay algunas referencias más que estamos utilizando para apoyar nuestras clases:

Mejoramiento genético de eucaliptos en Chile. Editores: R. Ipinza; S. Barros; B. Gutiérrez; N. Borralho. INFOR – Instituto Forestal de Chile. 492 pp. (2014)

<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/21039/INFOR-0008.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

Caracterização físico-química de tocos de eucalipto para produção de energia. F. Gomez; A. Almeida; C.W.C. Wanderley; R.E. Hakamada. XVII Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal Volume 1: 173 - 184. (2014)

<https://aeditora.com.br/produto/xvii-seminario-de-atualizacao-em-sistemas-de-colheita-de-madeira-e-transporte-florestal-anais/> (en Português)

Efeito da qualidade da madeira no desempenho da polpação kraft. D.M. Carvalho; M.R. Silva; J.L. Colodette. Ciência Florestal 24(3): 677 – 684. (2014)

<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/2957/pdf> (en Português)

Qualidade da madeira e da celulose de clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes densidades. F.A. Diogo. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 47 pp. (2014)

<http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/113794/000806799.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Portugués)

Predicting wood quality to improve sawlog value in radiata pine. D. Drew. CSIRO Ecosystems Sciences. Presentación en PowerPoint: 37 slides. (2013)

http://www.fwpa.com.au/images/webinars/eCambium_Webinar-David-Drew.pdf (en Inglés)

Influência da idade na geração de modelos de espectroscopia NIR, para predição de propriedades da madeira de *Eucalyptus* spp. F.R. Milagres; J.L. Gomide; A. Magaton; H. Fantuzzi Neto. Revista Árvore 37(6): 1165 – 1173. (2013)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n6/18.pdf> (en Portugués)

Wood quality: A key element for production of high yield and high bleachability eucalypt kraft pulp. J.L. Colodette; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 37 slides. (2013)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2013_Wood_Quality_PPT.pdf (en Inglés)

Densidad básica en madera pulpable de *Eucalyptus globulus* Labill. J.A. Soto Cereceda. Trabalho de Titulação. Universidade Austral de Chile. 55 pp. (2013)
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fifs718d/doc/fifs718d.pdf> (en Español)

Variación de la densidad de la madera y rendimiento pulpable en clones de *Eucalyptus globulus* evaluado con espectroscopía de infrarrojo cercano. R. Labbé; F. Droppelmann; C. Balocchi; M. Peredo. Bosque 34(3): 263 -272. (2013)
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v34n3/art02.pdf> (en Español)

Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft.

H. Fantuzzi Neto. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 119 pp. (2012)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/572/texto%20completo.pdf?sequence=1> (en Portugués)

Identificación y control de *pitch* en producto final de la línea de producción de pulpa de eucalipto. E.H. Durán Otth. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2011)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5916/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

Validación de variables que afectan el rendimiento en digestor continuo para producción de celulosa kraft de *Eucalyptus*. C.M. Diaz Morales. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 79 pp. (2011)

http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3765
(en Español)

Genetic correlations between pulpwood and solid-wood selection and objective traits in *Eucalyptus globulus*. M.G. Hamilton; B.M. Potts; B.L. Greaves; G.W. Dutkowski. Sciences 67(5). 11pp. (2010)
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00883578/document> (en Inglés)

Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e os impactos na polpação kraft. D.E. Fernandes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 67 pp. (2010)
<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5893/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Português)

Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação kraft. C. Sarto; C.A. Sansigolo. *Acta Scientiarum* 32(3): 227- 235. (2010)

<http://ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/4237/4237> (en Portugués)

Seasonal variations in wood: Perceived and real impacts on pulp yield. P.W. Hart. *Tappi Journal* (March): 04 – 08. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Wood_quality_variations.pdf (en Inglés)

The importance of wood density and chemistry on *Eucalyptus* clone selection. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.S. Magaton; C. Pedrazzi; M.M. Costa. 4th ICEP – International *Colloquium of Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 59 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/02_Colodette.et.all.pdf (en Inglés)

Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão. R.N. Rezende. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 189 pp. (2009)

http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/2774/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Secagem%20de%20toras%20de%20clones%20de%20Eucalyptus%20empregados%20na%20produ%c3%a7%c3%a3o%20de%20carv%c3%a3o.pdf (en Portugués)

Avaliação da madeira e da polpação kraft em clones de eucaliptos. A.F.G. Gouvêa; P.F. Trugilho; J.L. Colodette; J.T. Lima; J.R.M. Silva; J.L. Gomide. Revista *Árvore* 33(6): 1175 – 1185. (2009)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n6/a20v33n6.pdf> (en Portugués)

Recent developments in *E. globulus* kraft pulping. Chemistry & technology. H. Sixta; E. Rutkowska; P. Wollboldt; G. Schild; M. Leschinsky. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 54 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/04_Sixta.et.all.pdf (en Inglés)

Clonal selection for the cellulose industry. C. Balocchi. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação en PowerPoint: 47 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/09_Balocchi.pdf (en Inglés)

Effect of *Eucalyptus globulus* wood density on kraft pulp production and use. A. Santos; M.E. Amaral; A. Vaz; O. Anjos; R. Simões. Tappi Journal (Maio): 25 – 32. (2008)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2008_Eucalyptus_globulus_wood_density.pdf (en Inglés)

Melhoramento para produtividade e qualidade de celulose de fibra curta. T.F. Assis. Website Grau Celsius. 18 pp. (2008).

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2008.%20Estrat%20E9gias%20de%20Melhoramento%20FIBRA%20CURTA.doc> (en Portugués)

Evaluación de parámetros de calidad de *E. globulus* Y *E. maidenii* de plantaciones uruguayas para pulpa de celulosa. J. Doldán. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/icep03/18_Doldan.pdf (en Español)

***Eucalyptus* wood characteristics. Brazilian pulping industry.** J.L. Gomide. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. Presentación en PowerPoint: 36 slides. (2006)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2006%20-TAPPI%20Tutorial2.pdf> (en Inglés)

Comportamiento pulpable de *Eucalyptus nitens* normal y suprimido crecido en la X Región de Chile. A.H. Borgoño Acosta. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 51 pp. (2006)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifb734c/doc/fifb734c.pdf> (en Español)

Densidad básica de la madera de *Eucalyptus globulus* en dos sitios en Chile. A.I. Espina Lizana. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 50 pp. (2006)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fife.77d/doc/fife.77d.pdf> (en Español)

Caracterización física y química del *Eucalyptus nitens* con la altura.

S. Mariani A.; H. Poblete W.; M. Torres U.; A. Fernández R.; E. Morales M..
2nd International *Colloquium of Eucalyptus Pulp*. 07 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/silvana_mariani.pdf (en Español)

Identificación de especies de *Eucalyptus*. I. Quiñónez; V. Sepúlveda; F. Halabi. 2nd International *Colloquium of Eucalyptus Pulp*. 09 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/iver_quinonez.pdf (en Español)

Calidad de las maderas de clones de *Eucalyptus* de Brasil para la producción de celulosa kraft. J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; C.M. Silva. 2nd International *Colloquium of Eucalyptus Pulp*. 17 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/jose_livio_gomide.pdf (en Español)

Comportamiento del *Eucalyptus nitens* como especie pulpable – CMPC Celulosa Planta Santa Fe. J. Reyes. 2nd International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 17 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/jorge_reyes.pdf (en Español)

Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; C.M. Silva. Revista *Árvore* 29(1): 129 – 137. (2005)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24242.pdf> (en Portugués)

Variación de la composición química en albura, duramen y altura de la madera pulpable de *Eucalyptus globulus* proveniente de Monte Alto y Monte Bajo. G.L. Barahona Olmos. Trabalho de Titulação. Universidad de Chile. 87 pp. (2005)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105057/barahona_g.pdf?sequence=3&isAllowed=y (en Español)

Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose. O. Bison. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 182 pp. (2004)

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3870/1/TESE_Melhoramento%20de%20eucalipto%20visando%20%C3%A0%20obten%C3%A7%C3%A3o%20de%20clones%20para%20a%20ind%C3%BAstria%20de%20celulose.pdf (en Portugués)

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. Presentación en PowerPoint: 42 slides. (2004)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2004_Eucalyptus_wood_quality.pdf (en Inglés)

Importância relativa da densidade básica e da constituição química da 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)

http://www.tede.ufv.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1545 (en Portugués)

Determinación de peso específico y de algunas propiedades biométricas en *Eucalyptus globulus* (Labill) como materia prima pulpable. C.M. Saavedra Fuenzalida. Memoria de Titulación. Universidad de Chile. 98 pp. (2004)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105047/saavedra_c.pdf?sequence=3&isAllowed=y (en Español)

Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira. F.R. Stein. Monografia de Curso. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 36 pp. (2003)

<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Monografia%20-%20Estocagem%20de%20madeira.pdf> (en Portugués)

Influência do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* na produção e na qualidade da celulose kraft. C.A.B. Rosa. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 150 pp. (2003)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UFSM_TESE_Claudia.pdf (en Português)

Otimização do cozimento kraft para produção de celulose a partir de madeiras de *Eucalyptus globulus* com diferentes teores de lignina. G.V. Cardoso. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 147 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UFSM_TESE_Gabriel.pdf (en Português)

Efeito das características anatômicas e químicas na densidade básica da madeira e na qualidade da polpa de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. S.C.S. Queiroz. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 91 pp. (2002)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3216/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Português)

Variação das características dendrométricas, da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 111 pp. (1999)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Dorot%E9ia%20Flores.pdf> (en Portugués)

Potencialidades da seleção precoce de *Eucalyptus urophylla* em função da qualidade da madeira destinada à produção de celulose. F.G. Silva Jr.; E.P. Braga. 30º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 281-292. (1997)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/33_potencialidade%20selecao%20precoce%20eucalipto.pdf (en Portugués)

Seleção da árvore industrial (Procedimentos, riscos, custos e benefícios). S.M. Fonseca; R.C. Oliveira; P.N. Silveira. Revista Árvore 20(1): 69 – 85. (1995)

<https://books.google.com.br/books?id=RXWaAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> (en Portugués)

Industrial tree selection: Procedures, risks, costs and benefits. S.O. Machado; R.C. Oliveira; P.N. Silveira. CRC for Temperate Hardwood Forestry. IUFRO Conference, Hobart, Australia. 06 pp. (1995)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Industrial+tree.pdf (en Inglés)

Programa de qualidade da madeira da Votorantim Celulose e Papel - VCP. F.G. Silva Jr.; J.C.G. Muner; C.F. Valle. 28º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 515-529. (1995)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/38_programa%20qualidade%20madeira%20VCP.pdf
(en Portugués)

Características físicas, químicas y biométricas de distintas espécies de *Eucalyptus* y su aptitud pulpable. J. Paz. Actas del Simpósio de los *Eucalyptus* en el Desarrollo Forestal de Chile. 26 pp. (1993)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2004_Caracter%EDsticas%20f%EDsicas,%20qu%EDmicas%20y%20biometricas%20d.pdf (en Español)

Pulpaje kraft con trozas de *Eucalyptus globulus* Labill en diferentes diámetros. M. Torres U.; S. Rodríguez S.. Bosque 12(2): 65-68. (1991)
<http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v12n2/art07.pdf> (en Español)

Variación do rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith. V. Manfredi. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 103 pp. (1985)
http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf (en Portugués)

Métodos de determinação de qualidade de madeira. B.R. Vital. Boletim Técnico nº 01. SIF – Sociedade de Investigações Florestais. 23 pp. (1984)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1984_Metodos_determinacao_densidad e.pdf (en Portugués)

Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*.

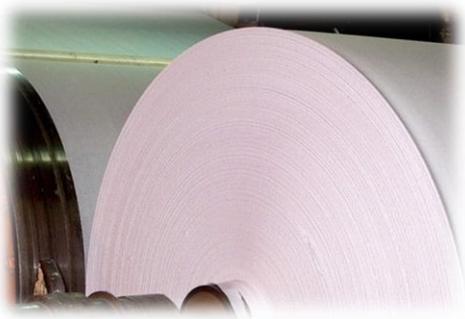
L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1984)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_Variabilidade_longitudinal_radial.pdf

Pulpas a partir de madeira de *Eucalyptus globulus*. J. Paz P.; E. Reitze

O. 09 pp. (Sem referência de fonte e data)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2022_Pulpas%20a%20partir%20de%20mader a%20de%20Eucalyptus%20globulus.pdf (en Español)



6. Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de la Madera de *Pinus***



Alocação de nutrientes ao longo do tronco em *Pinus taeda* L. aos 17 anos de idade. R. Witschoreck; M.V. Schumacher. *Ciência Florestal* 29(1): 50 – 62. (2019)

<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v29n1/1980-5098-cflo-29-01-50.pdf> (en Portugués)

Wood properties maps showing wood variability in mature longleaf pine: Does getting old changes juvenile tendencies? T.L. Eberhardt; C-L. So; D.J. Leduc. Wood and Fiber Science 51(2): 01 – 16. (2019)

<https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2825> (en Inglés)

Comparison of whole-treewood property maps for 13- and 22-year-old loblolly pine. L. Schimleck; F. Antony; C. Mora; J. Dahlen. Forests 9. 11 pp. (2018)

<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/287/pdf> (en Inglés)

Models for predicting specific gravity and ring width for loblolly pine from intensively managed plantations, and implications for wood utilization. J. Dahlen; D. Auty; T.L. Eberhardt. Forests 9. 20 pp. (2018)

<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/292/pdf> (en Inglés)

Desempenho de madeiras de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* frente ao processo de polpação kraft. E.C. Lengowski; F. Gmach; L.J. Arruda; E.A. Bonfatti Júnior; A.S. Andrade; U. Klock. Anais do II SEAFLOR – Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal. 05 pp. (2018)

<https://even3.blob.core.windows.net/anais/99972.pdf> (en Portugués)

Polpas kraft produzidas com madeiras de *Pinus patula* de diferentes classes de diâmetro. B.A. Vidrano; D.P. Almeida; J.L. Colodette; C. Pedrazzi; F.J.B. Gomes. 49º Congresso Técnico Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Polpas+Pinus+diferentes+diametros.pdf
(en Portugués)

Mapeamento densitométrico e caracterização da densidade básica de *Pinus taeda*: Estudo de caso Fazenda Guará no planalto catarinense. M.A. Figura; F.R. Milagres; R.A.P. Damásio; B.A. Magro; F.A. Biernaski; C.A.M. Negrette; M.C.G. Ladeira; S.M. Sommer; F.J.B. Gomes.

49º Congresso Técnico Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Mapeamento+densidade+Pinus.pdf (en Portugués)

Efecto del raleo sobre las propiedades anatómicas de la madera de *Pinus taeda*. R.A. Winck; H.E. Fassola; M.C. Área. Maderas Ciencia y Tecnología 17(2): 391 – 406. (2015)

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v17n2/aop3715.pdf> (en Español)

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; Flavia 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> (en Portugués)

Modelling variation in wood density within and among trees in stands of New Zealand-grown radiata pine. M.O. Kimberley; D.J. Cown; R.B. McKinley; J.R. Moore; L.J. Dowling. New Zealand Journal of Forestry Science: 45(22). 12 pp. (2015)

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2Fs40490-015-0053-8.pdf> (en Inglés)

O impacto da qualidade da madeira na fabricação de papel: Um estudo em madeiras de *Pinus* danificadas por animais. W. Ramos; J.L. Kovaleski; S. Gaia; A.A. Luz; E.P. Camargo. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 14 pp. (2014)

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_stp_196_112_25347.pdf (en Portugués)

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 Anual +

7º CIADICYP. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2012)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2012_Angulo_fibrilar_Pinus.pdf (en Español)

Madera de compresión en *Pinus radiata*. III: Propiedades de pulpas kraft. J.E. Diaz-Vaz; R. A. Ananias; L. Valenzuela; M. Torres; S. Rodríguez. Maderas Ciencia y Tecnología 14(3): 275 – 287. (2012)

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v14n3/aop0312.pdf> (en Español)

Evaluación de fibras celulósicas producidas en planta de celulosa Nueva Aldea. C.E. Cea Parra. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 156 pp. (2011)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5919/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

Polpação convencional e Lo-Solids para *Pinus taeda*. F. Gomes; F.G. Silva Jr. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2009_Polpacao_Pinus.pdf (en Portugués)

Estudo da madeira de *Pinus taeda* L. em diferentes cenários de variabilidade e seus reflexos nas propriedades da polpa e do papel sack kraft. A.G.S.O. Narciso; R.L. Simão. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Madeira_Pinus_taeda.pdf
(Presentación en PowerPoint: 34 slides - en Portugués)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Cenarios_Pinus.pdf (Texto: 15 pp. - en Portugués)

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 da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Impactos_sazonalidade.pdf

(Apresentação em PowerPoint: 28 slides - em Inglês)

[http://www.revistaopapel.org.br/noticia-](http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1359376284_0e15b705125c1942599f05817c838e8b_1815486897.pdf)

[anexos/1359376284_0e15b705125c1942599f05817c838e8b_1815486897.pdf](http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1359376284_0e15b705125c1942599f05817c838e8b_1815486897.pdf) (Texto:

11 pp. - em Português y Inglês)

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.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-18052009-151531/publico/Angel_Ferreira.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%A Dsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf
(en Portugués)

Compression wood in *Pinus radiata* II: Density and chemical composition. J.E. Diaz-Vaz; R.A. Ananías; S. Rodríguez; M. Torres; A. Fernández; H. Poblete. *Madera Ciencia y Tecnología* 11(2): 139 – 151. (2009)

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v11n2/art05.pdf> (en Inglés)

Estudio proteómico de la formación de madera en pino marítimo. M.A. Garcés Cea. Tese de Doutorado. Universidad de Talca. 184 pp. (2008)

<https://www6.bordeaux-aquitaine.inra.fr/biogeco/content/download/4296/44855/version/1/file/These-Garces.pdf> (en Español)

Anatomia da madeira do *Pinus*. E. Foelkel. PinusLetter nº 01. (2008)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_01.html#seis (en Portugués)

Polpação SuperBatch para *Pinus taeda*. F.S.R. Vasconcelos; F.G. Silva Jr. 40º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Presentación en Power Point: 25 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Polpacao+Superbatch+Pinus.pdf (en Portugués)

Some factors that impact pulp yields during kraft pulping & bleaching. B.N. Brogdon. Future Bridge Consulting. Presentación en PowerPoint: 13 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/283315839_Some_Factors_that_Impact_Pulp_Yields_During_Kraft_Pulping_and_Bleaching (en Inglés)

Variación de densidad básica en la madera de *Pinus taeda* L. A.M. Figueroa Vidal. Trabajo de Titulación. Universidad Austral de Chile. 47 pp. (2007)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fiff475v/doc/fiff475v.pdf> (en Español)

Influência da classe de produtividade sobre a qualidade da madeira e características da polpa celulósica e papel provenientes de plantios comerciais de *Pinus taeda* L. A.S. Andrade; U. Klock; J.C. Moreschi; G.I.B. Muniz; I.S.N. Fier. 39º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2006)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2006_Classes_produtividade.pdf (en Português)

Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: Influência da idade e classe de produtividade. A.S. Andrade. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 94 pp. (2006)

http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2006/d452_0623-M.pdf
(en Portugués)

Avaliação do processo SuperBatch de polpação de *Pinus taeda*. F.S.R. Vasconcelos. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 106 pp. (2005)

<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/vasconcelos,fsr.pdf> (en Portugués)

Pulpa kraft blanqueada a partir de *Pinus tecunumanii*. L.F. Torres; R. Melo; J.L. Colodette. Bosque 26(2): 115 - 122. (2005)

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v26n2/art14.pdf> (en Español)

Densidad básica de la madera de pino Oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. M.M. Davel; A. Jovanovski; D.M. Bell. Bosque 26(3): 55 - 62. (2005)

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v26n3/art06.pdf> (en Español)

Efecto del almacenamiento prolongado en la madera de *Pinus radiata* D. Don sobre el proceso kraft. J.A. Toledo Santibañez. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 56 pp. (2005)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fift649e/doc/fift649e.pdf> (en Español)

Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.S. Nisgoski. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 160 pp. (2005)

<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/2224> (en Portugués)

Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft. P.A. Rigatto; R.A. Dedeczek; J. L. M. Matos. R. Árvore 28(2): 267-273. (2004)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n2/20991.pdf> (en Portugués)

Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi*, H.E. Moore e *Pinus taeda* L. U. Klock; A.S. Andrade; E.

Bittencourt; E.Z. Mocelin; C. Crepaldi. Revista Floresta 34(1): 33 - 44. (2004)

<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/2373/1982> (en Portugués)

Parâmetros de otimização no processo de fabricação de celulose e papel. E. Bittencourt. Dissertação de Mestrado. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 73 pp. (2004)

http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2004/d392_0580-M.pdf
(en Portugués)

Variación del area de pared celular en *Pinus radiata* D. Don. A.M. Fernandez; L. Salvo. Maderas Ciencia y Tecnología 5(1): 80 – 87. (2003)

<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/1518/1464> (en Español)

Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul. M. Hasegawa. Dissertação de Mestrado. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 117 pp. (2003)

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/487/Disserta%3f%3fo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Portugués)

Propriedades do papel kraft feito a mão a partir da madeira de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. U. Klock; D.A. Silva; A.S. Andrade; E. Bittencourt; E.Z. Mocelin. 2º Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel. CIADICYP 2002. 11 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Papel_Handmade_Pinus.pdf (en Portugués)

Características dos traqueóides da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e de *Pinus taeda* L. U. Klock; G.I.B. Muñiz; S. Nisgoski; E. Bittencourt. 2º Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel. CIADICYP 2002. 17 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Traqueoides+Madeira+Juvenil.pdf (en Portugués)

Estratégia para aumento de rendimento na produção de polpa kraft de *Pinus* sp. - Polpação e deslignificação com oxigênio. C.R. Miranda; F.G. Silva Jr.; S. Menochelli. 34º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2001)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/27_estrategia%20aumento%20rendimento%20polpacao%20pinus.pdf (en Português)

Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore. U. Klock. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 324 pp. (2000)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UMBERTO%20KLOCK%20TESE%204%2008.pdf> (en Português)

Qualidade da madeira de *Pinus caribaea var hondurensis* para produção de celulose kraft. C.A. Sansigolo; R.M. Barreiros. 31º

Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1998_Pinus_caribaea_hondurensis.pdf (en Portugués)

Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus patula var. tecunumanii* visando à produção de celulose kraft e pasta mecânica. F.G. Silva Jr.; L.E.G. Barrichelo; V.R.S. Shimoyama; M.S.S. Wiecheteck. 26º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1993)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1993_Pinus_tecunumanii.pdf (en Portugués)

Utilização múltipla da madeira de *Pinus caribaea var. hondurensis* para produção de celulose kraft. F.G. Silva Júnior. Série Técnica IPEF 9(27): 56 – 62. (1993)

<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr27/cap05.pdf> (en Portugués)

Qualidade da madeira e celulose de quatro procedências de *Pinus caribaea var hondurensis*. M.L. Teixeira; A.R. Soares. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1989)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1989_Pinus_caribaea_pulps.pdf (en Português)

Avaliação de pastas ligno-celulósicas para fins absorventes com ênfase em pasta fofa (*fluff pulp*). M.C.S. Jordão; J.M. Neves. 21º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1988)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1988_Polpa_fofa.pdf (en Português)

A adubação mineral e seus efeitos sobre os anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea var. bahamensis*. J.O. Brito; E.S.B. Ferraz; L.E.G. Barrichelo; H.T.Z. Couto. IPEF 32: 05 – 17. (1986)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr32/cap01.pdf> (en Português)

Wood of *Pinus radiata* in Spain: Characteristics and utilization in kraft pulp mills. J.V. López. 18º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1985)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1985_Pinus_radiata_Spain.pdf (en Inglés)

Análise da madeira de compressão em *Pinus oocarpa* e *Pinus strobus* var. *chiapensis*. Composição química. M. Tomazello Filho; L.E.G. Barrichelo; J.C. Costa. IPEF 31: 69 – 73. (1985)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr31/cap08.pdf> (en Português)

Influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm var *elliottii*. J.C.D. Pereira; L.E.G. Barrichelo; H.T.Z. Couto; I.P. Jankowski; J.L. Timoni. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Ritmo_crescimento_Pinus_densidade_madeira.pdf
(en Portugués)

Influência de desbaste na qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. para produção de celulose kraft. T.S. Muner; L.E.G. Barrichelo. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Qualidade_madeira_desbaste_Pinus.pdf (en Portugués)

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* – Principais características da madeira sob o ponto de vista tecnológico.** L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 85. 10 pp. (1980)

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr085.pdf> (en Portugués)

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* - Principais interações entre as características da madeira e os rendimentos e qualidade da celulose.**

L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 86. 09 pp. (1980)

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr086.pdf> (en Português)

A madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como matéria-prima para a produção de celulose. L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 87. 05 pp. (1980)

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr087.pdf> (en Português)

Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito. IPEF 18: 81 – 102. (1979)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr18/cap04.pdf> (en 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)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estudo%20das%20caracteristicas.pdf>
(en Portugués)

A madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como matéria-prima para produção. L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito; H.T.Z. Couto. 11º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1978_Pinus_caribaea.pdf (en Portugués)

Wood density of radiata pine: Its variation and manipulation. D.J. Cown. New Zealand Forest Service Reprint 478. 13 pp. (1974)

https://www.researchgate.net/publication/257410309_Wood_density_of_radiata_pine_its_variations_and_manipulation (en Inglés)

Gravedad específica y mejoramiento genético de la madera de pino insigne. R. Alfaro; H. Moreno. INFOR Chile. Instituto Forestal. Série Investigación nº 9. 20 pp. (1974)

<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/6706/14401.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

O uso do *Pinus elliottii* brasileiro para a fabricação de celulose e papel. B.V.P. Redko; J.P.M. Guimarães. 2ª Convenção Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1969)

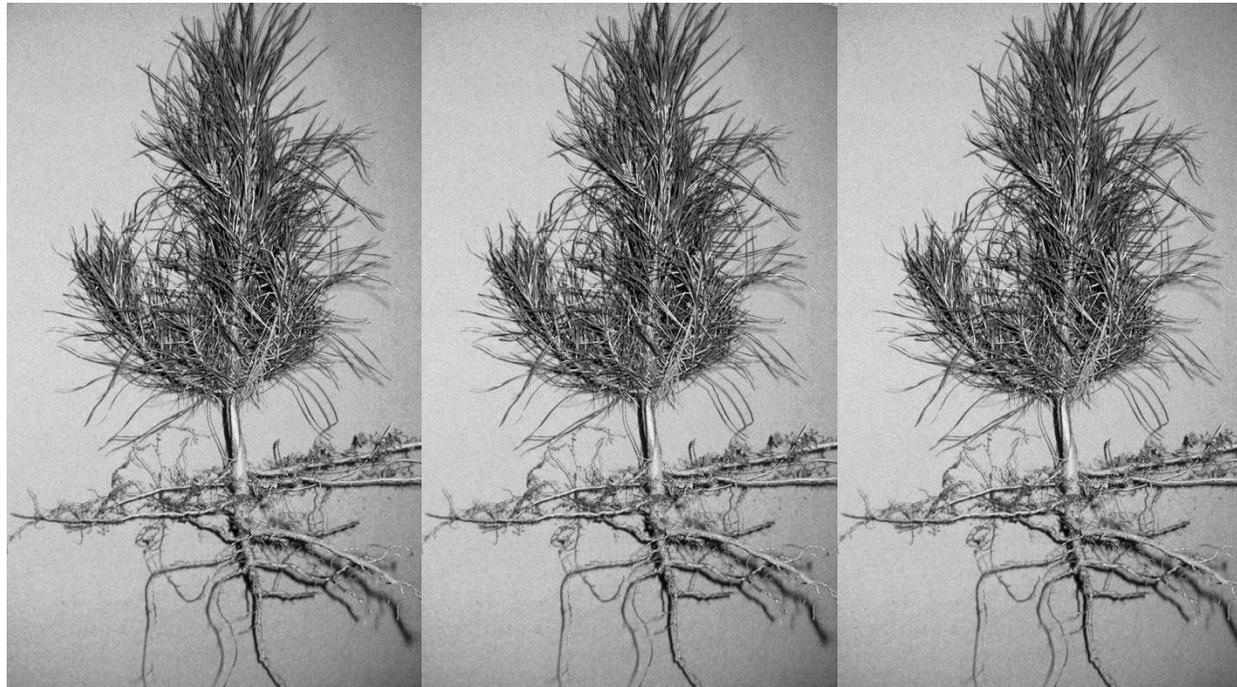
http://celso-foelkel.com.br/artigos/outros/25_Pinus%20elliottii_Beatriz.pdf
(en Portugués)

Resultados preliminares de celulose e papel com *Pinus* alienígenas do Brasil. C. Zvinakevicius; C.A.L. Aguiar; S.L. Polak. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (s/d)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/pinus%20alienigenas%20no%20brasil02.pdf> (en Portugués)

Correlação entre o teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. J.O. Brito; L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 30. 04 pp. (s/d)

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr030.pdf> (en Portugués)



7. Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de la **Calidad de Astillas de Madera**



Aumento da produção e eficiência operacional na área de preparo de cavacos, através de novas ferramentas de controle da picagem. S.B. Santiago; T.E.S. Segura; F.B. Mattiazzo; L.R. Pimenta; M.J. Steyer. O Papel 80(5): 92 – 97. (2019)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Qualidade+cavacos_Control+Operacional.pdf (en Portugués)

The impact of log moisture content on chip size distribution when processing *Eucalyptus* pulpwood. J-P van der Merwe; P. Ackerman; R. Pulkki; D. Längin. Croatian Journal of Forest Engineering 37(2): 297 – 307. (2016)

<https://hrcak.srce.hr/file/256591> (en Inglés)

Importance of the hardwood chips quality for pulp production. A. Geffert; J. Geffertová. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen 58(2): 73 – 80. (2016)

https://df.tuzvo.sk/sites/default/files/08-02-16_1_0.pdf (en Inglés)

Impact of wood chip leaching pretreatment on wood chemical composition. R.B. Santos; J.L. Gomide; P.W. Hart. Tappi Journal 14(1): 09 – 14. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2015_Wood_chips_leaching.pdf (en Inglés)

Impacto da qualidade dos cavacos gerados na Fibria unidade Aracruz no processo de polpação kraft. C.R. Soprano. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Impacto_Qualidade+Cavacos_Texto.pdf
(versão Texto: 08 pp. – en Português)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Impacto_Qualidade+Cavacos_PPT.pdf
(versão Presentación en PowerPoint: 11 slides – en Português)

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1469413374_7ca815cad8d419314639cca58f5140c4_115155996.pdf (Revista O Papel, 2016 – 06 pp. – en Português)

Influência da idade e do diâmetro da madeira na qualidade dos cavacos. R.C. Giacomini. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Diametro+Toras_Qualidade+Cavacos_T.pdf
(versão Texto: 10 pp. – em Português)

e

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Diametro+Toras_Qualidade+Cavacos_A.pdf
(versão Apresentação em PowerPoint: 33 slides – em Português)

Influência da dimensão e qualidade dos cavacos na polpação. S.K.C.A. Camargo; T.J. Silva; D.M. Costa. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria 19(3): 813 – 820. (2015)

<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/18558/pdf> (em Português)

A short supply chain to guarantee wood-chip quality. R. Deboli; M. Ruggeri; A. Calvo. Applied Mathematical Sciences 8(132): 6589 – 6598. (2014)

<http://www.m-hikari.com/ams/ams-2014/ams-129-132-2014/deboliAMS129-132-2014.pdf> (en Inglés)

Efecto del sobre espesor de las astillas de *Pinus radiata* en el proceso de cocción kraft. P.A.M. Neira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 88 pp. (2012)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5929/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

Dimensões de cavacos industriais de eucalipto e relações com polpação, resistência e morfologia de fibras na polpa. J.P. Grande. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 87 pp. (2012)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99756/grande_jp_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y (en Portugués)

Control de dimensiones del astillado en la industria de celulosa.

R.A.R. Santos. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2011)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5917/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Español)

Influência da geometria do cavaco na polpação kraft. G. Coelho; R.L.

Farias; C.A. Gomes; R.G. Marques. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Geometria_cavaco.pdf (en Português)

On the wood chipping process – A study on basic mechanisms in order to optimize chip properties for pulping. L. Hellström. Tese de

Doutorado. Mid Sweden University. 46 pp. (2010)

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:343868/FULLTEXT01.pdf> (en Inglés)

Efeito da lixiviação ácida de cavacos de eucalipto no processo kraft.

E. Moreira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 127 pp. (2006)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3107/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Portugués)

Estudo da lixiviação ácida para remoção de metais antes do cozimento kraft e seus efeitos no processo.

E. Moreira; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; A.J. Regazzi; V.M. Sacon. 39º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Presentación en PowerPoint: 36 slides. (2006)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/05_2006_Lixiviacao%20cavacos.pdf (en Portugués)

Chip geometry. Methods to impact the geometry of market chips.

A. Bjurulf. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. 43 pp. (2006)

https://pub.epsilon.slu.se/1251/1/Chip_geometry.pdf (en Inglés)

Wood chip physical quality definition and measurement. F. Ding; M. Benaoudia; P. Bédard; R. Lanouette; C. Lejeune; P. Gagné. Pulp and Paper Canada 106(2): 27 – 32. (2005)

<https://pdfs.semanticscholar.org/55e1/c1e75a20cf745ce867e45c62ef2e8d20b850.pdf>
(en Inglés)

Influência de comprimentos de cavacos de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* na densidade aparente e qualidade de fibras para obtenção de polpa celulósica. R.T. Medeiros; L.E.G. Barrichelo; F.G. Silva Jr.; A.A. Castro Neto. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Presentación en PowerPoint: 35 slides. (2003)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/21_comprimento%20cavacos%20e%20qualidade%20madeira%20e%20fibras_PPT.pdf (en Portugués)

Natural dirt in wood chips. TAPPI Classical Method T 265 cm-99. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Standard Methods. 08 pp. (1999)

<https://www.ebookonlinesale.com/tappi-t265-cm-99> (en Inglés)

Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões dos cavacos. T.R. Wehr; L.E.G. Barrichelo. O Papel (Maio): 33 - 41. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_Tim_Wehr.pdf (en Portugués)

e

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Cozimento_madeira_Eucalyptus_grandis_diferente_densidades.pdf (en Portugués)

ABSTRACT: Obtención de pulpa kraft de desechos y astillas comerciales de eucalipto. S. Rodríguez; M. Torres. Ciencia e Investigación Forestal 5(2): 203 – 215. (1991)

<https://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/80414?show=full> (en Español)

Cavacos de boa qualidade O resultado de uma adequada técnica de picagem a peneiramento. J.V. Don. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1989_Cavacos_boa_qualidade.pdf (en Portugués)

Optimization of radiata pine chip geometry for the kraft cooking process. F. Steffens; A.C. Rodriguez. 21º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1988)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1988_Chip_geometry.pdf (en Inglés)

Influencia de la astilla - sobre espesor en el pulpaje kraft. R. Gonzales Murilo. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Cavacos_madeira_Pinus_polpacao_kraft.pdf (en Español)

Influencia de los finos del astillado en las propiedades de la pulpa. R. Sanjuán Dueñas; R. Ortega Garcia; R. Fuentes C. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1983)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Finos_cavacos.pdf (en Español)

Efeito da estocagem de cavacos de *Pinus elliottii* sobre a polpação kraft e aproveitamento de subprodutos. A.F. Lima; J.C. Gerytch; M.C.S. Jordão; M.L.O. D’Almeida; R. Coraiola. 13º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1980_Efeito_estocagem_madeira_Pinus.pdf (en Português)

Influência da morfologia dos cavacos de madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida na qualidade da celulose kraft. L.C. Couto. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 137 pp. (1979)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Luiz%20Carlos%20Couto.pdf> (en Portugués)



8.Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Fundamentos de Pulpaje Kraft**

Análise de distúrbios de compactação de cavacos de eucalipto em um digestor continuo Compact Cooking G2. M.E.D. Blonski; G.F. Moura; C.G.L. Araújo; C.V.C. Santos. O Papel 9(12): 87 – 92. (2018)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Compactacao+Cavacos+Digestor.pdf

(en Portugués)

Os fatores de sucesso para a alta qualidade da celulose. Veracel Celulose. Presentación en PowerPoint: 20 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Fatores+Sucesso+Qualidade+Celulose.pdf (en Portugués)

Química da madeira e dos processos de cozimento e de branqueamento. V. Lucas. Curso intensivo “Processo de Produção de Pasta”. TECNICELPA-Portugal. 100 pp. (2017)

https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf (en Portugués)

The limits of delignification in kraft cooking. E. Brännvall. BioResources 12(1): 2081 – 2107. (2017)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_12_1_Brannvall_Review_Limits_Delignification_Kraft_Cooking/5090 (en Inglés)

Métodos estatísticos e redes neurais aplicados a modelos preditivos em digestor contínuo de celulose kraft de eucalipto. F.M. Corrêa. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 183 pp. (2016)

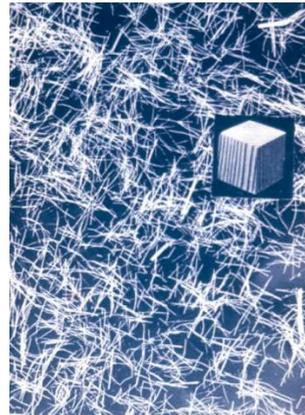
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/305509/1/Correia_FlavioMarcelo_D.pdf (en Portugués)

Hardwood kraft pulping kinetics. D. Almeida; H. Jameel; P. Hart; R. Santos. 7th ICEP - International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. 09 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/18_Diego+Almeida1.pdf (en Inglés)

New developments in pulping technology. M.A. Andrade; O. Pikka. 7th ICEP - International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. Presentación en PowerPoint: 61 slides. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.1.Olavi+Pikka.SLIDES.pdf> (en Inglés)



Para las literaturas anteriores al año 2013, sugiero la búsqueda de grandes cantidades de textos sobre los Fundamentos de Pulpaje Kraft y a los que se hace referencia y se ponen a disposición para ser accedidos en una de mis publicaciones con la siguiente dirección de web:

http://eucalyptus.com.br/eucalptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

También hay algunas referencias más que estamos utilizando para apoyar nuestras clases:

Análise de distúrbios de compactação de cavacos de eucalipto em digestores contínuos fase vapor. F.M. Correia. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 146 pp. (2010)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_DissertacaoFlavioCorreia.pdf (en Portugués)

Avaliação dos processos kraft convencional e Lo-Solids™ para madeira de *Pinus taeda*. F.A. Gomes. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 99 pp. (2009)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-23062009-083702/publico/Fabiana_Gomes.pdf (en Portugués)

The top ten factors in kraft pulp yield. M. MacLeod. Paperi ja Puu – Paper and Timber 89(4). 07 pp. (2007)

http://kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Top_Ten.pdf (en Inglés)

Conceitos e tecnologias de cozimentos batch e contínuos. F.G. Silva Jr. Seminário sobre Tecnologias de Cozimento. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Presentación en PowerPoint: 51 slides. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_tecnologias%20cozimentos%20batch%20e%20contínuos.pdf (en Portugués)

Comportamento dos constituintes químicos da madeira de eucalipto na polpação Lo-Solids™. L.R. Pimenta; J.L. Gomide; J.L. Colodette; N.H. Shin. 3rd ICEP - International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. 14 pp. (2007)

<http://www.eucalyptus.com.br/icep03/170Pimenta.text.pdf> (en Inglés)

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. 3rd ICEP – International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. 14 pp. (2003)

http://www.eucalyptus.com.br/icep01/alfredo_mokfienski.pdf (en Portugués)

Aspectos fundamentais da polpação kraft de madeira de *Eucalyptus*. J.L. Gomide; H. Fantuzzi Neto. *O Papel* (Março): 62 - 67. (2000)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Dissolu%E7%E3o%20constituintes%20madeira%20eucalipto%20cozimento%20kraf.pdf> (en Portugués)

Produção de celulose kraft de *Eucalyptus* utilizando processos batch de deslignificação convencional e seletiva. J.L. Gomide; H. Fantuzzi Neto. O Papel (Abril): 90 – 96. (2000)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2016%20-%20Produ%E7%E3o%20de%20celulose%20kraft%20de%20eucalyptus.2000.pdf> (em Português)

Monitoramento da remoção dos constituintes da madeira de *Eucalyptus* e consumo de reagentes em processo kraft contínuo modificado. J.M. Almeida; J.L. Gomide. 32º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1999)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Remo%E7%E3o%20constituintes%20madeira%20eucalypto%20processo%20kraft.pdf> (em Português)

Estudos de maximização de rendimento e monitoramento da degradação dos constituintes da madeira de *Eucalyptus* em processo

kraft contínuo. J.M. Almeida. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 156 pp. (1999)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Dissolucao_constituintes_madeira_processo_kraft.pdf (en Portugués)

Polpação kraft convencional e modificada de *Eucalyptus*. Características tecnológicas e dissolução dos carboidratos e lignina. H. Fantuzzi Neto; J.L. Gomide; J.L. Colodette. Congresso "Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 59 - 68. (1998).

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1998_Polpas_Kraft_convencional_modificada.pdf (en Portugués)

Estudos sobre a deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, pelo processo kraft, para produção de celulose. C.A. Busnardo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 216 pp. (1981)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Carlos%20Busnardo.pdf> (en Portugués)



9. Una selección de literaturas publicadas por ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca de Impregnación de Astillas y Fundamentos de Pulpaje Kraft

Effects of extended cooking times in the production of *Eucalyptus* pulps. M.A. Osses; J.L. Gomide. Celulosa y Papel (Marzo): 13 – 15. (2012)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Extended_Cooking.pdf (en Inglés)

Modelación, simulación y control de un digestor continuo de pulpa. D. Melo; E. Canales. Celulosa y Papel 25(5): 02 – 8. (2010)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_25.5_Simulacion+Digestor.pdf (en Español)

Revalorización de los nudos de rechazo provenientes de plantas de celulosa. M. Pereira; R. Melo; R. Gajardo. Celulosa y Papel 20(3): 16 - 20. (2004)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_Revalorizaci%F3n%20de%20los%20nudos%20de%20rechazo%20provenientes%20de%20pl.pdf (en Español)

Efecto del tiempo de cocción en el proceso de producción de pulpa de *Eucalyptus*. M. Osses M.; K. Sanhueza M.. X Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. Presentación en PowerPoint: 35 slides. (2003)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Efecto+Tiempo+Coccion.pdf (en Español)

Estudio técnico-económico de uso de rechazo de clasificación de pulpa cruda. S. Vera; J. Paz; M. Osses; K. Sanhueza. 09 pp. (2001)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2018_Estudio%20t%20E9cnico-econ%F3mico%20de%20uso%20de%20rechazo%20de%20cl.pdf (en Español)

New ways of chemical pulping. A. Tuomi. IX Technical Seminar of Cellulose and Paper. 09 pp. (2001)

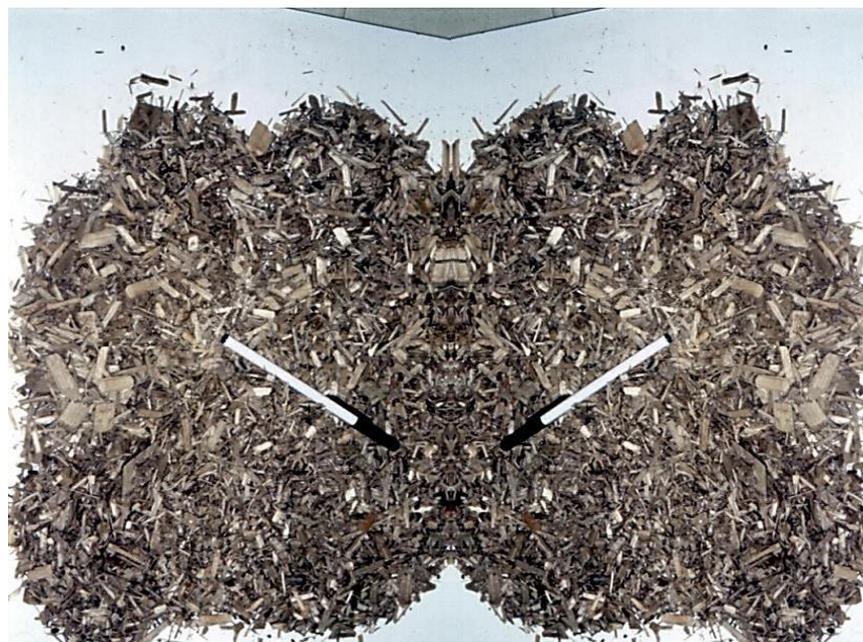
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Chemical_pulping_Tuomi.pdf (en Inglés)

Experiencia industrial: Implementación Proceso Lo-Solids™ en CMPC Celulosa Santa Fé. F. Valdebenito. Celulosa y Papel 16(4): 10 – 14. (2000)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_16.4_Low+Solids+Santa+Fe.pdf (en Español)

Proceso discontinuo de pulpaje kraft con preimpregnación de astillas. C. Cristoffanini; R. Melo. Celulosa y Papel 3(5): 18 - 22. (1987)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/15_Processo%20discontinuo%20de%20pulpaje%20kraft%20con%20preimpregnaci%F3n.pdf (en Español)

Cinética das reações da etapa da deslignificação principal do processo de polpação sulfato de eucalipto. S. Bugajer; R.M. Assumpção Viegas. Celulosa y Papel 2(2): 22 – 26. (1986)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1986_2.2_Cinetica+Kraft.pdf (en Portugués)



10. Algunas referencias de literaturas publicadas en medios electrónicos y teniendo como autor o coautor el Profesor Celso Foelkel acerca de Impregnación de Astillas y Fundamentos de Pulpaje Kraft

A madeira do eucalipto para produção de celulose: Entendendo a construção do indicador de consumo específico de madeira para produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 46. 106 pp. (2017)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT46_Consumo+Especifico+Madeira+Celulose.pdf (en Portugués)

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)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf (en Portugués)

Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 24. 122 pp. (2011)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf (en Portugués)

Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 16. 107 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf (en Portugués)

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)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf (en Portugués)

Resíduos sólidos industriais da produção de celulose kraft de eucalipto. Parte 01: Resíduos orgânicos fibrosos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 05. 78 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf (en Portugués)

Utilização do licor verde como estágio inicial no cozimento alcalino kraft. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; C.A. Braga. III Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (1983)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Uso%20licor%20verde.pdf>
(en Portugués)

Deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida pelo processo kraft. I. Alterações na composição da madeira/polpa. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; A.J. Regazzi. XV

Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1982)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Tese%20Busnardo%20parte%201.pdf> (em Português)

Deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida pelo processo kraft. II. Variações na composição física e química do licor residual. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; A.J. Regazzi. XV Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 28 pp. (1982)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Tese%20busnardo%20parte%202.pdf> (em Português)

Utilização dos rejeitos do cozimento kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros Sobrinho; A.F. Milanez. O Papel (Setembro): 59 – 64. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Rejeitos_Cozimento.pdf (en Portugués)

Impregnação dos cavacos de *Eucalyptus urophylla* pelo licor alcalino kraft durante o cozimento. I. Penetração. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel. 12º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20Impregna%E7%E3o%20cavacos.%20Penetra%E7%E3o.pdf> (en Portugués)



11. Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Impregnación de Astillas y Individualización de Fibras en Pulpaje Kraft**

Wood permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. R.N. Rezende; J.T. Lima; L.E.R. Paula; P.R.G. Hein; J.R.M. Silva. *Flor@m - Floresta e Ambiente* 25(1). 07 pp. (2018)

<http://www.scielo.br/pdf/floram/v25n1/2179-8087-floram-25-1-e20150228.pdf> (en Inglés)

Impregnation in krat pulping. Explanatory mechanism and useful predictions. M. Zanuttini. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 92 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.5.Pulping_Zanuttini.pdf (en Inglés)

Enhancing *Eucalyptus* kraft pulp yield and bleachability. G.B. Souza; C.B. Souza; M. Zanão; D.P. Almeida; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 41 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.1.Pulping_Colodette.pdf (en Inglés)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 75 pp. (2016)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8691/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (en Portugués)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 49^o Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_IMPREGNACAO+PROLONGADA.pdf (en Portugués)

Influence of chip presteaming conditions on kraft pulp composition and properties. M. Bäckström; A. Jensen; E. Brännvall. *Holzforschung* 70(5): 393 – 399. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/282149801_Influence_of_chip_presteamin_g_conditions_on_kraft_pulp_composition_and_properties (en Inglés)

Efeito da anatomia no fluxo da água em madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia*. T.C. Monteiro. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 131 pp. (2014)

<http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3442/1/DOUTORADO%20Efeito%20da%20anatomia%20no%20fluxo%20da%20%C3%A1gua%20em%20madeira%20de%20Eucalyptus%20e%20Corymbia.pdf> (en Portugués)

Further insights into extended-impregnation kraft cooking of birch.

H. Wedin; J. Fiskari; K. Kovasin; M. Ragnar; M.E. Lindström. Nordic Pulp and Paper Research Journal 27(5): 890 – 899. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/236216142_Further_insights_into_extended-impregnation_kraft_cooking_of_birch (en Inglés)

Extended impregnation in the kraft cook - An approach to improve the overall yield in eucalypt kraft pulping. H. Wedin; M.E. Lindström; M. Ragnar; H. Kommun. Nordic Pulp and Paper Research Journal 25(1): 07 – 14. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/287774264_Extended_impregnation_in_the_kraft_cook_-_An_approach_to_improve_the_overall_yield_in_eucalypt_kraft_pulping (en Inglés)

Extended impregnation in kraft cooking of softwood: Effects on reject, yield, pulping uniformity, and physical properties. K. Karlström. Tese de Doutorado. Royal Institute of Technology (KTH). 50 pp. (2009)

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:280057/FULLTEXT01.pdf> (en Inglés)

Dynamics of impregnation in *Eucalyptus* kraft pulping. M.C. Inalbon; J.I. Bernal; M.A. Citroni; M.A. Zanuttini. 4th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Presentación en PowerPoint: 76 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/18_Inalbon.et.all.pdf (en Inglés)



Para las literaturas anteriores al año 2009, sugiero la búsqueda de un gran número de textos sobre los procesos de impregnación de astillas y individualización de las fibras celulósicas por el proceso kraft y que se hace referencia y se ponen a disposición para ser accedido en dos de mis publicaciones con las siguientes direcciones de web:

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf

&

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf

También hay algunas referencias más que estamos utilizando para apoyar nuestras clases:

Diffusion of chemicals into green wood. A. Jacobson. Dissertação de Mestrado. Georgia Institute of Technology. 132 pp. (2006)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/10516/jacobson_aaron_200605_phd.pdf (en Inglés)

Alkali impregnation of hardwood chips. M. Zanuttini; M. Citroni; V. Marzocchi; C. Inalbon. Tappi Journal 4(2): 28 - 30. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/290076169_Alkali_impregnation_of_hardwood_chips (en Inglés)

Impregnação de madeiras de eucalipto e pinho em processos de polpação alcalina. Efeitos da pré-vaporização e da impregnação pressurizada. M.C. Inalbon; M. Zanuttini; V. Marzocchi; M. Citroni; C. Pieck. O Papel 66(4): 77 – 82. (2005)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20cavacos%20eucalipto%20e%20pinus%20abtcp%20o%20papel%20com%20e.pdf> (en Português)

Impregnabilidad de la madera de *Eucalyptus nitens*. V.N. Salas Langer. Trabajo de Titulación. Universidad Austral de Chile. 66 pp. (2005)

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fifs161i/doc/fifs161i.pdf> (en Español)

Estudos sobre a impregnação kraft de cavacos de *Eucalyptus spp.* M.M. Costa; J.L. Gomide; M. Zanuttini; E. Souza; M. Brum Neto. 37º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2004)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20paper%20marcelo%20costa%200abtcp2004.pdf> (en Portugués)

Estudos sobre a impregnação de cavacos de *Eucalyptus spp.* 37º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Presentación en PowerPoint: 45 slides. (2004)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20cavacos%20euca%20by%20Marcelo%20Costa%20PPT.pdf> (en Portugués)

Modeling the process of water penetration into softwood chips. S.Y. Malkov; V.A. Kuzmin; V.P. Baltakhinov; P. Tikka. Journal of Pulp and Paper Science (April). 16 pp. (2003)

<http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article7.pdf> (en Inglés)

Towards complete impregnation of wood chips with aqueous solutions. Part 5: Improving uniformity of kraft displacement batch pulping. S. Malkov; P. Tikka; R. Gustafson; M. Nuopponen; T. Vuorinen. Paperi ja Puu - Paper and Timber 85(4): 215 - 220. (2002)

<http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article5.pdf> (en Inglés)

Implementação de uma eficiente etapa de impregnação na polpação kraft de eucalipto. F.J. Silva; P.S.G. Maciel; M.R. Silva; M.A.L. Peixoto.

35º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Etapa_Impregnar_Cavacos.pdf (en Portugués)

Towards complete impregnation of wood chips with aqueous solutions. Part 1: A retrospective and critical evaluation of the penetration process. S. Malkov; P. Tikka; J. Gullichsen. Paperi ja Puu – Paper and Timber. 14 pp. (2002)

<http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article1.pdf> (en Inglés)

Efficiency of chip presteaming. Result of heating and air escape processes. Nordic Pulp and Paper Research Journal 4. 13 pp. (2002)

<http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article6.pdf> (en Inglés)

Efeito da quantidade de extrativos e da acessibilidade do licor na polpação kraft de clones de *Eucalyptus*. J.M. Almeida; D.J. Silva. 34º

Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2001)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Extrativos+Impregnacao.pdf (en Portugués)

Measurement of delignification diversity within kraft pulping processes. B.S. Boyer. Tese de Doutorado. IPST – Institute of Paper Science and Technology. 232 pp. (1998)

<https://pdfs.semanticscholar.org/dd49/7c73cf99e05a90a5fd851f14a6625a987874.pdf> (en Inglés)

Improved penetration of pulping reagents into wood. J.L. Minor; E.L. Springer. Paperi ja Puu – Paper and Timber 75(4): 241 – 246. (1993)

<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1993/minor93b.pdf> (en Inglés)

12. Una selección de referencias de otros autores publicadas y puestas a disposición en la literatura sobre medios electrónicos acerca de **Calidad de Celulosas obtenidas por Mezclas de Astillas de Maderas de Diferentes Especies y/o Clones ("Mix de Madera")**

Impact of qualitative management of feeding wood mix on process and pulp quality. P.N. Pignaton; F. Costa Neto. 7º ICEP – International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.3.Patricia+Pignaton.SLIDES.pdf>

(Apresentação de slides: 14 slides – em Português)

e

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.3.Patricia+Pignaton.MANUSCRIPT.pdf>

(Texto: 07 páginas – em Português)

Eldorado Brasil Celulose: The first two operation years. L.R. Pimenta; T.E.S. Segura; F.B. Mattiazzo. 7º ICEP – International *Colloquium on Eucalyptus Pulp*. 10 pp. (2015)

<http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.2.Tiago+Segura.MANUSCRITO.pdf>

(Texto: 10 páginas – em Português)

Características técnicas das madeiras de eucalipto e *Pinus* para papéis higiênico e toalha: Uma revisão bibliográfica. E. Campos. ABTCP *Tissue* - 1º Simpósio e Exposição Latino-Americano de *Tissue*. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Fibras_eucalipto_pinus_para_tissue.pdf (em Português)

A influência da mistura de cavacos de *Pinus* e de *Eucalyptus* na produção de pasta termomecânica. R.F. Barboza. Monografia de Conclusão de Curso. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 75 pp. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_37.html#quatorze (Citado por E. Foelkel)

Qualidades da folha de polpa kraft em diferentes proporções de *Pinus taeda* L. e de *Eucalyptus dunnii* M. E. J. Cit. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 65 pp. (2007)

<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/1884/13945/1/FOLHA%20DE%20POLPA%20KRAFT%20DE%20EUCALYPTUS%20E%20PINUS.pdf> (en Portugués)

Mixtures of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and *Pinus taeda* woodchips for production of kraft pulping using the Lo-Solids process. A.G.M.C. Bassa; F.G. Silva Jr.; V.M. Sacon; E. Patelli. TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference. 50 pp. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_mixtures%20euca%20and%20pine.pdf (en Inglés)

Advantages and disadvantages of the Lo-Solids[®] kraft pulp production process based on *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and loblolly pine wood chip mixtures. A.G.M.C. Bassa; F.G. Silva Jr.; A. Bassa; V. Sacon. TAPPSA – Technical Association of the Pulp and Paper Industry of South Africa. Presentación en PowerPoint: 39 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Pinus+Eucalyptus+Blends.pdf (en Inglés)

Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do processo Lo-Solids®. A.G.M.C. Bassa. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 170 pp. (2006)

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-08032007-162226/publico/AnaBassa.pdf> (en Portugués)

Utilização de misturas de cavacos industriais com resíduos de serraria provenientes de madeiras de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades para produção de pasta kraft. A. Maron; J.M. Neves. *Ciência Florestal* 14(1): 205 – 221. (2004)

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/download/1794/1060> (en Portugués)

Mix de madeiras: A busca do melhor desempenho global. I.M.B. Gomes; A.M. Pereira; P. Yodoval. 31º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_mix%20madeira%20isabel.pdf
(en Portugués)

Misturas de polpas brasileiras com o eucalipto. V. Sacon; S. Menochelli; E. Ratnieks. 27º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1994_Misturas_polpas_1.pdf
(en Portugués)

Propriedades papeleiras de misturas de polpas: Fibras de eucalipto, aparas destintadas e fibras longas. E. Ratnieks; E. Mora; M.A.L. Martins. 27º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1994_Misturas_polpas_2.pdf (en Português)

Influência dos cavacos de *Eucalyptus dunnii* sobre o processo de produção de celulose kraft de *Eucalyptus grandis*. F.G. Silva Jr. O Papel (Junho): 19 - 21. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/39_influencia%20cavacos%20E.dunnii.pdf (en Português)

Estudo de polpação química da mistura de *Gmelina arborea* Roxb e *Pinus caribaea* variedade *hondurensis*. A.A. Correa; F.J.L. Frazão. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 32 pp. (1989)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1989_Polpas_Gmelina_Pinus.pdf (en Português)

The effect of wood chips blending degree on kraft pulp quality. F. Martinez; C.H. Hani; P.R. Peralta. 18º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_Effect+Wood+Chips+Blends.pdf (en Inglés)

Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. R.C. Oliveira. Dissertação de Mestrado. Orientação: C.E.B. Foelkel. UFV – Universidade Federal e Viçosa. 197 pp. (1979)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Rubens%20Chaves%20Oliveira.pdf> (en Português)

