

## ANÁLISE QUALITATIVA DA POLPA CELULÓSICA KRAFT PARA PRODUÇÃO DE PAPEL

Gabriella da Silva França<sup>1\*</sup>; Polliana D'Angelo Rios<sup>2</sup>; Máisa Beatriz Kock Mattos<sup>3</sup>; Gustavo Kenji Saito Matsuda<sup>4</sup>; Luana Müller de Souza<sup>5</sup> Helena Cristina Vieira<sup>6</sup>.

<sup>1234</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages/SC.

<sup>6</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR.

\* e-mail do autor correspondente: [engflorestalgabriella@gmail.com](mailto:engflorestalgabriella@gmail.com)

**Resumo:** Com o aumento progressivo da capacidade produtiva da indústria de celulose e papel e o crescimento da necessidade dessa matéria-prima no mercado interno e externo, passou-se a exigir cada vez mais qualidade e homogeneidade na fabricação do produto. Atualmente leva-se em consideração não somente as propriedades físico-químicas e mecânicas da madeira, mas também o processo de polpação e delignificação. Diante da importância em certificar a qualidade desta matéria-prima, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da polpa celulósica produzida a partir da madeira de *Pinus* spp utilizada para produção de papel. A polpa celulósica comercial de *Pinus* spp apresentou características qualitativas consideradas satisfatórias e dentro dos parâmetros para produção de papel. O tipo de utilização, como embalagem, papel para escrita entre outros, vão depender de análises complementares a este trabalho e que considerem as características físicas, mecânicas e ópticas do papel produzido a partir da polpa *kraft*.

**Palavras-Chave:** qualidade de polpa celulósica; polpa *kraft*; papel *kraft*.

### QUALITATIVE ANALYSIS OF KRAFT CELLULOSE PULP FOR PAPER PRODUCTION

**Abstract:** With the progressive increase in the production capacity of the pulp and paper industry and the growing need for this raw material in the domestic and foreign markets, more and more quality and homogeneity in the manufacture of the product began to be demanded. Currently, not only the physicochemical and mechanical properties of wood are taken into account, but also the pulping and delignification process. Given the importance of certifying the quality of this raw material, the objective of this work was to evaluate the quality of the cellulosic pulp produced from the wood of *Pinus* spp used for paper production. The commercial pulp of *Pinus* spp presented qualitative characteristics considered satisfactory and within the parameters for paper production. The type of use, such as packaging, writing paper, absorbent papers, among others, will depend on complementary analyzes to this work and that consider the physical, mechanical and optical characteristics of the paper produced from kraft pulp.

**Keywords:** pulp quality; kraft pulp; kraft paper.

### 1. INTRODUÇÃO

Quando se refere à qualidade da polpa celulósica, alguns fatores são importantes para garantir que o produto final terá as características desejadas, seja para a produção de papel, fraldas descartáveis, enchimento de comprimidos, emulsionantes, estabilizantes de alimentos industrializados, entre outros produtos nos quais utilizam-se a polpa de celulose. Dentre esses fatores estão as características da matéria prima, a madeira, e as condições em que são realizados os processos de polpação [1].

Com o aumento progressivo da capacidade produtiva da indústria de celulose e papel e o

crescimento da necessidade dessa matéria-prima no mercado interno e externo, passou-se a exigir cada vez mais qualidade e homogeneidade na fabricação do produto. Atualmente leva-se em consideração não somente as propriedades físico-químicas e mecânicas da madeira, mas também o processo de polpação e deslignificação [2].

Assim, um dos processos mais utilizados para a fabricação da polpa celulósica é o processo *kraft*, desenvolvido em 1879 pelo químico alemão Carl F. Dahl [4] e patentado em 1884 [5]. O processo *kraft* tem por objetivo dissolver a lamela média por meio da remoção da lignina, que por sua vez, ocasiona a individualização das fibras da madeira. Para isso, a madeira reduzida em cavacos é colocada em um digestor que passa pelo processo de pressurização com um licor de cozimento ( $\text{Na}_2\text{S}$  e  $\text{NaOH}$ ). É possível adaptar esse processo a diferentes tipos de materiais lignocelulósicos, produzindo polpa de alta qualidade e de alta branqueabilidade, com alta eficiência de recuperação de reagentes químicos e geração de energia [5]. Segundo [6], 90% de toda polpa de celulósica produzida no mundo é obtida por meio do processo *kraft*, destacando sua importância no mercado mundial.

Desta forma, para avaliar a qualidade da polpa celulósica que dará origem ao papel, utilizam-se as fibras como parâmetro nos cálculos de índices que auxiliam nessa avaliação. O primeiro deles é o Índice de Runkel, que relaciona a espessura da parede e o diâmetro do lúmen da fibra. É um indicativo da flexibilidade das fibras e demonstra a sua capacidade de união, relacionando a resistência à tração com o arrebentamento [1;8]. O próximo indicativo de qualidade da polpa é o Coeficiente de Flexibilidade, que relaciona o diâmetro do lúmen e a largura da fibra, o que influencia na resistência à tração e estouro do papel. Por fim, de acordo com [7] outros dois parâmetros importantes são o Índice de Rigidez (relação entre espessura da parede e largura da fibra) e o Índice de enfiamento (relação entre o comprimento e a largura da fibra), que são variáveis relacionadas à resistência ao rasgo uma vez que as fibras formam fitas e apresentam maior número de ligações.

Diante da importância em certificar a qualidade desta matéria-prima, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da polpa celulósica produzida a partir da madeira de *Pinus* spp utilizada para produção de papel.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A polpa celulósica utilizada é proveniente da madeira de *Pinus* spp, com número Kappa variando entre 55,9 a 56, alvura de 23,10%, índice de rasgo 13,58mN. m<sup>2</sup>/g, carga alcalina de 723, fator H de 1030, com álcali aplicado de 18,0 e álcali efetivo de 109,7. A polpa foi dissociada em água destilada para a individualização dos traqueoides, sendo analisadas sete amostras em

quaduplicata, totalizando 28 amostras que foram confeccionadas em lâminas semipermanentes.

Para a obtenção das imagens e mensuração dos traqueoides foi utilizado o Microscópio Leica DM500. A partir das medições das dimensões das fibras (d)= diâmetro do lúmen, (D)= largura da fibra, (C)= comprimento da fibra, (e)= espessura da parede, foram calculados índices indicativos da qualidade da polpa celulósica, descritos a seguir:



- a) Índice de Runkel (IR) =  $(2 \times EP) / DL$
- b) Coef. De Rigidez (FP) =  $((2 \times EP) / L) \times 100$
- c) Coef. de flexibilidade (CF) =  $(DL / L) \times 100$
- d) Índice de enfeitramento (IE) =  $(C / (L \times 1000))$

Em que:

EP: Espessura da parede das fibras ( $\mu\text{m}$ );

DL: Diâmetro do lume das fibras ( $\mu\text{m}$ );

L: Largura das fibras ( $\mu\text{m}$ );

C: Comprimento das fibras (mm).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as medições realizadas, observa-se na Tabela 1 os valores mínimos, máximos e a média, respectivamente, relativos à mensuração dos traqueoides: comprimento e largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede.

Tabela 1: Valores máximo, mínimo e média dos traqueoides da polpa Kraft

Mensurações dos Traqueoides	Mínimo	Máximo	Média	Coef. Variação
Comprimento do Traqueoide ( $\mu\text{m}$ )	1207,97	3985,04	2684,02	24,67%
Largura da Traqueoide ( $\mu\text{m}$ )	13,92	70,73	38,48	27,53%
Diâmetro do Lúmen ( $\mu\text{m}$ )	5,08	58,83	21,31	43,81%
Espessura da Parede ( $\mu\text{m}$ )	0,64	53,66	17,16	44,41%

A partir dos valores obtidos, caracterizou-se a qualidade da polpa celulósica utilizando-se a correlação entre suas dimensões através dos Índices de Runkel e de Enfeltramento, e dos Coeficientes de Rigidez e Flexibilidade. O valor para o índice de Runkel foi classificado conforme os parâmetros estabelecidos por Runkel (1952) e descritos na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Referências do Índice de Runkel e valor médio para *Pinus* spp

Grupos	Intervalos	Índice Runkel	Valor Médio <i>Pinus</i> spp
Grupo I	Até 0,25	Excelente para papel	1,00 (69,45) <sub>cv</sub>
Grupo II	De 0,25 – 0,50	Muito boa para papel	
Grupo III	De 0,50 – 1,00	Boa para papel	
Grupo IV	De 1,00 – 2,00	Regular para papel	
Grupo V	Acima de 2,00	Não deve ser usada para papel	

O valor médio do Índice de Runkel para a polpa de *Pinus* spp. foi de 1,00, o que a enquadra no grupo III, classificando os traqueoides como bons para a fabricação de papel. De acordo com [10], quanto menor o índice de Runkel, maior será o grau de colapso dos traqueoides, aumentando a superfície de contato, que por consequência proporciona um maior número de ligações entre eles, resultando em um papel com maior resistência ao estouro e à tração.

Com base no intervalo do Coeficiente de Rigidez pode-se considerar o tipo de parede celular e o grau de rigidez das fibras, conforme a Tabela 3:

Tabela 3: Referências do Coeficiente de Rigidez e valor médio para *Pinus* spp

Intervalo	Tipo de Parede Celular	Rigidez	Valor Médio <i>Pinus</i> spp
Maior de 0,70	Muito espessa	Muito alta	0,45 (34,06) cv
De 0,70 a 0,50	Espessa	Alta	
De 0,50 a 0,35	Média	Média	
De 0,35 a 0,20	Delgada	Baixa	
Menor que 0,20	Muito Delgada	Muito Baixa	

O Coeficiente de Rigidez indicou que os traqueoides apresentam parede celular com espessura média e grau de também considerado médio, tendo o índice em torno de 0,45. De acordo com [11], em um estudo realizado para avaliar madeiras nativas destinadas à produção de energia e papel, verifica-se a presença de paredes celulares finas, que apresentam valores de coeficiente de

rigidez alto e índice de Runkel baixo, destacando a importância avaliação desses índices.

Por meio do intervalo do Coeficiente de Flexibilidade pode-se considerar o tipo de parede celular juntamente com a propriedade que a fibra apresenta, podemos observar essa classificação na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Referências do Coeficiente de Flexibilidade e valor médio para *Pinus spp*

<b>Intervalo</b>	<b>Tipo de Parede Celular</b>	<b>Valor Médio <i>Pinus spp</i></b>
Menor que 0,30	Muito espessa	55% (28,10) <sub>CV</sub>
De 0,30 – 0,50	Espessa	
De 0,50 – 0,65	Média	
De 0,65 – 0,80	Delgada	
Maior que 0,80	Muito Delgada	

O valor médio do Coeficiente de Flexibilidade foi de 55%, e deste modo, a parede celular analisada classifica-se como média, podendo-se concluir que os traqueoides foram parcialmente colapsados, com seção transversal elíptica. Resultados de coeficiente de flexibilidade entre 50 a 75% caracterizam os traqueoides como flexíveis, com boa superfície de contato e boa união traqueoide-traqueoide. Quanto maior o valor do coeficiente de flexibilidade, mais fácil será a ligação entre os traqueoides, conferindo assim maior resistência ao papel. No caso de valores baixos para este coeficiente, tem-se a redução na resistência do papel devido à baixa superfície de contato entre os traqueoides [8].

Por fim, através dos parâmetros obtidos no intervalo do Coeficiente de Flexibilidade pode-se considerar o tipo de parede celular juntamente com a propriedade que a fibra apresenta, pode-se observar essa classificação na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5: Referências do Índice de Enfeltramento e valor médio para *Pinus spp*

<b>% Enfeltramento</b>	<b>Tipo de Parede Celular</b>	<b>Valor Médio <i>Pinus spp</i></b>
Menor que 50%	Características não-desejáveis para produção de papel	80,88% (45,25) <sub>CV</sub>
Maior que 50%	Características desejáveis para produção de papel	

O Índice de Enfeltramento tem relação direta com a resistência ao rasgo e arrebentamento ao estouro. Quando o índice apresenta valores acima de 50%, indica boas características para o papel [1]. O IE para as polpas celulósicas deste estudo apresentou valor de 80,88%, sendo, portanto, indicadas para a confecção de papel.

#### 4. CONCLUSÕES

A polpa celulósica comercial de *Pinus spp* apresentou características qualitativas consideradas satisfatórias e dentro dos parâmetros para produção de papel. O tipo de utilização, como embalagem, papel para escrita, papéis absorventes, entre outros, vão depender de análises complementares a este trabalho e que considerem as características físicas, mecânicas e ópticas do

papel produzido a partir da polpa kraft.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BALDI, F. Il processo di produzione delle paste chimiche e il loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, 8, Verona: Scuola Grafica Cartaria, 41p. 2001.
- [2] SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELLO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* sp. In: Congresso Anual da ABTCP, 24., São Paulo. p. 23-36. 1991.
- [3] SANSÍGOLO, C. A. Seleção de árvores matrizes para a produção de polpa Kraft-AQ. 2000. 157 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- [4] HU, J.; ZHANG, Q.; LEE, D-J. Kraft lignin biorefinery: A proposal. *Bioresource Technology*, New York, v. 247, p.1181-1183, 2018.
- [5] SMOOK, G. Handbook For Pulp and Paper Technologists. Atlanta: TAPPI Press, 4ed., 425p. 2016.
- [6] OLIVEIRA, R. C. P.; MATEUS, M.; SANTOS, D. M. F. Chronoamperometric and chronopotentiometric investigation of Kraft black liquor. *Intern. Journal of Hydrogen Energy*. 2018.
- [7] DINWOODIE, J.M. The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature. *Tappi Journal*, v.48, n.8, p.440- 447, 1965.
- [8] FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. *O Papel*, São Paulo, v.36, n.9, p.49- 53, 1975.
- [9] KLOCK, U., ANDRADE, A.S., HERNANDEZ, J. A. Polpa e Papel - Propriedades do Papel AT105. 3ª Edição Revisada. Série Didática. Curitiba, p. 118, 2013.
- [10] VASCONCELOS, F. S. R. Avaliação do processo SuperBatch™ de polpação de *Pinus taeda*. 106 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – ESALQ, Piracicaba, SP. 2005.
- [11] PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. Estrutura anatômica de madeiras indígenas para produção de energia e papel. *Separata de Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.24, n.12, p.146, 1989.