

Aspectos gerais sobre a indústria brasileira de polpa celulósica e papel

General aspects about the brazilian industry of cellulose pulp and paper

DOI:10.34117/bjdv8n6-220

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Ana Flávia Santos de Jesus

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: aflaviasj@gmail.com

Záira Moraes dos Santos Hurtado de Mendoza

Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: zairamoraes09@gmail.com

Maísa Pavani dos Santos Elias

Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: maisapavani@gmail.com

Daniela Magali dos Santos

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: danielamagalidosantos279@gmail.com

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Doutor em Máquinas Agrícolas pela Universidade de Rostock, Alemanha

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: pedrohmborges14@gmail.com

Pedro Hurtado de Mendoza Moraes

Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá – MT

E-mail: pedromoraes08@hotmail.com

RESUMO

O Brasil é referência mundial na produção de polpa celulósica, ocupando atualmente o segundo lugar na escala global. Para abastecer suas fábricas, o setor utiliza árvores

plantadas das espécies de pinus e eucalipto. Dentro dessas empresas, devido ao tamanho menor de suas fibras, o eucalipto recebe o nome de madeira de fibra curta (MFC) e o pinus, por ter fibras maiores (traqueoides axiais), recebe a denominação de madeira de fibra longa (MFL). No caso do eucalipto, o Brasil é o pioneiro no cultivo desta espécie para fins de polpa celulósica, tornando-se também destaque na exportação de celulose de fibra curta. Os principais destinos da polpa brasileira são para a China (43%) e Estados Unidos (16%). Entre os destinos internacionais das vendas de papel brasileiro, a maior consumidora é a América do Sul (49%), sendo a Argentina a principal compradora (17%). Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi analisar, utilizando-se de referencial bibliográfico, os aspectos gerais inerentes ao processo de produção de polpa celulósica e papel, tendo como foco principal a matéria-prima vegetal que abastece o setor. Ao final foi constatado que o setor brasileiro de polpa e papel é altamente dependente da madeira de eucalipto, e que características silviculturais aliadas às características tecnológicas tais como as propriedades anatômicas, químicas e físicas são os pilares para o sucesso dessa espécie dentro deste segmento. Também foi verificado que o processo Kraft é o mais utilizado para a produção de fibras de madeira para fins de polpa e papel, sendo predominante tanto em território nacional como em todo o mundo.

Palavras-chave: eucalipto, pinus, reflorestamento.

ABSTRACT

Brazil is a world reference in the production of cellulosic pulp, currently occupying the second place in the global scale. To supply its factories, the sector uses planted trees of pine and eucalyptus species. Within these companies, due to the smaller size of its fibers, eucalyptus is called short-fiber wood (MFC) and pines, due to its larger fibers (axial tracheid's), is called long-fiber wood (MFL). In the case of eucalyptus, Brazil is a pioneer in the cultivation of this species for the purpose of cellulose pulp, also becoming a highlight in the export of short fiber cellulose. The main destinations for Brazilian pulp are to China (43%) and the United States (16%). Among the international destinations for Brazilian paper sales, the largest consumer is South America (49%), with Argentina being the main buyer (17%). In view of the above, the objective of this study was to analyze, using a bibliographic reference, the general aspects inherent to the pulp and paper production process, having as main focus the vegetable raw material that supplies the sector. In the end, it was found that the Brazilian pulp and paper sector is highly dependent on Eucalyptus wood, and that forestry characteristics combined with technological characteristics such as anatomical, chemical and physical properties are the pillars for the success of this species within this segment. It was also verified that the Kraft process is the most used for the production of wood fibers for pulp and paper purposes, being predominant both in the national territory and in the whole world.

Keywords: eucalyptus, pine, reforestation.

1 INTRODUÇÃO

As matérias-primas para produção de pasta celulósica apresentam características que diferem entre si como tipo de florestas, se nativa ou plantada, idade e nos aspectos químicos, físicos e anatômicos da madeira (GOMIDE et al, 2010).

Com o aumento significativo da produção de papel e polpa celulósica, é constante a busca por uma melhor eficiência no que diz respeito a empreendimentos florestais e processos industriais adotados, pois estes devem apoiar-se em informações seguras e precisas relacionadas ao produto final e assim manter-se competitivos no mercado (CAMPOS e FOELKEL, 2016). Conforme Andrade (2006), cada vez mais, as empresas produtoras de polpa celulósica e papel se preocupam em tomar decisões no sentido de tirar o máximo proveito da matéria-prima disponível e de otimizar seus processos produtivos.

Segundo dados levantados pela Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, (2020), o Brasil possui mais de 9 milhões de hectares plantados de Eucalipto, Pinus e demais espécies que são utilizados na fabricação de produtos florestais sendo as indústrias de polpa e papel as maiores consumidoras desses maciços florestais. Dentro dessas empresas, devido ao tamanho menor de suas fibras, o Eucalipto recebe o nome de madeira de fibra curta (MFC) e o Pinus, por ter fibras maiores (traqueoides axiais), recebe a denominação de madeira de fibra longa (MFL). No caso do Eucalipto, o Brasil é pioneiro no cultivo desta espécie para fins de polpa celulósica, tornando-se também destaque na exportação de celulose de fibra curta (DEPEC, 2019). Nacionalmente o gênero *Eucalyptus* é o mais plantado, devido à sua resiliência, alta capacidade de produção, rápido crescimento, boa capacidade de adaptação a diferentes regiões, potencial econômico e uso diversificado da madeira.

No mercado mundial de produção de polpa celulósica, o Brasil ocupa o segundo lugar, com 21 milhões de toneladas fabricadas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (50,9 milhões de toneladas). A qualidade e origem ambientalmente correta do produto mantiveram o segmento nacional como um dos mais desejados do mundo. De toda a produção, 75% foi destinada para exportação, totalizando 15,6 milhões de toneladas. O mercado doméstico foi responsável pelo consumo de 5,3 milhões de toneladas (IBÁ, 2021).

Os principais destinos da polpa brasileira são China (43%) e Estados Unidos (16%). Já para as vendas internacionais de papel brasileiro, o destaque ficou para a América do Sul (49%), sendo a Argentina o principal consumidor (17%).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi analisar os aspectos gerais inerentes ao processo de produção de polpa celulósica e papel, tendo como foco principal a matéria-prima vegetal que abastece o setor.

2 METODOLOGIA

A pesquisa teve como proposta fazer um levantamento bibliográfico sobre o setor de produção de polpa celulósica, abordando de forma clara e objetiva o perfil do setor, as características tecnológicas das madeiras de florestas plantadas, que atendem ao segmento papelero, e por fim, mostrar os principais processos de polpação empregados.

Os dados para a estruturação do estudo foram obtidos em livros, teses, dissertações, artigos científicos e relatórios técnicos. A pesquisa foi realizada de outubro de 2021 a janeiro de 2022, nos sites *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e Biblioteca Digital da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP), e Biblioteca digital da UFMT, utilizando-se como palavras-chave polpa celulósica, papel, Eucalipto e Pinus. Ao final foram selecionados 25 artigos científicos, 10 teses, 12 dissertações e 4 livros que trataram sobre o assunto pesquisado.

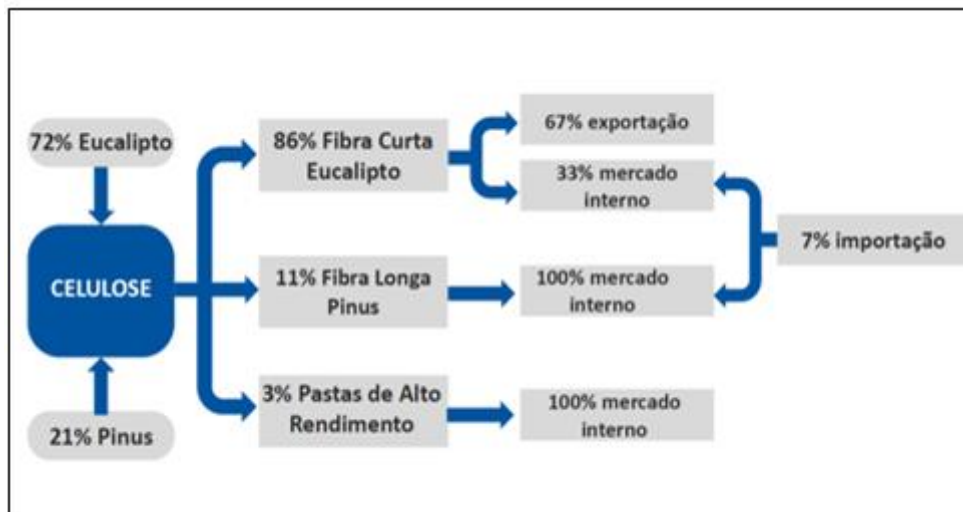
3 CONTEXTUALIZAÇÃO E ANÁLISE

3.1 MATÉRIA-PRIMA LENHOSA PARA O SETOR DE POLPA E PAPEL

A polpa celulósica brasileira é referência mundial e para o ano de 2020 as fábricas produziram 21 milhões de toneladas, colocando o país no segundo lugar da escala global de produção deste insumo. O setor aumentou seu ritmo de produção no ano de 2020, em relação a 2019, impulsionado em parte, pelo pandemia causada pelo COVID-19, o qual demandou um alto consumo de itens essenciais, como lenços e papel higiênicos, embalagens de papel e EPIs de saúde tais como máscaras, aventais hospitalares e toucas (IBÁ, 2021).

O Brasil é um país com vocação florestal, possuindo atualmente 9,6 milhões de hectares plantados com florestas, sendo em torno de 7,3 milhões de Eucalipto, 1,8 milhões de Pinus e 0,3 milhões de outras espécies (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2021). De acordo com Gomes (2021), nacionalmente 100% da produção de polpa e papel emprega matéria-prima de áreas de reflorestamento, principalmente de Eucalipto (72%) e Pinus (21%), o restante advém de outras fontes, incluindo os reciclados e a polpa de alto rendimento (Figura 1).

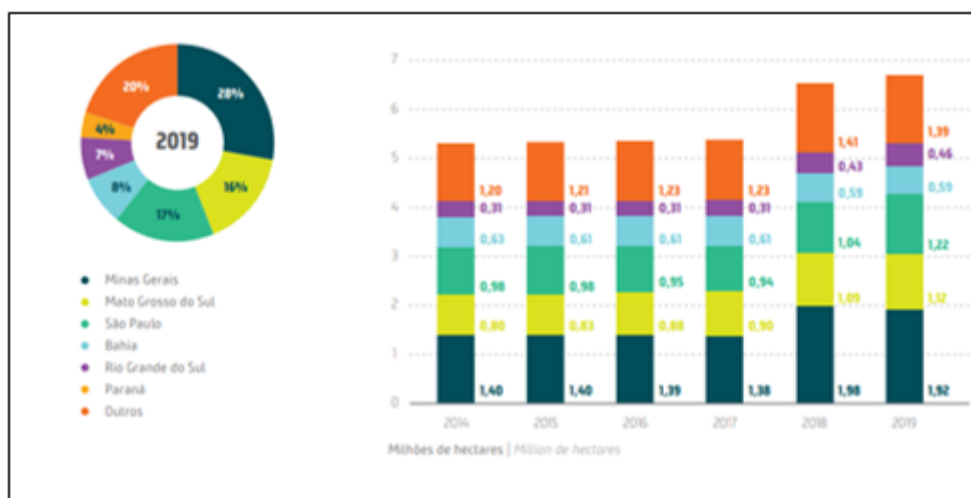
Figura 1. Setor nacional de polpa celulósica.



Fonte: Gomes (2021).

Segundo os relatórios técnicos da IBÁ (2020) os plantios de Eucalipto estão majoritariamente nos Estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%). Nos últimos sete anos, o crescimento médio da área de Eucalipto foi de 1,1% ao ano, com Mato Grosso do Sul liderando esta expansão, que sozinho apresentou uma taxa média de crescimento de 7,4% ao ano. Por outro lado, os plantios de Pinus concentram-se no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%), seguidos de Rio Grande do Sul (12%) e São Paulo (8%). Nos últimos sete anos, a área plantada com esse gênero manteve-se praticamente estável, concentrando-se cada vez mais dentro destes quatro Estados, devido em parte, às exigências de clima ameno a frio para o desenvolvimento desta espécie (Figuras 2 e 3).

Figura 2. Distribuição dos plantios de eucalipto no Brasil



Fonte: IBÁ (2020)

Figura 3. Distribuição dos plantios de pinus no Brasil.



Fonte: IBÁ (2020)

3.2 QUALIDADE DA MADEIRA PARA O SETOR DE POLPA E PAPEL

A qualidade da madeira é uma variável expressa através da combinação entre as características físicas, químicas, anatômicas e estruturais da árvore, que garantem características propícias para os seus diferentes usos. Na produção de celulose, as características físicas, químicas e anatômicas constituem-se em um índice de qualidade, extremamente importantes para a produção da polpa e de seu rendimento (ANTUNES, 2009).

A qualidade da madeira pode ser analisada sob vários aspectos, existindo, igualmente, vários parâmetros para caracterizá-la, sendo a densidade básica um parâmetro físico importante (TRUGILHO e LIMA, 2005). Conforme Silva (2005) a densidade básica é definida como a relação entre o peso absolutamente seco de madeira e o seu volume saturado, sendo a mesma de fundamental importância para o processo de polpação, tendo em vista os aspectos relacionados ao consumo específico de madeira, ao processo de polpação e às características da polpa celulósica.

Magalhães (2020) relata que para a indústria de celulose uma avaliação adequada da densidade básica, fornece indicações precisas sobre a impregnação dos cavacos e rendimento do processo de cozimento. Além disso, esta propriedade se associa às características de qualidade e de resistências físico-mecânicas da polpa.

Para Gomide et al (2010), a densidade básica da madeira é, provavelmente, a característica de qualidade utilizada com mais frequência nos programas de seleção de clones para melhoramento florestal, o que é justificável pela sua alta correlação com o consumo específico (m^3 de madeira por tonelada de celulose).

A composição química da madeira é descrita, de modo resumido, como sendo formada por celulose, hemiceluloses (polioses), lignina, extrativos e minerais. Esses compostos afetam os parâmetros de qualidade para os diferentes usos das madeiras e seus derivados (GOMES, 2002). Almeida e Silva (2001), destacam que o teor de holocelulose está relacionado com o rendimento positivo do processo de polpação, e as hemiceluloses facilitam o refino da polpa celulósica, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento das propriedades de resistência físico-mecânica da polpa. Já a lignina, extrativos e minerais afetam de forma negativa o rendimento da polpa.

Em se tratando de coníferas e folhosas, as madeiras apresentam composição química variável. Geralmente, o teor de celulose não varia muito e, para essas duas classificações, fica em torno de 45%. Contudo, as hemiceluloses e a lignina não são uniformes, tanto em quantidade como em composição. Via de regra, as coníferas tem maior teor de lignina do que as folhosas (ROWELL, 2013). Por causa disso, Rodrigues et al. (2009) apontam que madeiras de Pinus (conífera) necessitam de condições mais drásticas de cozimento, quando utilizadas para produção de polpa.

Nisgoski (2012) ressalta que para a indicação de madeiras para fins papeleiros, diferentes fatores devem ser avaliados, como matéria prima, processo de obtenção da celulose e propriedades desejadas no papel, as quais são influenciadas pelas características morfológicas das fibras (comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume) e a maneira como ocorre o seu entrelaçamento, sendo utilizadas relações entre as dimensões como o índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de enfeltramento.

O índice de Runkel é a relação entre a espessura da parede e o diâmetro do lume da fibra, sendo citado na literatura como indicativo da flexibilidade das fibras, fornecendo informações sobre a sua capacidade de união, o qual está relacionado com a resistência à tração e ao arrebitamento do papel (SETTE Jr et al, 2012).

Coefficiente de flexibilidade é a relação entre diâmetro do lume e largura da fibra, e influencia a resistência à tração e estouro do papel. A fração parede é a relação entre espessura da parede e a largura da fibra. Já o índice de enfeltramento corresponde à relação entre o comprimento e a largura da fibra. Estes dois últimos índices estão relacionados com a resistência ao rasgo e dobras, uma vez que as fibras formam filas curtas ou longas, podendo apresentar maior ou menor número de ligações internas (MENDOZA et al 2021).

No Brasil, basicamente, os ensaios de qualidade da madeira executados para o setor de polpa celulósica são a densidade, o teor de lignina Klason, insolúvel e solúvel, e o teor de extrativos solúveis em uma mistura álcool/tolueno ou, mais recentemente em acetona. Além disso, é recomendável fazer também uma análise dos caracteres morfométricos das fibras. De forma geral, esses ensaios poderiam ser considerados como uma caracterização preliminar que irá oferecer um mínimo de critérios tecnológicos para a escolha da espécie, em termos de qualidade da madeira, para fins de polpação (GOMIDE et al, 2010).

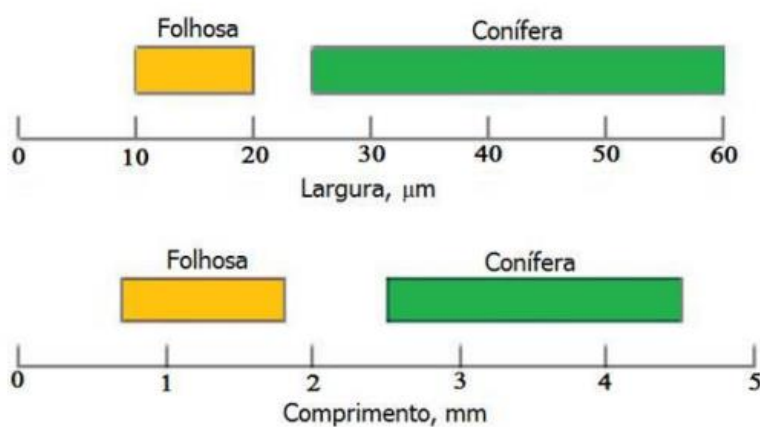
Em se tratando de Eucalipto, as fábricas priorizam o uso da madeira com densidade básica variando entre 0,40 – 0,55 g/cm³. Essa escolha se justifica porque madeiras com densidade menor que 0,40 g/cm³ demonstram um baixo rendimento, consumo elevado de reagentes, e maior quantidade de rejeitos. Por outro lado, madeiras com densidades superiores a 0,55 g/cm³ resultam em alta resistência à picagem, e uma demanda maior no monitoramento das facas utilizadas. Além disso, densidades acima dessa faixa, possuem dificuldade para a impregnação do licor, devido ao tamanho dos cavacos, (maiores diâmetros), e conseqüentemente haverá uma menor produção de polpa e menor rendimento fabril (CAMPOS e FOELKEL, 2016).

Os compostos químicos presentes na madeira influenciam na polpação, na quantidade de reagentes químicos utilizados no digestor, no rendimento depurado e no teor de sólidos gerados. A análise e quantificação desses compostos se faz necessária para obtenção de um produto de qualidade (GOMIDE, 2010). Para o Eucalipto a composição química, na maioria das vezes, aumenta com o amadurecimento da planta, que de acordo com o tipo de clone, irá estabilizar em uma determinada idade (GOMES, 2002).

As indústrias de polpa celulósica nacionais adotam a idade de corte para o Eucalipto variando de 5 a 8 anos, com no máximo 3 ciclos. Magaton et al (2008), estudando Eucaliptos clonais com sete anos obteve para a composição química estrutural a variação média de 43,8% - 54,4% para a celulose, de 10,2% - 14,1% para as xilanas e de 25,32 a 27,65% para a lignina. Zanuncio et al (2013), trabalhando com Eucalipto de 4,5 anos de idade, proveniente de desbastes, relataram que o teor de carboidratos variou entre 36,7 e 42,3% para glicanas e de 12,0 a 14,0% para xilana, enquanto mananas, galactanas e arabinanas tiveram proporções pouco significativas. Por outro lado, o teor de lignina insolúvel em ácido variou de 27,5 a 30,2% e o da solúvel de 2,8 a 3,1%, enquanto os teores de extrativos variaram de 2,1 a 2,5 %.

No caso dos Pinus (conífera), as características silviculturais e tecnológicas da espécie são bem diferentes em relação ao Eucalipto (folhosa). De acordo com Bortoletto Júnior (1999), a maioria dos Pinus tem densidade básica na faixa que varia de 0,350 g/cm³ a 0,550 g/cm³, já os traqueoides variam de 2,5 a 5 mm de comprimento, o que favorece o uso da espécie para o setor de polpa e papel. Na Figura 4 apresenta-se, de forma comparativa, as diferenças entre os principais parâmetros morfométricos das fibras de uma folhosa (em μm) e os traqueoides axiais de uma conífera (em mm).

Figura 4. Esquema comparativo mostrando a diferença entre o comprimento e largura das fibras (folhosa) e traqueoides axiais (conífera).



Fonte: Campos (2009)

Vivian et al (2020), ao trabalharem com *Pinus glabra* para produção de polpa celulósica verificaram que a densidade básica média para a espécie foi de 0,421 g/cm³. Por outro lado, as médias encontradas para os parâmetros de comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular dos traqueídeos foram, respectivamente, de 3,14 mm, 27,18 μm, 15,39 μm e 5,89 μm. Os índices de qualidade referentes à fração parede, coeficiente de flexibilidade, índice de Runkel e índice de enfiamento, apresentaram médias em torno de 44,72%, 55,28%, 0,90 e 120,72, respectivamente. Neste mesmo estudo, os teores médios para a composição química foram extrativos 1,91%, cinzas 0,25%, lignina 29,93% e holocelulose 67,91%. Sjöstrom (1993), esclarece que de forma geral os teores médios da composição química das madeiras de folhosas e coníferas são respectivamente: Celulose: 43-47% e 40-43%; Hemiceluloses: 25-35% e 25-29%; Lignina: 13-31% e 19-33%; Extrativos: 1-5% e 2-8%.

Conforme Gomes (2021) as matérias primas fibrosas nacionais para produção de polpa celulósica se concentram basicamente em *Eucalyptus grandis*, *saligna*, *urophylla* e

viminalis, os quais possuem fibra curta em torno de 1 mm, densidade básica na faixa de 0,450-0,550 g/cm³, incremento médio anual (IMA) de 16-60 m³/ha/ano e idade de corte variando de 5-7 anos. Também se usa os *Pinus elliotti*, *taeda* e *caribaea*, que apresentam fibra longa variando de 2-5 mm, densidade básica entre 0,270-0,500 g/cm³, incremento médio anual (IMA) de 20-30 m³/ha/ano e idade de corte variando de 10-12 anos (VIVIAN et al., 2015).

3.3 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

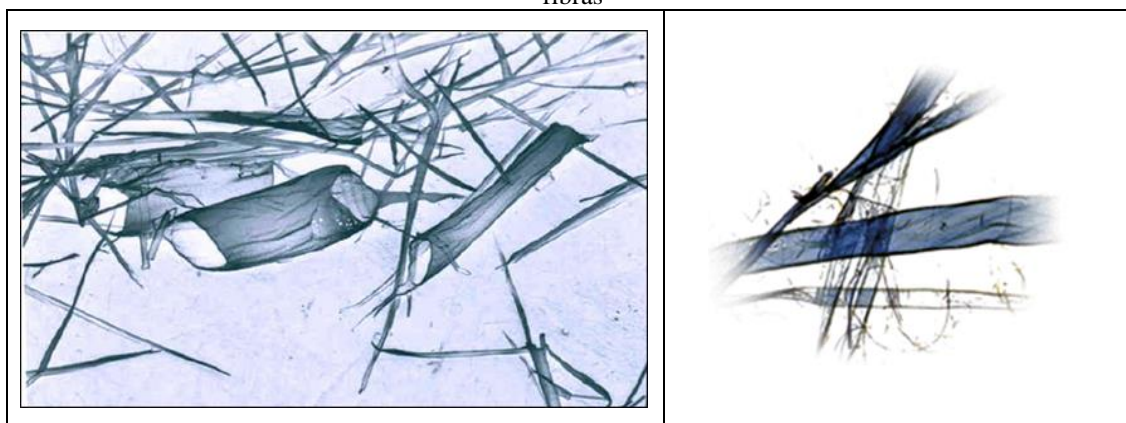
Polpação nada mais é do que separar, utilizando algum tipo de energia, as fibras que formam a madeira, e que estão naturalmente, ligadas entre si por forças interfibrilares e também pela lignina. Deste modo, pode-se definir o processo de polpação como sendo o processo de separação das fibras da madeira mediante o uso de energia química e/ou mecânica (FOELKEL, 2015). Os diferentes processos de polpação para obtenção de fibras isoladas de madeira, podem ser classificados de acordo com seus rendimentos em polpa ou de acordo com o pH utilizado (Quadro 1).

Quadro 1. Processos de polpação para obtenção de fibras de madeira.

Processos de Alto Rendimento	Mecânico Termomecânico Quimtermomecânico	
	Semiquímico	Sulfito neutro
		Soda a frio
		Soda a quente
Rendimento de 80% a 97		
Processos Químicos	Alcalinos	Soda
		Kraft
		Sulfito alcalino
		Sulfito neutro
	Ácidos	Sulfito ácido
Rendimento de 45% a 55%		

Na indústria, as fibras e demais elementos anatômicos, separados no processo de polpação, recebem o nome de polpa celulósica, pasta celulósica ou simplesmente celulose (Figura 5).

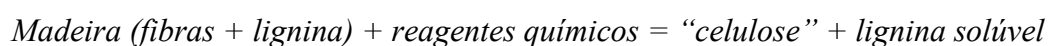
Figura 5. Estruturas anatômicas dissociadas no lenho de folhosas - Em detalhe os elementos de vaso e as fibras



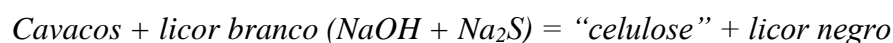
Fonte: Foelkel (2015)

As pastas de alto rendimento são conhecidas pela sigla PAR e foram as primeiras a serem usadas para obtenção de fibras de madeira. Elas são divididas em: pastas mecânicas, pastas termomecânicas e pastas quimtermomecânicas. As pastas mecânicas são processadas através do processo de desfibramento mecânico que pode ser em pedra mó quando toras, ou desfibradas em desfibrador a disco quando cavacos ou serragem. No caso das pastas termomecânicas, também são usados cavacos ou serragem passando pelo desfibrador a disco, mas neste caso, eles são aquecidos previamente com vapor saturado. Já as pastas quimtermomecânicas passam por um processo semelhante ao das pastas termomecânicas sendo, porém, tratados levemente com reagentes químicos (CAMPOS, 2009). Essas pastas se caracterizam por serem produtos com menor alvura e menor resistência mecânica, quando comparada às pastas químicas. Geralmente elas são utilizadas de forma isolada ou combinada, para formação de alguns papéis, cartões e papelão.

Conforme Philipp e D’Almeida (1988), a polpação química envolve os processos alcalinos e ácidos, havendo predominância dos processos alcalinos. Inicialmente o processo soda foi o mais utilizado, mas atualmente o processo Kraft é o mais empregado no Brasil e no mundo, podendo ser exemplificado de maneira simplificada através da seguinte equação:

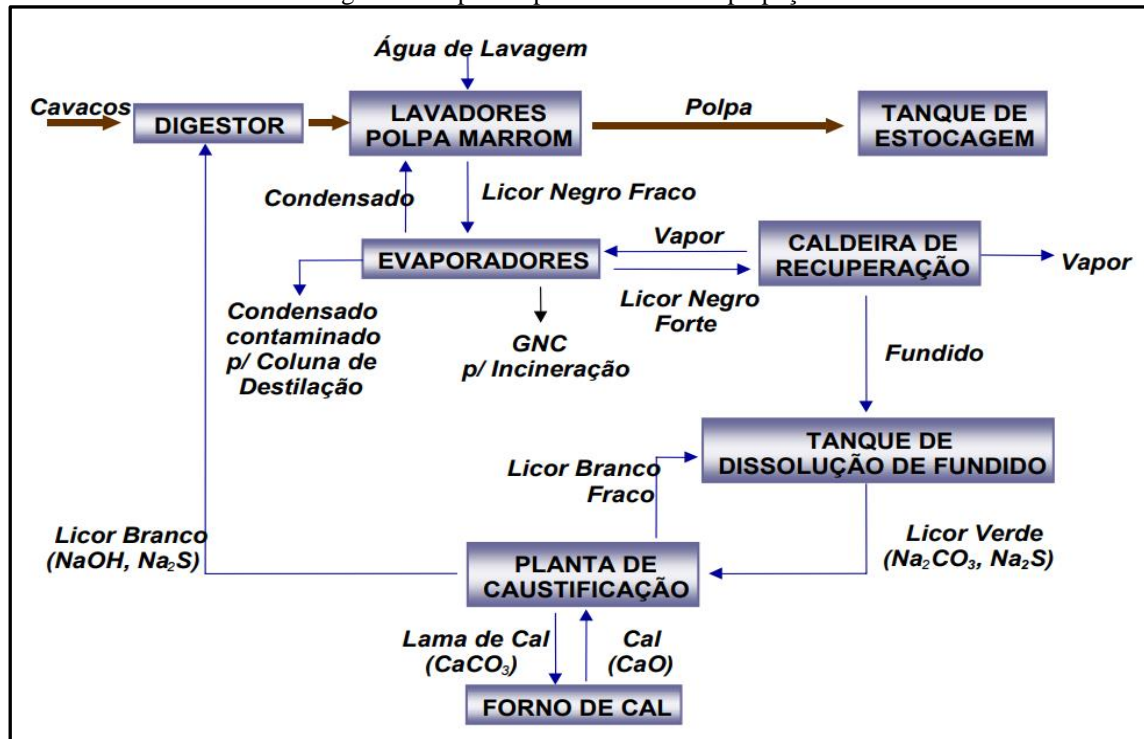


Utilizando-se a terminologia de uso corrente na indústria, a equação seria:



Gomide (2010) sugere que didaticamente, o processo Kraft pode ser esquematizado do princípio ao fim, conforme descrito na Figura 6.

Figura 6. Etapas do processo Kraft de polpação.



Fonte: Gomide (2010)

Nacionalmente, cerca de 81% do processamento de madeira, é realizada por esse processo, aproximadamente 12% pelo processo Soda e o restante por processos (PAR) – polpas mecânicas de alto rendimento (GOMES, 2021).

O processo Kraft apresenta como vantagens ser flexível, possuir tecnologia eficiente de recuperação dos produtos químicos e fornecer uma polpa celulósica com grande resistência. Por outro lado, ele tem como desvantagens, branqueamento difícil da polpa, custo elevado de equipamentos e reagentes, rendimento baixo (40 a 50%), quando comparado com as pastas mecânicas e também geração de compostos à base de enxofre, que exalam cheiro desagradáveis (FOELKEL, 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento bibliográfico realizado evidenciou que o suprimento de matéria-prima para as indústrias nacionais de polpa e papel é uma preocupação global, visto que elas são abastecidas basicamente por Eucalipto e Pinus, com uma dependência cada vez

maior do Eucalipto, o qual tem propriedades silviculturais e tecnológicas propícias para este segmento.

Aliado ao uso majoritário do Eucalipto, verificou-se também que as indústrias se apoiam fortemente em um único processo de polpação química, que é o Kraft. Apesar deste processo apresentar baixo rendimento, quando comparado às polpas mecânicas de alto rendimento, ele é um processo flexível em relação ao tipo de matéria-prima. Além disso, também apresenta um eficiente sistema de recuperação de reagentes, o que o torna ambientalmente correto e economicamente viável.

Sendo assim, nota-se uma premente necessidade do setor em se diversificar quanto ao uso de outras espécies e também de outros processos produtivos, visando abastecer este segmento que tantas divisas e empregos geram para o País.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.M.; SILVA, D.J. **Efeito da Qualidade de Extrativos e da Acessibilidade do Licor na Polpação Kraft de Clones de *Eucalyptus***. In: CONGRESSO ANUAL ABTCP, 34, 2001, São Paulo. ANAIS... São Paulo, ABTCP, 2001, p. 1-14.

ANDRADE, A.S. **Qualidade da Madeira, Celulose e Papel em *Pinus taeda* L.: Influência da Idade e Classe de Produtividade**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2006.

ANTUNES, F. S. (2009). **Avaliação da qualidade da madeira das espécies *Acacia crassicaarpa*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus* e *Populus tremuloides***. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BORTOLETTO JUNIOR, G. (1999). **Estudo da qualidade da madeira de *Pinus taeda* proveniente de árvores adultas atingidas por incêndio florestal**. 1999. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

CAMPOS, E. S. Curso Básico de Produção de Papel, Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - **ABTCP**, apostila revisão 07, 347p., São Paulo, 2009.

CAMPOS, E. S.; FOELKEL, C. **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil**. 1ª Edição. Editora ABTCP, 2016.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS – DEPEC. Dados Setoriais. Bradesco, janeiro de 2019.

FOELKEL C. E. B. Qualidade da madeira do eucalipto: reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador de qualidade da madeira no setor de base florestal. Porto Alegre: Celsius Degree/Grau Celsius, 2015. Disponível em:
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

GOMES, D.F.F. (2002). **Estudo da qualidade da madeira de clone de “*Eucalyptus*” cultivados no Brasil; produção de polpa Kraft de qualidade**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

GOMES, F. J. B. Curso de Tecnologias de celulose. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – **ABTCP**, apostila revisada, 383p., São Paulo, 2021.

GOMIDE, J. L.; NETO, H. F.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.339-344, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000200017>

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório 2020. 80 p.
Disponível em: <https://iba.org.com.br>

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Dados setoriais 2021. 93 p.
Disponível em: <https://iba.org.com.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura em 2020. Rio de Janeiro. IBGE, 2021.

MAGALHÃES, L. G. S.; LIMA, A. P. L.; LIMA, S. F.; SORATTO, D. N.; MARTINS, S. M. Densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.4, p.19435-19445, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n4-202>

MAGATON, A. S.; PILÓ-VELOSO D.; COLODETTE, J. L. Caracterização das O-acetil- (4-O-metilglicurono) xilanas isoladas da madeira de *Eucalyptus urograndis*. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1085-1088, 2008.

MENDOZA, Z. S. H.; OLIVEIRA, J. K.; BORGES, P. H. M.; MORAIS, P. H. M. Índices de qualidade das fibras de *Tectona grandis* Linn. F. em função da sua massa específica básica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 55535-55553, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-116>

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; VENSON, I. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. **Celulose e Papel**. 2. ed. São Paulo: SENAI/IPT, 964p., 1988. v. 2. ISBN 8509000409.

RODRIGUES, C. K.; HILLIG, E.; MACHADO, G. O. Análise química da madeira de *Pinus oocarpa*. **Anais. SIEPE - Sistema de Integração, Ensino, Pesquisa e Extensão**, São Paulo, 2009.

ROWELL, R. M. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**, 2ª ed., CRC Press, 703 p., 2013. ISBN 9781439853801

SETTE Jr, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1183-1190, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600019>

SILVA JÚNIOR, F.G. (2005). **Efeito do ritmo de produção sobre a eficiência de processos modificados de polpação para *Eucalyptus grandis* E *Populus tremuloides***. 2005. 144 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SJÖSTROM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications**. 2. ed. San Diego, CA, USA: Gulf professional publishing, 455p. 1993.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T. Clones de *Eucalyptus* versus a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 145-155, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981832>

VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E. S.; JÚNIOR BONFATTI, E. A.; SARTO, C.; SCHMIDT, F.; JUNIOR SILVA, F. G.; GABOV, K.; FARDIM, P. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica Kraft. **Scientia Forestalis**. v. 43, n.105, p.183-191, 2015.

VIVIAN, M. A.; MODES, K. S.; CAETANO, A. P. Potencial da madeira de *Pinus glabra* para produção de polpa celulósica. **Madera y Bosques**, v. 26, n. 3, e2632058, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632058>

ZANUNCIO, A. J. V.; COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R. Composição química da madeira de eucalipto com diferentes níveis de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 755-760, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509812359>