



## **TECNICELPA - Artigo de Opinião**

# **Longa Vida ao Processo Kraft**

**Celso Foelkel**

O processo kraft de produção de celulose (branqueada ou sem branquear) é o mecanismo predominante de conversão de cavacos de inúmeros tipos de madeira em pastas celulósicas para a fabricação de papel e derivados químicos da celulose. Tanto a sua versão orientada para a produção de fibras papeleiras como a variação pré-hidrólise/kraft para fabricação de fibras muito puras em alfa-celulose (pastas solúveis ou para dissolução) foram deslocando os outros processos químicos desses tipos de industrialização a tal ponto de serem hoje quase que imbatíveis para essas opções de pastas desse setor industrial.

A história relata que o processo kraft foi descoberto acidentalmente em 1879, quando os técnicos de uma fábrica de celulose pelo processo baseado em soda cáustica substituíram o carbonato de sódio pelo sulfato de sódio como fonte de reposição de sódio ao sistema de fabricação. Os resultados em ganhos de rendimento de conversão, qualidade da celulose e versatilidade do novo processo foram tão significativos, que o novo processo foi patenteado pelo químico alemão Carl Dahl, em 1884. Inicialmente, o processo costumava ser referido como "processo sulfato", mas frente às excepcionais resistências das fibras e dos papéis obtidos pela sua utilização, o processo passou a ser chamado de "processo kraft" (do alemão kraft = forte, resistente).

Os conceitos básicos do processo kraft são bastante simples e suas vantagens têm feito o mesmo como vencedor no setor de produção de celuloses químicas, isso há quase 150 anos.

Dentre suas principais vantagens se destacam:

- Versatilidade quanto à matéria-prima a ser utilizada, pois se aplica a praticamente a todos os tipos de madeiras, palhas de cereais, bagaço de cana, bambus, etc.;
- Altíssima eficiência energética, sendo praticamente autossuficiente na produção de energia térmica (calor e vapor) e eletricidade a partir dos compostos orgânicos dissolvidos da madeira para o licor preto;
- Permite a recuperação de praticamente 95% dos reagentes químicos alcalinos de sódio usados na polpação;
- Favorece uma rápida e eficiente despolimerização da lignina em condições alcalinas;
- A substância celulose das fibras vegetais é relativamente estável nas condições de processo, embora isso não aconteça para as hemiceluloses;
- Fácil degradação e remoção dos extrativos da madeira;
- Relativamente fácil e tecnicamente viável branqueabilidade das pastas, sendo possível se chegar a altíssimas e estáveis alvuras.

Nas últimas décadas, o processo tem sido objeto de evoluções e aperfeiçoamentos para ganhos em eficiências e desempenhos, tais como:

- Notáveis ganhos em eficiência energética;
- Recuperação do calor e do vapor de descargas e "blows" para reuso no processo;
- Divisão da carga alcalina, aplicada de maneira fracionada ao longo do cozimento;
- Lavagem interna e circulação de licores e filtrados em fluxos concorrentes e contracorrentes no digestor;
- Troca e intercâmbio de filtrados para ajustes nas concentrações de sólidos orgânicos dissolvidos, o que favorece a difusão e migração nos cavacos dos reagentes alcalinos e desses sólidos orgânicos;
- Tempos mais longos de cozimento e a menores temperaturas máximas, resultando em menores valores de Fator H e energia;
- Pré-impregnação dos cavacos antes da fase de deslignificação massiva da madeira, que se inicia a cerca de 140°C no digestor.

Apesar de suas inúmeras vantagens, o processo kraft e seus usuários têm convivido com algumas de suas desvantagens, que de ameaçadoras no passado, estão sendo gradativamente resolvidas

pelas pesquisas e aperfeiçoamentos tecnológicos. Dentre as principais desvantagens se destacam:

- Rendimentos de conversão da madeira a pasta celulósica não é alto devido ao ataque de hemiceluloses pelos íons hidroxilas do licor fortemente alcalino;
- O processo é altamente intensivo em uso de capital e dependente cada vez mais de economia de escala;
- O odor gerado no processo, embora bastante otimizado, ainda é inerente e presente em fábricas de mais antiga idade tecnológica;
- As limitações em dimensionamento de megacaldeiras de recuperação têm sido um obstáculo para o crescimento em escala e avanços em fábricas já instaladas;

Apesar das evoluções das tecnologias, o processo é altamente alcalino e com isso os ganhos em rendimentos líquidos de polpação e em preservação de carboidratos não têm sido expressivos. Esse tipo de dificuldade e o encarecimento da madeira, principalmente em países produtores de celulose no hemisfério norte, foram conduzindo a pesquisas para maior efetividade e seletividade desse processo kraft. Até mesmo outros tipos de processos com outros conceitos e tipos de reagentes têm sido estudados na tentativa de substituição do processo atual, ou de oferecer evoluções atrativas para aumento da sobrevida do processo kraft atual.

O grande problema do processo kraft é que para cada unidade de peso da lignina da madeira que é por ele extraída, são também extraídas para o licor preto cerca de 0,8 a 1,2 unidades de peso de carboidratos e extrativos. Essa dissolução diminui o peso de celulose produzida, aumenta o consumo específico de madeira por tonelada de celulose e sobrecarrega o setor de recuperação do licor (evaporação, caldeira de recuperação e caustificação e forno de cal, esses últimos pelas maiores exigências de álcali ativo consumido em reações secundárias de degradação de carboidratos).

Entretanto, os problemas estão aí para serem resolvidos. A partir do ano 2005 foram surgindo novas tecnologias e novos produtos que eventualmente poderiam ser produzidos a partir da mesma base conceitual do processo kraft. Podemos listar essas evoluções em algumas que consideramos fundamentais para dar nova e longa sobrevida ao processo kraft de polpação:

Melhoria da qualidade da madeira: Os técnicos das áreas florestais cada vez obtêm maiores sucessos no desenvolvimento de materiais geneticamente melhorados, com menores teores de lignina e extrativos e maiores densidades básicas nas madeiras. Com isso, conseguem também aumentar não apenas a produtividade

volumétrica dos povoamentos florestais, mas também a produtividade equivalente a celulose por hectare de floresta plantada.

Melhoria da qualidade dos cavacos de madeira: Substanciais melhorias dos cavacos em termos de granulometria e densidade aparente permitem ganhos em eficiências, rendimentos e reduções de reciclagens de rejeitos de volta ao digestor, aumentando com isso a produtividade nos digestores kraft.

Eficiência Energética: Têm sido notáveis os ganhos obtidos nesse quesito, permitindo que uma fábrica de celulose kraft de última geração possa ser totalmente autossuficiente em vapor, calor e eletricidade.

Prevenção do odor: As fábricas estado-da-arte têm mostrado tecnologias de prevenção e de mitigação que tornam o odor kraft praticamente imperceptível para as comunidades vizinhas.

Extração de lignina: As biorrefinarias integradas às fábricas kraft estão demonstrando que a extração econômica de lignina do licor preto traz novos produtos e mercados, além de oferecer ganhos em produção e produtividade às fábricas que fazem essa extração.

Extração de hemiceluloses: Embora ainda em escala de pesquisas e de protótipos, a remoção de moléculas de alto peso molecular de carboidratos dissolvidos no licor preto poderiam oferecer novos e atrativos produtos para as fábricas de celulose kraft.

Remoção de extrativos em fase anterior ao cozimento: Como os extrativos da madeira são praticamente removidos no digestor kraft e como eles podem ser interessantes para as biorrefinarias integradas, já existem evoluções no sentido de remover alguns desses extrativos antes do digestor, permitindo aumento do rendimento e menores consumos de álcali ativo na polpação.

Reprecipitação de hemiceluloses: Estão avançados os estudos para extração de hemiceluloses de outros vegetais ou resíduos florestais ou agrícolas e redeposição dessas hemiceluloses em alguma fase do processamento kraft ou de linhas de fibras a ele associadas.

Produção de caldeiras de recuperação do tipo XXL (extragrandes): As caldeiras de recuperação que nos anos 1980 atingiam uma queima de Sólidos Secos (SS) de 1.200 tSS/dia, atualmente já atingem com facilidade 7.500 tSS/dia, sendo que em 2018 já foi anunciada uma caldeira do tipo XXL para queima diária de 11.500 tSS.

Enfim, há um mundo novo e desafiador para que o processo kraft possa ter uma longa vida no setor global de produção de

celulose e papel. Deve ser também levado em conta que esse setor é caracterizado por relativa aversão ao risco para investimentos em novas tecnologias, o que é compreensível pelas altíssimas necessidades de capital para as novas megafábricas e modernizações nas mais antigas para ganhos em escala de produção.

Particularmente, eu acredito que o processo kraft deverá se manter vitorioso por mais algumas décadas, sendo que os limites de seu crescimento ainda não estão bem claros, principalmente nesse momento de transição para os conceitos de biorrefinarias integradas.

Talvez um futuro ameaçador para o processo kraft esteja em modelos menores das fábricas de celulose do futuro, possivelmente integradas às biorrefinarias. Embora pouco esteja acontecendo nessa rota de desenvolvimento, pode até ser que se tornem viáveis novos modelos de minifábricas de celulose química, integradas em escala à fabricação de outros produtos a partir da biomassa florestal. Entretanto, esse é um tema ainda especulativo, sem claras evidências de como poderia vir a acontecer. Portanto, a sobrevivência do processo kraft estará garantida por um espaço de tempo que também não podemos prever, já que ainda não dispomos no setor de "bolas de cristal de alto desempenho e efetividade preditiva". Resta então aguardar e continuar estudando e pesquisando em direção a futuros cada vez mais viáveis e ecoeficientes.