



CELSO FOELKEL
Sócio n.º 842

Desafios futuros e transformações tecnológicas para o branqueamento da celulose kraft

O branqueamento da celulose kraft, principalmente aquela das polpas de fibras curtas como as obtidas de eucaliptos, consiste no principal fator de agregação de valor econômico para esse tipo de produto. Isso porque as polpas de fibras curtas não branqueadas possuem um mercado muito restrito; porém, após o branqueamento, essas mesmas polpas abraçam um enorme e crescente mercado, inclusive substituindo quantidades cada vez maiores de fibras longas branqueadas.

Apesar do enorme sucesso e dos inúmeros desafios que o branqueamento da celulose tem enfrentado e vencido, os princípios básicos para a realização do branqueamento são mantidos praticamente os mesmos, desde que se iniciaram os primeiros branqueamentos de fibras naturais vegetais utilizando compostos de cloro (cloro gás e hipocloritos), isso no final do século 18.

As operações de branqueamento em múltiplos estágios da celulose sempre se valeram do uso intensivo de recursos naturais (água e energia) em função dos conceitos e passos fundamentais que norteiam a sua realização, quais sejam:

1. Aquecimento da massa em baixa ou média consistência (3,5 a 12%) até atingir a temperatura do estágio;
2. Mistura com agitação intensa dos reagentes na massa para contato dos mesmos com as fibras;
3. Tempo de retenção adequado para que os reagentes sejam consumidos e façam seu efeito;
4. Lavagem intensa para remoção dos compostos químicos da polpa, os quais foram modificados e solubilizados pelas reações.

Na quase totalidade, as operações de cada estágio são realizadas em consistências de aproximadamente 10% e temperaturas variando entre 60 a 95°C. Portanto, o branqueamento

demandava enormes quantidades de água, energia térmica e energia mecânica. E muito disso é depois desperdiçado através dos efluentes. Observe-se que a simples necessidade de se manter a polpa a uma consistência de 10% implica em uma necessidade de água de 9 m³ para cada tonelada de polpa seca. A cada estágio, existe a operação de lavagem que visa substituir um líquido sujo por um líquido mais limpo. Logo, mais e mais água vai sendo usada e muito calor sendo jogado fora pelos efluentes.

Historicamente, o branqueamento da celulose se manteve relativamente estável em suas tecnologias originais até meados do século XX. Durante décadas, o branqueamento se baseou em dois ou três estágios incluindo estágios ácidos (cloração) e alcalinos (extração e hipocloração). A entrada industrial de um novo e poderoso reagente branqueador, o dióxido de cloro, por volta dos anos 1950's/1960's, trouxe uma enorme melhoria do aspecto e da qualidade das polpas e papéis branqueados. Os novos branqueamentos passaram a produzir polpas e papéis mais brancos e mais estáveis, e isso praticamente enfeitiçou os mercados, que passaram a gostar do "branco mais branco", associando isso a maior limpeza e pureza. Entretanto, já nessa época, a ciência havia descoberto que o branqueamento com compostos de cloro gerava a formação de compostos orgânicos clorados, como consequência da reação dos mesmos com os constituintes químicos das fibras. Esses organoclorados se mostravam mais resistentes ao tratamento dos efluentes e resíduos sólidos e também apareciam em pequenas concentrações nas polpas branqueadas e nos respectivos papéis.

Um fato que realmente veio a causar uma enorme revolução tecnológica para o branqueamento foi a descoberta da presença de alguns compostos organoclorados altamente tóxicos, mesmo que em concentrações baixíssimas a níveis de partes por trilhão ou quadrilhão: alguns dos isômeros da



série das dioxinas e furanos. Isso ocorria tanto nas polpas e papéis brancos como nos efluentes e resíduos sólidos que saíam das fábricas de celulose branqueada e eram dispostos no ambiente. A preocupação se tornou enorme na sociedade e o setor de C&P teve que se unir e se mobilizar para revolucionar pela primeira vez algo que estava relativamente estável e confortável: ou seja, o branqueamento precisava mudar e urgente. Entre 1988 até 2005, a geração de novos conhecimentos permitiu se atingir um nível bastante seguro quanto aos impactos do branqueamento em termos de geração e eliminação dos organoclorados críticos. O desenvolvimento de seqüências isentas de cloro elementar ou totalmente isentas de cloro, o fechamento de muitos circuitos d'água e a adoção de novos reagentes químicos como os compostos de oxigênio ajudaram a resolver os mais graves problemas. Melhorias também foram introduzidas na gestão e tratamento dos efluentes e de seus lodos. A partir dos anos 1990's, os compostos de oxigênio (peróxido de hidrogênio, oxigênio, ozônio) além de enzimas (xilanases e lacases) passaram a encontrar importantes posições de utilização em seqüências de branqueamento com menor uso de compostos clorados.

Entretanto, mudaram-se os componentes das receitas de químicos, mas os princípios básicos do branqueamento continuaram os mesmos: aquecimento a altas temperaturas; uso de média consistência nas diferentes etapas, adição dos reagentes químicos, tempo de retenção em torres e forte lavagem para finalizar a etapa e remover a maior parte do lixo químico gerado. Em resumo: os problemas de formação de organoclorados perigosos foram minimizados, mas o consumo elevado de água e energia persiste. Em alguns casos, foram obtidas reduções importantes pelo maior fechamento dos circuitos e reuso de águas setoriais, mas o problema ainda permanece para ser resolvido. Para mim, não existem claras evidências de que teremos isso solucionado com a atual lógica das pesquisas e estudos tecnológicos.

Tenho estudado muito a temática do branqueamento da celulose kraft de eucalipto e lido centenas de artigos, teses, relatórios, palestras, etc. Minha conclusão é a de que a grande maioria dos estudos acadêmicos se dedica a sobrevoar os mesmos tópicos, agregando pouco de novos conhecimentos disruptivos. Muito pouco tenho encontrado de tecnologias que possam mudar o "status quo" da forma com a qual o branqueamento vem sendo realizado. A ênfase é sempre no aperfeiçoamento dos processos, mas com a manutenção dos mesmos conceitos fundamentais já enunciados anteriormente. Isso porque é mais seguro para os pesquisadores, que não precisam se arriscar no âmbito do desconhecido.

Pela disponibilização na web de milhares de publicações livres para acesso público, percebe-se que ainda se investe bastante o branqueamento da celulose kraft, principalmente nas universidades, empresas produtoras de celulose e papel, de reagentes químicos, de engenharia e de equipamentos tecnológicos de processo.

Mas, infelizmente, muitas são pesquisas repetitivas e levam a resultados parciais e pontuais, quase todas sem oferecer soluções aos quatro pontos mais críticos para o setor de branquear celulose kraft, quais sejam:

- O ainda elevado consumo de água, que se situa entre 10 a 18 m³/adt, embora, em alguns casos, esse valor possa incluir alguma proporção de água recuperada de outros setores.
- O elevado consumo de calor, pois quase todos os estágios estão trabalhando com temperaturas acima de 70 a 80°C. Com o maior fechamento de circuitos, os efluentes do branqueamento saem muito quentes e assim vão exigir torres de resfriamento para não criarem problemas para as ETE's - Estações de Tratamento de Efluentes. E o calor excedente é jogado para a atmosfera na forma de neblinas, com mais desperdício de água, também.

• A alta quantidade de materiais orgânicos modificados quimicamente e que se apresentam como DQO (Demanda Química de Oxigênio) nos efluentes. A perda de rendimento no branqueamento de celulose kraft de eucalipto se situa entre 2,5 a 3,5%, após a deslignificação com oxigênio. Essa perda engloba também uma pequena (mas não desprezível) fração de fibras e finos celulósicos, que se perdem com as diversas lavagens da polpa.

• Presença de compostos orgânicos clorados que podem trazer algum tipo de impedimento à utilização dos lodos ou dos compostos liberados como DQO para as emergentes biorrefinarias integradas.

Imaginem agora uma fábrica moderna de celulose kraft branqueada de eucalipto que produza 4.000 toneladas de polpa por dia. Ela terá, como consequência da perda em rendimento no branqueamento, cerca de 120 a 130 toneladas/dia de sólidos orgânicos dissolvidos e modificados nos filtrados desse setor, tudo isso acompanhando um líquido destinado a efluente com mais de 70°C e com um volume mínimo de 40.000 m³/dia. Algo definitivamente muito grande e que demanda soluções técnicas e científicas para minimização de impactos. E um custo elevado, também.

Levantados esses pontos preliminares, é fácil se concluir que temos que começar a revolucionar e não apenas otimizar o branqueamento da celulose. É óbvio que o aperfeiçoamento dos processos deve continuar sendo uma bandeira para todos, mas isso não é tudo. Temos que nos preparar para um futuro com mais restrições e menos recursos naturais, como água e energia.

Consequentemente, precisamos que os estudiosos e pesquisadores não fiquem todos sobrevoando o pote de mel para ver onde pousar para sugar algum alimento já conhecido. Temos que nos arriscar mais em pesquisar o desconhecido promissor, principalmente nas universidades. Mesmo que a pesquisa resulte em pouca agregação de novos conhecimentos ou de novas tecnologias, o desconhecido deve ser enfrentado.

Li recentemente uma tese de doutorado de autoria da Dra. Maria Teresa Borges Pimenta, com a orientação do grande mestre e amigo Dr. Antônio Aprígio Curvelo, defendida em 2005, na Universidade de São Paulo, campus de São Carlos. O objetivo foi estudar a polpação da madeira utilizando fluidos em estágios sub e supercríticos associados com co-solventes. Apesar de os resultados não terem sido tão animadores com esses novos processos de polpação, a tese teve enorme valor por buscar alternativas novas e eventualmente promissoras. Além disso, abriu as portas para outros estudos seguintes, utilizando como plataforma de lançamento os conhecimentos adquiridos sobre o

uso desses reagentes em diferentes tipos de polpação das madeiras. É um excelente início para que se sigam as investigações para busca de evoluções científicas e tecnológicas.

Então, o que podemos estudar como alternativas para se branquear ou clarear as polpas kraft? E até que limite devemos realmente branquear as polpas?

Acredito que existam muitas áreas da ciência que ainda não foram caminhadas, sequer olhadas com uma alça de mira. E a mirada deve ser com visão de helicóptero, olhando o branqueamento e as áreas afins, como a polpação, a deslignificação com oxigênio e o tratamento de efluentes e de resíduos sólidos, dentre outros setores.

Dentre as oportunidades potenciais que poderiam representar novas fronteiras para esse nosso setor de branquear a celulose kraft, coloco algumas para reflexões, tais como as seguintes:

- Líquidos iônicos;
- Fluidos supercríticos;
- Co-solventes;
- Solventes neutros;
- Ativações catalíticas nas oxidações/reduções;
- Enzimas obtidos a partir de organismos extremófilos;
- Biobranqueamento;
- Fotodescoloração e alvejamento de compostos orgânicos;
- Branqueamento em alta consistência (acima de 45%);
- Branqueamento com gases: dióxido de cloro, ozônio, amônia, etc.
- Uso de raios infravermelho, ultrassom, micro-ondas, etc.;
- Geração de efluentes fertilizantes, podendo ser aplicados diretamente nas florestas;
- Desenvolvimento de processos de tratamento setoriais das águas residuárias do próprio branqueamento para reuso interno (osmose reversa, microfiltração, trocadores de calor, etc.);
- Aproveitamento das perdas orgânicas e de elementos minerais liberados pelo branqueamento para alguma aplicação nas emergentes biorrefinarias integradas. Afinal, elas não existem apenas para se extrair lignina do licor preto ou se produzir nanoceluloses.
- Etc., etc.,...

Em resumo e como mensagem final: precisamos sair dos “mesmismos”. Chega de estudar apenas novas sopas de letrinhas para novos arranjos de mesmos tipos de estágios em sequências de branqueamento. Ou com as mesmas letrinhas indicativas dos estágios e na mesma ordem, mas apenas variando as condições operacionais. O setor de C&P tem competências, talentos e dinheiro suficientes para criar mais do que isso, investindo também em descobrir o novo, o revolucionário e não apenas em aperfeiçoar as suas tecnologias sobejamente comprovadas.

info @ tecnicelpa.74

Abril'24

Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel



CESALTINA BAPTISTA

25 ANOS DE DEDICAÇÃO À TECNICELPA

SÓCIOS TECNICELPA

ENTREGA DE MEDALHAS DOS 25 ANOS AOS SÓCIOS INDIVIDUAIS E COLETIVOS

25 ANOS



TECNICELPA