

TRATAMENTO ENZIMÁTICO SOBRE AS FIBRAS RECICLADAS DE PAPELÃO ONDULADO

Autores: Gilson da Silva Cardoso¹, Jefferson Luiz Lopes¹, Marcilene Rocha dos Santos¹ Rodrigo José Ferreira Lopes¹

¹ Senai – Telêmaco Borba-PR. Brasil

RESUMO

O uso de fibras recicladas de papelão ondulado na fabricação de papel de embalagem tem despertado o interesse numa maior compreensão acerca da qualidade das fibras. Assim, as indústrias de papel reciclado buscam estratégias para o aumento da competitividade. O presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da enzima celulase na qualidade das fibras recicladas de papelão ondulado sendo aplicadas antes e depois da refinação. Para isso, inicialmente as polpas foram submetidas ao tratamento enzimático antes da refinação com dosagens de 500 e 1.000 g de enzimas/ tonelada de polpa na base seca pelo período de 1 hora, sendo a amostra de controle analisada sem a aplicação de enzimas. Após o tratamento enzimático foi realizada a refinação da amostra de polpa, em um refinador Jokro, até grau de drenabilidade Schopper Riegler de aproximadamente 40 °SR, e avaliada a qualidade das fibras por meio do ensaio de morfologia das fibras feito pelo equipamento MORFI. Observou-se que a aplicação das enzimas reduziu em aproximadamente 40% o tempo de refinação em comparação àquele da amostra controle, e apresentou melhoria na ligação entre fibras, o que foi verificado pelo aumento do Relative Bonded Área (RBA). Quanto ao índice de torção e curvatura das fibras ambos permaneceram constantes. Num segundo tratamento a polpa foi submetida à refinação no refinador Jokro com tempo fixo de 10 minutos. Em seguida, foram aplicadas as enzimas em dosagens de 200 e 500 g de enzimas/ tonelada de polpa na base seca durante 1 hora, com exceção da amostra de controle, mantendo a temperatura em 50 e 55 °C. Nessa etapa a caracterização química se deu por meio da análise da viscosidade e os impactos físicos foram avaliados por meio do grau de drenabilidade (°SR) e pela caracterização morfológica das fibras pelo equipamento MORFI. Dessa forma, observou-se que houve uma queda de 15% em relação ao °SR entre a amostra de controle e aplicação de 0,05% de enzima, indicando uma melhora na drenagem, o que pode contribuir para economia de vapor na secagem e aumento de produção. Também foi notada uma redução na viscosidade e pouca variação de percentual de finos. Com isso foi possível verificar a eficácia do pré-tratamento enzimático

na refinação e comprovar que o pós-tratamento enzimático também pode trazer benefícios quanto à qualidade da fibra.

Palavras chave: Refinação. Papelão ondulado. Enzimas. Morfologia.

INTRODUÇÃO

De acordo com Andrioni (2009), a refinação é um tratamento mecânico efetuado sobre a polpa com o objetivo de promover mudanças estruturais nas fibras que segundo Lecourt (2010), entre essas mudanças a fibrilação, inchamento das paredes das fibras, o corte das fibras e a geração de finos.

Para Tonoli (2009), ao longo da refinação, as fibras podem se tornar excessivamente enroladas e retorcidas, assim como podem sofrer encurtamento, sendo estes efeitos resultados de uma refinação intensa. Entre as estratégias existentes para reduzir os danos estruturais da fibra após a refinação está o tratamento enzimático, o qual, segundo Bajpai (2010), além de reduzir o consumo específico de energia, melhora a qualidade da polpa. Entre as enzimas utilizadas, a celulase se destaca por facilitar a fibrilação e o inchamento das fibras, resultado do seu ataque às regiões amorfas da celulose (LECOURT, 2010)

Segundo Lynd (2002) a celulase é uma enzima produzida por vários grupos de seres vivos considerados os principais produtores os fungos, as bactérias aeróbias e anaeróbias. Os três maiores grupos de enzimas são as endoglucanases, exoglucanases e celobiohidrolases. A celulase atua nas regiões amorfas da celulose, onde ocorre forte hidratação e grande inchamento. Estas regiões podem quebrar durante a refinação levando ao encurtamento das fibras e formação de finos, o que aumenta o potencial de ligações de fibras e realça alguns pontos fortes do papel (LECOURT, 2010). O motivo do encurtamento é devido ao enfraquecimento da parede da fibra por ação das enzimas.

Bajpai (2010), em seu trabalho, refinou aparas de papelão ondulado num refinador PFI após tratamento enzimático, utilizando dosagens de 0,02, 0,03 e 0,04% por um tempo de 1 e 2 horas, e concluiu por meio do número de revoluções do refinador e o grau

Schopper Riegler que a aplicação enzimática pode gerar redução no consumo de energia durante a refinação de até 30%.

Já Lecourt (2010), em seus estudos, utilizando diversas dosagens de celulase conclui que a aplicação enzimática proporciona maior fibrilação nas paredes das fibras, observando que quanto maior a dosagem de enzimas, maior a fibrilação durante a refinação, além de reduzir a intensidade de corte das fibras.

Com isso, o presente trabalho busca avaliar o comportamento de fibras recicladas de papelão ondulado, *Old Corrugated Container* (OCC) submetidas ao tratamento enzimático antes e depois da refinação. Para tanto, foi realizado tratamento enzimático na polpa de OCC em duas etapas: num primeiro momento antes da refinação, e em um segundo momento após a refinação, em que ambos os tratamentos foram avaliados por meio da caracterização da polpa.

MÉTODOS

1. Seleção e preparo das amostras

A matéria-prima estudada foi o papelão ondulado reciclado tipo I, o qual foi hidratado e submetido à desagregação para a formação de uma suspensão fibrosa por aproximadamente 10 minutos $\pm$ 5 segundos. Após a desagregação, a polpa foi depurada para remoção de rejeitos (pastilhas e *shives*). Por fim, foi realizado o ajuste da consistência sendo que toda a pesquisa foi realizada nessa consistência de 6% por ser a consistência de operação do refinador utilizado.

2. Caracterização da matéria-prima e testes preliminares

A caracterização química da matéria-prima foi conduzida por meio do número Kappa de acordo com a norma ABNT NBR ISO 302:2005 buscando conhecer o grau médio de lignina residual da amostra. Já as análises morfológicas foram realizadas no equipamento Morfi LB, sendo determinado o comprimento e a largura média das fibras, a porcentagens de finos e a porcentagem de corte das fibras.

A amostra também foi submetida a análise do grau Schopper Riegler de acordo com a norma ABNT NBR 14031:2004 e como teste preliminar realizou-se uma curva de refino no refinador tipo Jokro de acordo com a norma ABNT NBR 14346:1999.

Na curva de refino, a polpa foi refinada nos tempos 5, 10 e 15 minutos, seguida do teste do grau de drenabilidade. Com esses testes preliminares foi determinado um padrão de grau SR para a realização dos testes com enzimas.

3. Tratamento enzimático preliminar ao refino

A enzima utilizada foi a celulase (endo-1,4- β -D-glucanase), a qual requer temperatura de aplicação de 30 a 60°C e pH entre 4 a 6.

Para o tratamento enzimático preliminar ao refino, buscou-se inferência sobre o consumo de energia durante a refinação e os efeitos do tratamento enzimático na polpa após refino.

Para o tratamento enzimático preliminar ao refino foi obser-

vado na literatura que as dosagens de enzimas podem variar de 100 a 2.000 g enzima/tas (g/tonelada de polpa base seca). No intuito de verificar o comportamento da ação enzimática foi escolhida uma dosagem média e uma dosagem alta. Assim, para esta etapa, a polpa foi dividida em 3 grupos de amostras, sendo uma amostra de controle (sem aplicação enzimática), uma com aplicação de 500 g de enzimas/tas e outra com aplicação de 1.000 g de enzimas/ tas.

Para o tratamento enzimático foi realizada a correção do pH das amostras (com exceção da amostra controle), utilizando solução de ácido sulfúrico até alcançar um pH igual a 4. Com o pH corrigido, as amostras foram aquecidas até a temperatura de 40 °C $\pm$ 2 °C com o auxílio de uma chapa de aquecimento e realizada na sequência a aplicação das enzimas. O período de aquecimento foi de 1 hora $\pm$ 10 no qual se manteve sob agitação. Após o período de aquecimento, para neutralizar a ação das enzimas, foi utilizada solução de hidróxido de sódio até alcançar pH igual a 8.

3.1. Refinação da polpa e avaliação do tratamento enzimático preliminar ao refino

Para refinação da polpa foi utilizado o moinho Jokro, onde foram refinados os três grupos de amostra logo após a neutralização das enzimas. A variável escolhida para manter constante foi o grau de drenabilidade (°SR).

Mantendo o °SR constante, a variável dependente foi o tempo de refinação, a qual foi utilizada como base para se estimar, como inferência, o consumo específico de energia.

Para avaliação da polpa, após o refino, foram realizadas análises morfológicas da polpa, por meio do equipamento Morfi LB, determinando o comprimento médio das fibras, a largura média das fibras, a porcentagens de finos, a porcentagem de corte das fibras, curvatura da fibra através do índice de curvatura da fibra (*Curl*) e o índice de curvatura torcida das fibras (*Kink*).

Por fim, para compreender os ganhos em resistência físico-mecânicas do papel formado, foi analisada a área relativa de ligações *Relative Bonded Area* (RBA) sendo feita por meio do coeficiente de dispersão da luz (*S*), pela fórmula $(S_0 - S)/S_0$, onde S_0 é o coeficiente de dispersão da luz das fibras não ligadas, obtido com as fibras sem refino e *S* o coeficiente de dispersão da luz com a polpa refinada.

4. Tratamento enzimático pós-refino

Em um segundo momento, avaliou-se o impacto do tratamento enzimático após a refinação da polpa e, nesta etapa, a polpa que havia sido desagregada e depurada foi submetida ao refino também no moinho Jokro, onde foram refinados três grupos de amostras sem pré-tratamento enzimático. Novamente, a variável mantida constante foi o tempo, o qual foi de 10 minutos.

Após a refinação as amostras foram submetidas ao tratamento enzimático sendo uma amostra tida como controle, uma com aplicação de 200 g de enzimas/ tas e outra com aplicação de 500 g de enzimas/ tas.

Para possibilitar a aplicação, o pH das amostras submetidas ao tratamento enzimático foi corrigido utilizando ácido sulfúrico até chegar a 4,5, e a temperatura foi mantida em 50 °C, com o auxílio de uma chapa de aquecimento, e o tratamento enzimático foi realizado por um período de 1 hora, tendo as enzimas neutralizadas com elevação do pH para 8 por meio da aplicação de hidróxido de sódio.

4.1. Avaliação do tratamento enzimático pós-refino sobre a polpa

Para compreender o efeito da celulase sobre a polpa refinada determinou-se a viscosidade absoluta das amostras de acordo com a NRB 7730 para saber qual o efeito das enzimas no grau médio de polimerização.

Por fim, foram realizadas as análises morfológicas da polpa, por meio do equipamento Morfi LB, determinando o comprimento médio das fibras, a largura média das fibras e a porcentagens de finos. Ainda, e de acordo com o teste Morfi, foi determinado o índice e fibrilação da fibra após o refino e realizado um comparativo para explicar o efeito das enzimas nas fibras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Caracterização matéria-prima

As aparas de papelão ondulado são conhecidas por apresentarem elevado teor de lignina e grande heterogeneidade em sua composição. Dessa forma o número Kappa analisado variou de 55 a 66, tendo coeficiente de variação de 8,06%. Essa variação afeta as características da polpa e causa impacto na refinação. Quanto ao ensaio de drenabilidade da polpa, o seu grau, feito após a desagregação das amostras, apresentou variação de 15 a 19, tendo coeficiente de variação de 10,19%.

Já na distribuição do comprimento médio das fibras foi possível verificar que 51,8% das fibras analisadas apresentaram comprimento médio entre 0,56 mm a 1,13 mm, sendo 26,9% das fibras apresentam comprimento abaixo de 0,56 mm e 20,95% possuíam comprimento superior a 1,13 mm.

Esse comportamento já era esperado pelo fato de a polpa possuir grande parte de suas fibras degradadas devido ao número de reciclagens e tratamentos mecânicos. Para verificar o impacto da reciclagem observou-se que a porcentagem de fibras cortadas era de 35,17%, resultado também obtido pelo Morfi.

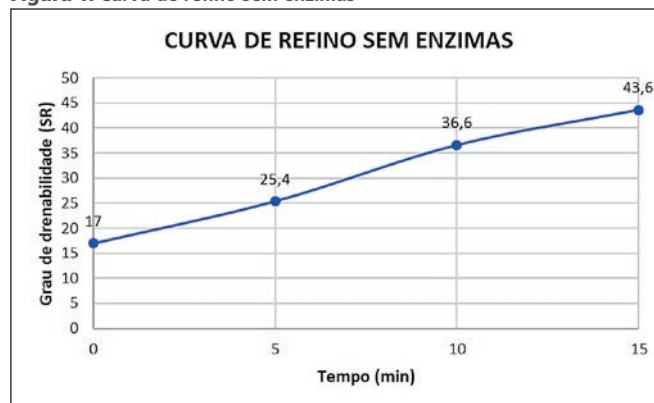
Na classificação das fibras, foram encontradas 61,73% de fibras curtas, 31,9% de fibras longas e 6,37% de finos.

2. Comportamento das fibras de OCC com a ação da refinação

Devido ao elevado número Kappa, as aparas de ondulado apresentam dificuldade durante a refinação em comparação com outras polpas recicladas. Assim foi realizada uma curva de refino sem aplicação enzimática buscando verificar o comportamento da polpa com ação da refinação e o tempo de refino necessário para o

grau de drenabilidade (°SR) alcançar valor igual ou superior a 30, sendo que o resultado desejado foi alcançado com o tempo de refinação de 10 minutos conforme a Figura 1, que atingiu 36,6 °SR.

Figura 1. Curva de refino sem enzimas



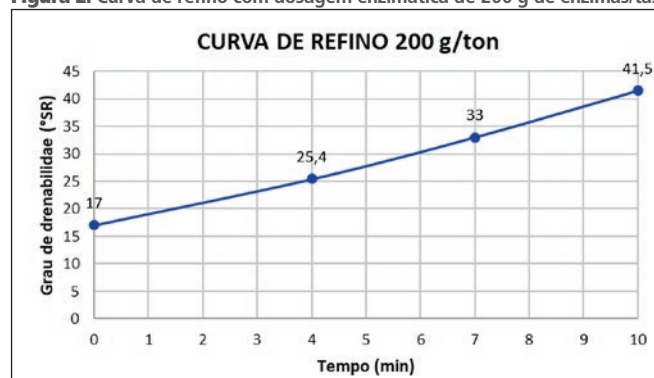
Fonte: O autor, 2016

Quanto ao efeito da refinação da polpa verificou-se um aumento quase linear no °SR com o tempo de refino.

3. Testes preliminares com tratamento enzimático preliminar ao refino

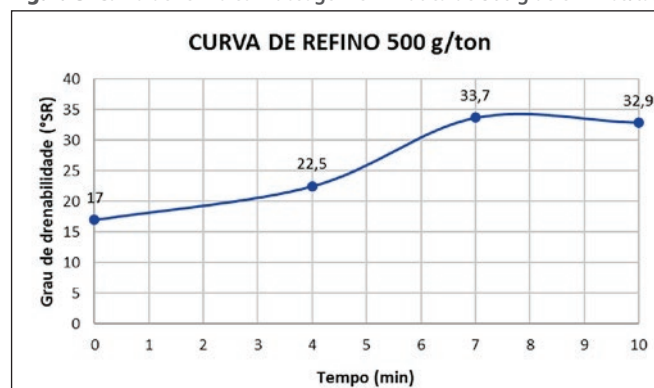
As amostras também foram submetidas à curva de refino após tratamento enzimático, inicialmente com dosagens de 200 g de enzimas/tas e 500 g de enzimas/tas, conforme as figuras 2 e 3.

Figura 2. Curva de refino com dosagem enzimática de 200 g de enzimas/tas

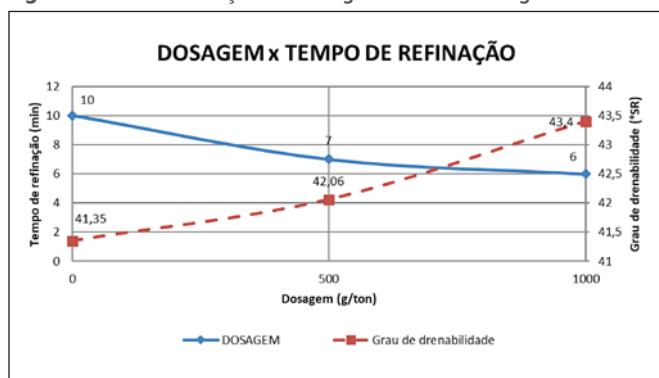


Fonte: O autor, 2016

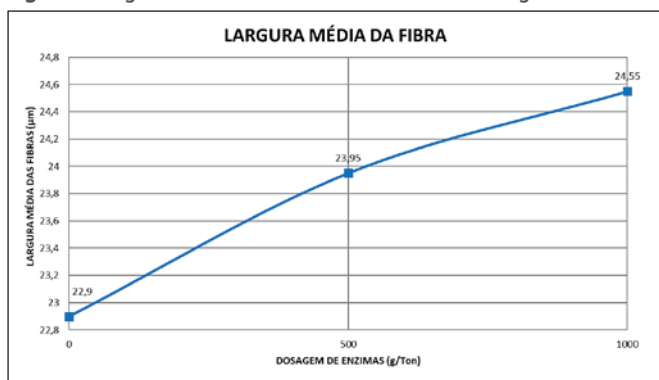
Figura 3. Curva de refino com dosagem enzimática de 500 g de enzimas/tas



Fonte: O autor, 2016

Figura 4. Curva de refinação com dosagens de 500 e 1.000 g de enzimas/tas

Fonte: O autor, 2016

Figura 6. Largura média das fibras de acordo com a dosagem de enzimas

Fonte: O autor, 2016

Na curva de refinação preliminar é possível notar um ganho em tempo de refinação com a presença de enzimas, em que as curvas apresentam ganho de aproximadamente 30% no tempo de refinação para alcançar o grau de drenabilidade alvo.

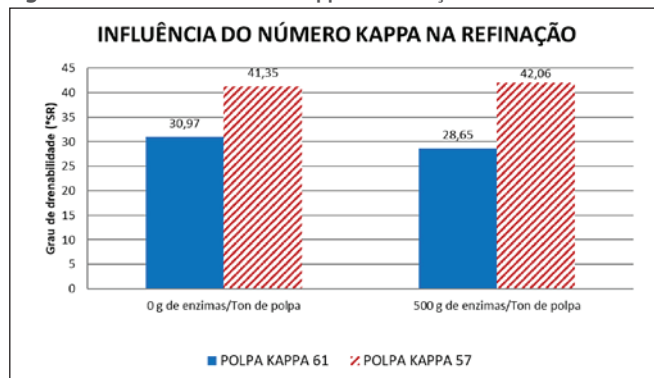
Quanto ao comportamento da curva, a aplicação de 200 g de enzimas/tas apresentou linearidade similar ao da curva sem aplicação enzimática. Já a curva de 500 g de enzimas/tas teve aumento do °SR do tempo 4 minutos para o tempo 7 minutos, e logo após se manteve constante.

O comportamento resultante da aplicação de 500 g de enzimas/tas, por ser diferente ao esperado foi escolhido para a avaliação da aplicação enzimática e essa dosagem foi extrapolada para 1.000 g de enzimas/tas, e os resultados estão na Figura 4.

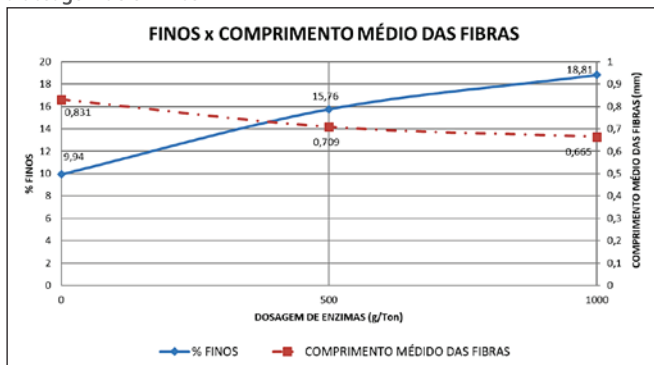
Nesse tratamento enzimático, observou-se que o °SR alcançou um padrão de 40 com os mesmos tempos utilizados nas curvas de refinação anteriores, dado inicialmente não esperado. Buscando explicar esse acréscimo no °SR, foi determinado o número Kappa médio das amostras utilizadas nas primeiras curvas de refino e na última.

Como resultado, foi observado a influência do número Kappa na refinação, onde nas duas primeiras curvas de refinamentos realizadas, o número Kappa médio da polpa foi de 61 e, da última curva de refino com enzimas, foi 57. Essa diferença de número Kappa fez com que a diferença das curvas fosse de, aproximadamente, 12 pontos com desvio médio de 1,515 pontos como mostra a Figura 5.

Com isso, a grande diferença de tempo de refinação, para alcan-

Figura 5. Influência do número Kappa na refinação

Fonte: O autor, 2016

Figura 7. Porcentagem de finos e comprimento médio das fibras em relação à dosagem de enzimas

Fonte: O autor, 2016

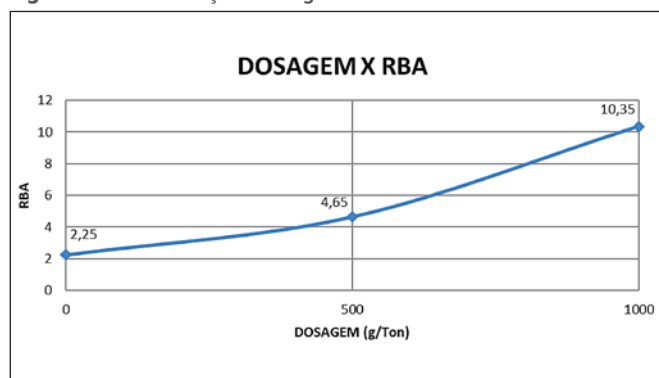
çar °SR próximo a 40, já mostra o efeito da aplicação enzimática no consumo específico de energia durante a refinação, sendo que para a aplicação de 500 g de enzima/tas apresentou redução de tempo de refinação de 30% e a aplicação de 1.000 g de enzimas/tas apresentou redução de 40%.

4. Avaliação da polpa com tratamento enzimático preliminar ao refino

Conforme já visto, a aplicação enzimática reduz significativamente o consumo de energia, com isso, buscando quantificar a melhoria da qualidade das fibras após refinação, foi realizada a análise da largura média das fibras por meio do equipamento Morfi. Na Figura 6 é possível notar que a largura das fibras apresentou aumento médio de 4,27% para a dosagem de 500 g de enzimas/tas em relação à amostra controle, e um aumento de 6,72% para a amostra de 1.000 g de enzimas/tas.

É importante ressaltar que a aplicação enzimática fez com que a polpa atingisse maior fibrilação em menor tempo de refinação, sendo verificado pelo aumento da largura média das fibras conforme Figura 6, porém não foi observado se esta fibrilação foi interna ou externa.

Assim como a fibrilação, também foi observado aumento na porcentagem de finos e encurtamento da fibra com o aumento da aplicação enzimática, sendo estes resultados analisados por meio do equipamento Morfi, conforme mostra a Figura 7, na qual com a aplicação enzimática ocorreu um grande aumento na quantidade de finos.

Figura 8. RBA em relação à dosagem de enzimas

Fonte: O autor, 2016

Em relação à amostra controle houve aumento de finos de 30,94% para a dosagem de 500 g de enzimas/tas em relação à amostra controle e de 47,15% para a dosagem de 1.000 g de enzimas/tas.

Outro parâmetro mostrado na Figura 7 foi o considerável encurtamento nas fibras com o aumento da carga de enzimas, tendo uma redução de 14,68% para a dosagem de 500 g de enzimas/tas em relação à amostra controle e de 19,97% para a dosagem de 1.000 g de enzimas/tas. Esse aumento na quantidade de finos e encurtamento das fibras ocorre pelo fato de as enzimas atacarem as regiões amorfas das moléculas de celulose, facilitando o rompimento das fibras.

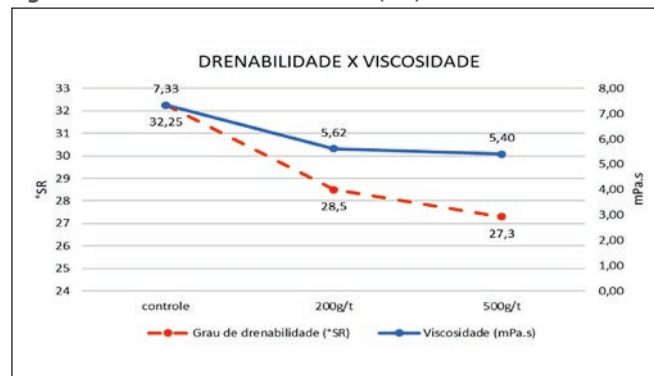
Por fim, é esperado que, quando as fibras sofrem tratamento mecânico, elas se deformem e se apresentem torcidas. Assim, se esperava que houvesse o aumento no índice de curvatura da fibra (Curl) e o índice de curvatura torcida das fibras (Kink). Porém, devido à ação enzimática, a curvatura apresentou valor de 1,09 sem apresentar variação, já o grau de torção apresentou valor médio de 4,6 com coeficiente de variação de 1,24%, mostrando que as enzimas reduzem os impactos de torção e deformação durante a refinação.

5. Avaliação da influência do tratamento enzimático preliminar ao refino na qualidade do papel

A aplicação enzimática favorece a área de ligação entre as fibras e isso ocorre devido ao maior inchamento das fibras, tornando-as mais flexíveis e aumentando sua colapsabilidade, e a formação de finos observada pela ação das enzimas sobre a celulose.

Para avaliar isso, foi realizada a análise do RBA que apresentou aumento de acordo com a aplicação enzimática como mostra a Figura 8.

Com a aplicação enzimática, ocorreu um grande aumento no RBA conforme a Figura 8, tendo um aumento de 51,61% para a dosagem de 500 g de enzimas/tas em relação à amostra controle e de 78,26% para a dosagem de 1.000 g de enzimas/tas. Esse aumento na área relativa de ligações mostra que a aplicação enzimática favorece a interação das fibras podendo trazer melhorias em algumas propriedades do papel.

Figura 9. Gráfico Grau de Drenabilidade (°SR) e Viscosidade

Fonte: O autor, 2016

6. Tratamento enzimático pós-refino

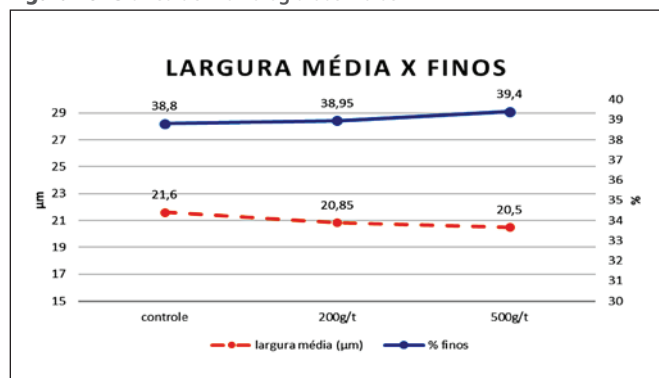
Nessa etapa a polpa foi submetida à refinação, inicialmente sem aplicação enzimática, de acordo com a curva de refino apresentada no item 2., alcançando grau de drenabilidade médio de 36,6 °SR. Após a refinação, as amostras foram divididas em três grupos e um foi analisado sem enzimas e nos outros dois foram aplicadas enzimas com 200 g de enzima/tas e 500 g de enzima/tas, seguindo as condições de aplicações recomendadas e mencionadas anteriormente. Após tratamento enzimático, foram analisados o grau de drenabilidade e a viscosidade absoluta conforme mostra a Figura 9.

Na Figura 9 nota-se que o comportamento entre o grau de drenabilidade e a viscosidade foi semelhante, apresentando uma queda, indicando uma melhora significativa na drenagem, devido às enzimas provocarem uma descamação na parede da fibra, o que pode reduzir o grau médio de polimerização da cadeia celulósica, fato este que pode ser confirmado com a queda na viscosidade de acordo com a dosagem da celulase.

Conforme ocorre o aumento na dosagem da celulase, tem-se queda nos valores tanto de viscosidade como da drenabilidade da polpa (°SR). Porém, em relação à amostra de controle, a queda na viscosidade com aplicação de 200g de enzimas/tas foi de 23% e com a aplicação de 500 g de enzimas/tas 26%, já para o grau de drenabilidade esses percentuais foram de 12 e 15% respectivamente.

A partir desses percentuais, constata-se que seria mais recomendável, tanto pelo aspecto econômico como pela qualidade da fibra, a utilização de dosagens próximas a 200g de enzimas/tas, pois os ganhos em drenabilidade são próximos e, conforme o aumento da dosagem de enzimas, tem-se uma queda de viscosidade – o que pode afetar as propriedades físico-mecânicas do papel.

Dienes, Egyhazi e Reczey (2003) encontraram um comportamento similar em seus trabalhos, onde o tratamento enzimático foi realizado em polpa reciclada, comparando enzimas diferentes em que, apesar dos resultados serem diferentes para cada tipo de enzimas, o comportamento seguiu a mesma tendência, ou seja, redução no grau de drenabilidade, indicando que a enzima pode atuar sobre a superfície da fibra modificando a estrutura molecular.

Figura 10. Gráfico de morfologia das fibras

Fonte: O autor, 2016

7. Avaliação da polpa com tratamento enzimático posterior ao refino

Quanto à morfologia da fibra, foram analisadas a largura média e o percentual de finos, conforme a Figura 10.

Com os dados na Figura 10, nota-se que a variação tanto na largura média como no percentual de finos foi discreta, sendo que em relação à amostra controle, a largura média apresentou queda de 3,5% para aplicação de 200 g de enzimas/tas e 5,1% para 500 g de enzimas/ tas.

Já os finos apresentaram comportamento inverso à largura média das fibras, indicando um ligeiro aumento. Porém, a variação em relação à amostra controle não é significativa para os finos, sendo os percentuais de aumento 0,4 e 1,5%, respectivamente.

Em seu estudo, Publio (2012) aplicou enzima antes da refinação em polpa branqueada. Contudo, o percentual de finos também apresentou um ligeiro aumento. Acredita-se que esse fato pode ser explicado devido à fibrilação mais intensa provocada pela ação das enzimas.

Por fim, a queda na largura pode ser justificada pelo fato de as enzimas provocarem certa descamação também vista na queda de viscosidade, mas como a queda na largura média foi pequena, pode-se dizer que o efeito da degradação não foi agressivo.

CONCLUSÕES

Ao longo do trabalho pode-se constatar que a polpa de papelão ondulado é heterogênea, o que foi observado por meio da grande variação do número Kappa e do grau de drenabilidade. Também se notou diferença nas curvas de refino, em que a variação do número Kappa fez com que com o mesmo tempo de refinação de parte da polpa atingisse um padrão de 30 °SR e, em outra parte, 40 °SR, mostrando que nas aparas de papelão ondulado existe uma tendência de valores, porém com pouca reprodutibilidade apresentando uma dificuldade de se trabalhar com este tipo de polpa.

No que se refere à redução no consumo de energia durante a refinação, as enzimas se mostraram extremamente efetivas, sendo importante ressaltar que a dosagem de enzimas e as características da polpa são fundamentais para quantificar essa redução.

O tratamento enzimático preliminar à refinação contribuiu com o aumento da fibrilação, o aumento da quantidade de finos e provocou o encurtamento do comprimento das fibras. Esse comportamento já era esperado, pois tais efeitos foram alcançados em outros estudos.

Durante o desenvolvimento do estudo, não foi encontrada correlação da aplicação enzimática com corte das fibras, resultado mostrado ao longo da pesquisa indicando que a amostra sofreu aumento da quantidade de finos e encurtamento das fibras, sem apresentar aumento significativo na porcentagem de cortes.

Também foi observado que o papel formado pela polpa, após esse tratamento seguido de refinação, apresentou grande área de ligação entre fibras, que foi observado pela análise do RBA, que foi pouco explorada até o momento nas pesquisas relacionadas a aplicações enzimáticas.

Quanto ao impacto do tratamento enzimático após refino, pode-se concluir que a utilização das enzimas pode trazer benefícios para o processo com melhora principalmente na drenabilidade, sendo observada nos resultados do grau Schopper Riegler.

Em relação aos aspectos morfológicos, as fibras tratadas com enzimas após refino não sofreram grandes alterações em relação à largura da fibra e teor de finos, o que também mostra que mesmo as enzimas agindo na celulose, o impacto na qualidade da fibra não foi tão significativo, mesmo com decréscimo de viscosidade. ■

REFERÊNCIAS

1. ANDRIONI, J. L. *Fabricação de Papel: Preparo de massa*. 2. ed. Rev. Ampl. Curitiba: SENAI – Departamento Regional do Paraná, 2009.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 302: Pastas Celulósicas: Determinação do número Kappa*. Rio de Janeiro, 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7730: Pastas Celulósicas: Determinação da viscosidade em solução de cuproetilenodiamina (CUEN) com viscosímetro do tipo capilar*. Rio de Janeiro, 2003.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14346: Pastas Celulósicas: Refinação laboratório, método Jokro*. Rio de Janeiro, 1999.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7263: Papel e Cartão: Determinação da resistência à compressão das ondas*. Rio de Janeiro, 2006.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14031: Papel: Determinação do Grau de Schopper Riegler*. Rio de Janeiro, 2003.

7. BAJPAI, P. K. Solving the Problem of Recycled Fiber Processing whit Enzymes. 2010. Disponível em: <http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_05/BioRes_05_2_1311_Bajpai_Solving_Problems_Recycling_w_Enzymes_932.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2014.
8. DIENES, D. EGYHÁZI, A. RÉCZEY, K. Treatment of Recycled Fiber with Trichoderma Cellulases. Elsevier, 2003.
9. FOELKEL, C. Individualização das Fibras da Madeira de Eucalipto para Produção de Celulose Kraft. 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/biolig/art_citados/Individualiza%C3%A7%C3%A3o%20das%20fibras%20da%20madeira%20do%20Eucalipto%20para%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20celulose%20Kraft.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2015.
10. LECOURT, M *et al.* Cellulase-Assisted Refining of Chemical Pulps: Impact of enzymatic charge and refining intensity on energy consumption and pulp quality. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511310001595>>. Acesso em: 19 dez. 2014.
11. LYND, L.R *et al.* Microbial Cellulose Utilization: fundamentals and biotechnology. 2002. Disponível em: <<http://mmbr.asm.org/content/66/3/506.full.pdf+html>>. Acesso em: 19 dez. 2014.
12. MANFREDI, M. Desenvolvimento de Propriedades de Papéis Recicladados pro Tratamento Ultrassônico e Adição de Xilanas. Viçosa, 2010. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/4/TDE-2010-12-09T084215Z-2748/Publico/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 dez. /2014.
13. PUBLIO, R. Aplicação de Celulases no Refino de Fibras celulósicas kraft Branqueadas de Eucalipto. São Paulo, 2012. Disponível em: <www.teses.usp.br/2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3137%2Ftde-21062013-101408%2Fpublico%2FDissertacao_Roberto_Publio.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2014.
14. TONOLI, G. H. D. Fibras Curtas de Eucalipto para Novas Tecnologias de Fibrocimento. São Carlos, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/2Fteses%2Fdisponiveis%2F88%2F88131%2Ftde-18022010-142936%2Fpublico%2FGustavoHDToli_VersaoDefendida.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2015.

Leia na próxima edição da revista *O Papel*:

AGOSTO/2018

ABTCP estrutura rede de inovação que a levará para um novo patamar como protagonista do desenvolvimento tecnológico do setor de celulose e papel

**Contrate seu anúncio até: 13/08/2018
Entregue a arte final até: 15/08/2018**



PARA ASSINAR A REVISTA *O PAPEL* OU ANUNCIAR, FALE COM O RELACIONAMENTO ABTCP

✉: relacionamento@abtcp.org.br / ☎ (11) 3874-2708 / 2714 ou 2733

Edições disponíveis também em formato digital em www.revistaopapeldigital.org.br e para leitura em smartphones e tablet pelo aplicativo "Revista *O Papel*" nas lojas AppStore e GooglePlay

Anuncie !