

Este artigo foi publicado originalmente no *Tappi Journal* e sua reprodução na revista *O Papel* é fruto da parceria mantida pelos dois veículos.
This article was originally published in *Tappi Journal* and its publication in *O Papel* magazine is due to the partnership kept by both publications.

O efeito do número kappa do digestor na capacidade de branqueamento e rendimento de celulose de fibra longa EMCCTM

The effect of digester kappa number on the bleachability and yield of EMCCTM softwood pulp

Autores/Authors*: Peter Hart¹ e Daniel Connel¹

APLICAÇÃO

Cortar os custos dos produtos químicos de branqueamento a expensas do rendimento da celulose pode levar a custos globais mais altos do que estabelecer o melhor objetivo em termos de número kappa pelos motivos corretos.

RESUMO

A capacidade de branqueamento de polpa kraft de cozimento contínuo modificado estendido, (EMCCTM), de madeira de fibra longa, foi modelado com base em branqueamento laboratorial. A partir desses modelos, a alvura, o rendimento e a viscosidade final da polpa branqueada foram preditos com base no número kappa do digestor e nas cargas de ClO_2 nos estágios D. Para objetivos de alvura final abaixo de 88% ISO, verificou-se que um número kappa de 35 era o objetivo de melhor relação custo-benefício para polpa marrom. Com objetivos de alvura mais altos, o número kappa ideal é mais baixo. Para um objetivo de alvura de 90% ISO, por exemplo, o número kappa 21 representa o grau de deslignificação com a melhor relação custo - benefício. Os efeitos da carga de sólidos no ciclo da recuperação e na produtividade da linha de fibras também foram explorados. Para atingir uma produção mais alta da linha de fibras, uma fábrica que estivesse limitada pela sua caldeira de recuperação estaria justificada em operar um digestor com um número kappa tão alto quanto 35, até mesmo com um objetivo elevado de alvura final.

APPLICATION

Cutting the costs of bleaching chemicals at the expense of pulp yield may lead to higher overall costs than setting the best kappa number target for the right reasons.

ABSTRACT

The bleachability of softwood extended modified continuous cooking (EMCCTM) kraft pulp was modeled based on laboratory bleaching. From these models the brightness, yield, and final viscosity of the bleached pulp were predicted based on the digester kappa number and the ClO_2 charges in the D stages. For final brightness targets below 88% ISO, a kappa number of 35 was found to be the most cost-effective target for brownstock. At higher brightness targets, the optimum kappa number is lower. For a brightness target of 90% ISO, for example, kappa n°. 21 represents the most cost-effective degree of delignification. The effects of recovery-cycle solids loading and fiberline throughput were also explored. To achieve a higher fiberline production, a mill that is limited by its recovery boiler would be justified in running a digester as high as kappa n°. 35 even at a high final brightness target.

*Referência dos autores / Authors' references:

1 - MeadWestvaco Corporation - E-mail: pwh3@meadwestvaco.com
2 - Eka Chemicals

INTRODUÇÃO

Em fábricas de polpa kraft branqueada, os custos associados à madeira podem ser tão altos quanto 60% dos custos variáveis. O meio mais direto de minimizar os custos da madeira é o aumento do rendimento total da celulose ao longo de toda a linha de fibras. O rendimento pode ser elevado em 2–4% mediante cozimento com polissulfeto ou mediante a utilização de aditivos, tais como antraquinona [1,2]. Processos de cozimento modificados, tais como Lo-Solids [3], ITC, e baixas cargas de álcali ativo [4,5] podem aumentar o rendimento da celulose em 1–4%, mantendo, simultaneamente, o mesmo número kappa do digestor. Além disso, a elevação pura e simples do número kappa do digestor aumenta o rendimento da celulose em 0,2–0,4% por unidade kappa (vide Fig. 1.)

A relação entre o rendimento do digestor e o número kappa é limitada por duas tendências. Em primeiro lugar, os rejeitos geralmente aumentam à medida que o número kappa se eleva. Processos de cozimento modificados podem reduzir os rejeitos provenientes de um cozimento [3] e podem produzir celulose entre kappa nº 35 e kappa nº 40 sem um volume significativo de rejeitos [8]. O nível real de rejeitos depende, naturalmente, da composição da massa, da qualidade dos cavacos e do processo de cozimento específico. Em segundo lugar, a capacidade de branqueamento tende a se reduzir à medida que o número kappa se eleva. À medida que o número kappa da polpa marrom aumenta, dosagens mais altas de produtos químicos de branqueamento passam a ser necessárias para remover a lignina remanescente que passa para a planta de branqueamento. Polpas marrons de números kappa mais altos também têm tetos de alvura mais baixos. [12].

Qualquer redução de custos da madeira, resultante de um aumento do rendimento, tem de ser considerada em relação a um aumento dos custos de branqueamento. Com base em 30 anos de trabalho laboratorial e fabril, Annergren *et al.* determinaram que a condição econômica mais favorável, baseada em preços de 1994, é um kappa do digestor entre 23 e 28 [8]. Para a melhor qualidade de resistência da fibra pode ser necessário um número kappa de 30–35.

Neste trabalho, consideramos estas

INTRODUCTION

In bleached kraft pulp mills, the costs associated with wood can be as high as 60% of the variable costs. The most direct way to minimize wood costs is to improve the total pulp yield throughout the entire fiberline. Yield may be improved by 2–4% by polysulfide cooking or by using additives such as anthraquinone [1, 2]. Modified cooking processes such as Lo-Solids [3], ITC, and low active alkali charges [4, 5] can increase the pulp yield by 1–4% while maintaining the same digester kappa number. In addition, simply raising the digester kappa number increases the pulp yield by 0.2–0.4% yield per kappa unit (see Fig 1.)

The relationship between digester yield and kappa number is limited by two tendencies. First, rejects generally increase as the kappa number increases. Modified cooking processes can reduce the rejects from a cook [3] and can produce pulp between kappa 35 and kappa 40 without significant rejects [8]. The actual rejects level depends, of course, on the furnish, the chip quality, and the specific cooking process. Second, bleachability tends to decrease as the kappa number increases. As the brownstock kappa number increases, higher dosages of bleaching chemicals are required to remove the remaining lignin entering the bleach plant. Pulp of higher brownstock kappa numbers also have lower brightness ceilings [12].

Any decrease in wood cost arising from a yield increase has to be balanced against an increase in bleaching cost. Based on 30 years of laboratory and mill work, Annergren *et al.* determined that the economic optimum, based on 1994 prices, is a digester kappa between 23 and 28 [8]. For the best strength quality of the fiber, a kappa number of 30–35 may be required.

In this work, we considered these issues for a modern EMCCTM southern pine fiber. We utilized laboratory cooking and bleaching, nonlinear modeling of the bleaching response as described by McDonough *et al.* [13], and linear regression techniques.

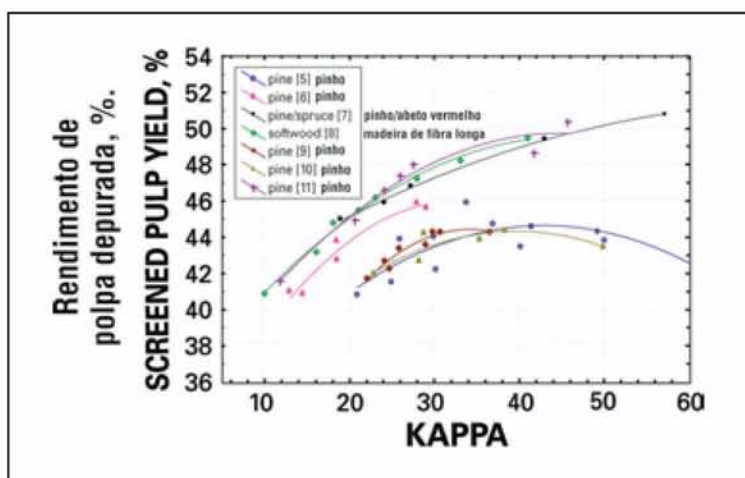


Figura 1. Rendimentos divulgados de polpa kraft depurada
Figure 1. Screened kraft pulping yields published

questões para uma moderna fibra de EMCCTM de pinho do sul. Utilizamos cozimento e branqueamento laboratoriais, modelação não-linear da reação ao branqueamento, conforme descrito por McDonough [13], e técnicas de regressão linear.

MÉTODO

Polpação kraft

A polpação do pinho do sul foi efetuada em digestor de laboratório projetado para simular polpação kraft modificada. A temperatura e a carga de álcali efetivo foram ajustadas para produzir nove variações de polpas, com números kappa entre 12,5 e 33,5. A sulfidez foi mantida em 30% para todos os cozimentos. Os rendimentos totais e depurados foram medidos em cada cozimento (Tabela I).

Simulação do branqueamento

Após tratadas com xilanase, sete das polpas produzidas em laboratório e uma produzida em fábrica foram branqueadas sob as condições relacionadas na Tabela II.

Cada polpa foi branqueada com três fatores kappa num estágio D_0 , seguido de um branqueamento EP (3 kg/t de H_2O_2 , pH final = 10,5). A polpa resultante foi branqueada com uma série de cargas de ClO_2 numa simulação do estágio D_1 , conforme descrito na Tabela III. Todos os branqueamentos foram realizados em sacos Kapak lacrados, em banho de água na temperatura especificada. Resultados laboratoriais anteriores foram usados para modelar a reação ao estágio P.

METHOD

Kraft pulping

The southern pine furnish was pulped in a laboratory digester designed to simulate modified kraft pulping. The temperature and effective alkali charge were adjusted to yield nine pulp furnishes with kappa numbers between 12.5 and 33.5. Sulfidity was maintained at 30% for all cooks. Total and screened yields were measured on each cook (Table I).

Bleaching simulation

After being treated with xylanase, seven of the lab-produced pulps and one mill-produced pulp were bleached under the conditions listed in Table II.

Each pulp was bleached at three kappa factors in a D_0 stage followed by EP bleaching (3 kg/t H_2O_2 , final pH = 10.5). The resulting pulp was bleached at a range of ClO_2 charges in a D_1 stage simulation as described in Table III. All bleaching was carried out in sealed Kapak bags in a water bath of the specified temperature. Previous laboratory results were used to model the P-stage response.

Modeling technique

Research by McDonough et al. [13] has shown

Tabela I. Dados dos cozimentos / Table I. Pulping data

Código da polpa <i>Pulp code</i>	Número kappa <i>Kappa nº.</i>	Fator H <i>H Factor</i>	Rendimento total, % <i>Total Yield, %</i>	Rejeitos, % <i>Rejects, %</i>	Rendimento depurado, % <i>Screened yield, %</i>
B	12.5	1954	41.9	0.1	41.8
C	13.5	1880	42.7	0.2	42.5
D	17.1	1580	43.0	0.3	43.8
...	20.4	1695	44.3	0.5	43.8
...	22.6	1746	43.9	0.8	43.1
A	23.5	1360	44.7	0.7	44.0
I	23.5	1258	45.2	0.8	44.4
F	32.6	1155	48.4	0.9	47.5
E	33.2	1050	49.5	1.2	48.3

Tabela II. Condições do branqueamento / Table II. Bleaching conditions

Estágio / Stage	Tempo, min / Time, min.	Temp. °C / Temp. °C	Consistência, % <i>Consistency, %</i>
D_0	45	135	9.0
EP	60	185	9.0
D_1	120	160	9.0

Tabela III. Esquemas dos branqueamentos / Table III – Bleaching plan

Código da polpa Pulp code	Número kappa Kappa number	D ₀ Cl ativo kg/t D ₀ Active Cl.kg/t	Fator kappa Kappa factor	D ₁ ClO ₂ , cargas de Cl ativo – kg/t D ₁ ClO ₂ charges, kg/t act. Cl			
				1	2	3	4
A	23.5	35	0.15	46	72	...	...
		47	0.20	33	59	...	...
		94	0.40	7	13	46	...
B	12.5	19	0.15	33	59	...	...
		38	0.30	7	46	...	...
		56	0.45	5	39	...	...
C	13.5	20	0.15	39	72	...	...
		34	0.25	20	53	...	...
		54	0.40	5	39	...	...
D	17.1	17	0.10	53	79	...	...
		43	0.20	13	26	59	...
		68	0.40	7	46	...	...
E	33.2	33	0.10	53	92	...	...
		66	0.20	20	39	72	...
		100	0.30	20	53	...	...
F	32.6	16	0.05	53	105	...	...
		49	0.15	26	53	79	...
		114	0.35	20	26	...	...
H	25.4	25	0.10	53	79	...	...
		51	0.20	26	39	66	...
		76	0.30	13	39	...	...
I	23.5	24	0.10	53	79	...	...
		47	0.20	13	39	66	...
		71	0.30	20	46	...	...
J	16.3	20	0.12	13	20	40	80
		40	0.25	10	17	35	80
		60	0.37	7	13	30	80
		80	0.49	5	10	25	80

J = produzido pela fábrica / J = mill produced

Técnica de modelação

Uma pesquisa realizada por McDonough [13] mostrou que alvuras D₁ ou D₂, y, reagem à carga de ClO₂, x, segundo a seguinte equação:

$$y = b_0 + bg[1 - \exp(-x/r)] \quad (1)$$

O termo b₀ é a alvura inicial antes da adição de ClO₂. O termo bg é o ganho de alvura com adição infinita de ClO₂. Portanto, a soma de b₀ e bg representa a máxima alvura atingível para o estágio D sob as condições específicas da simulação. Podemos referir-nos a essa máxima alvura como o “teto de alvura”. O termo r descreve a velocidade com que ocorre a aproximação do teto de alvura. O valor absoluto de r é igual à quantidade de ClO₂ com a qual são obtidos 62% do ganho de alvura.

that D₁ or D₂ brightness, y, responds to ClO₂ charge, x, via the following equation:

$$y = b_0 + bg[1 - \exp(-x/r)] \quad (1)$$

The term b₀ is the initial brightness before ClO₂ addition. The term bg is the brightness gain at infinite ClO₂ addition. Therefore, the sum of b₀ and bg represents the maximum achievable brightness for the D stage under the specific conditions of the simulation. We can refer to this maximum brightness as the “brightness ceiling.” The term r describes the rate at which the brightness ceiling is approached. The absolute value of r is equal to the amount of ClO₂ at which 62% of the brightness gain is achieved.

Esta curva proporciona uma boa adequação, não somente para a alvura dos estágios D₁ ou D₂, mas também, com modificação, para a reação do kappa do estágio DE à carga de ClO₂ do estágio D₀.

$$y = k_0 + kd [1 - \exp(-x/r)] \quad (2)$$

Novamente, x é a carga de ClO₂, y é o kappa do estágio DE, com condições constantes do estágio E, k_0 aproxima-se do número kappa inicial da polpa marrom, e kd representa a alteração máxima do número kappa entre a polpa marrom e a polpa do estágio DE, com condições constantes do estágio E. O conceito do teto de alvura é permutado pelo "piso kappa", ou o número kappa do estágio DE além do qual nenhuma quantidade de ClO₂ produzirá um número kappa mais baixo.

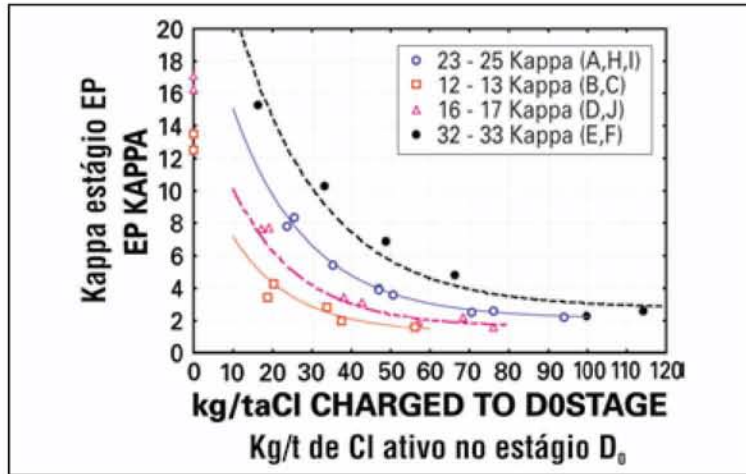


Figura 2. Número kappa do estágio EP versus carga de ClO₂ do estágio D₀ / Figure 2. EP kappa vs. D₀ ClO₂ charge

This curve provides a good fit not only for D₁ or D₂ stage brightness, but also, with modification, for the DE kappa response to the D₀ ClO₂ charge.

$$y = k_0 + kd [1 - \exp(-x/r)] \quad (2)$$

Again x is the ClO₂ charge, y is the DE kappa at constant E stage conditions, k_0 is approximated by the initial brownstock kappa number, and kd represents the maximum change in kappa number between the brownstock and the DE stock at constant E-stage conditions. The concept of the brightness ceiling is exchanged for the "kappa floor," or the DE kappa number beyond which no amount of ClO₂ will yield a lower kappa number.

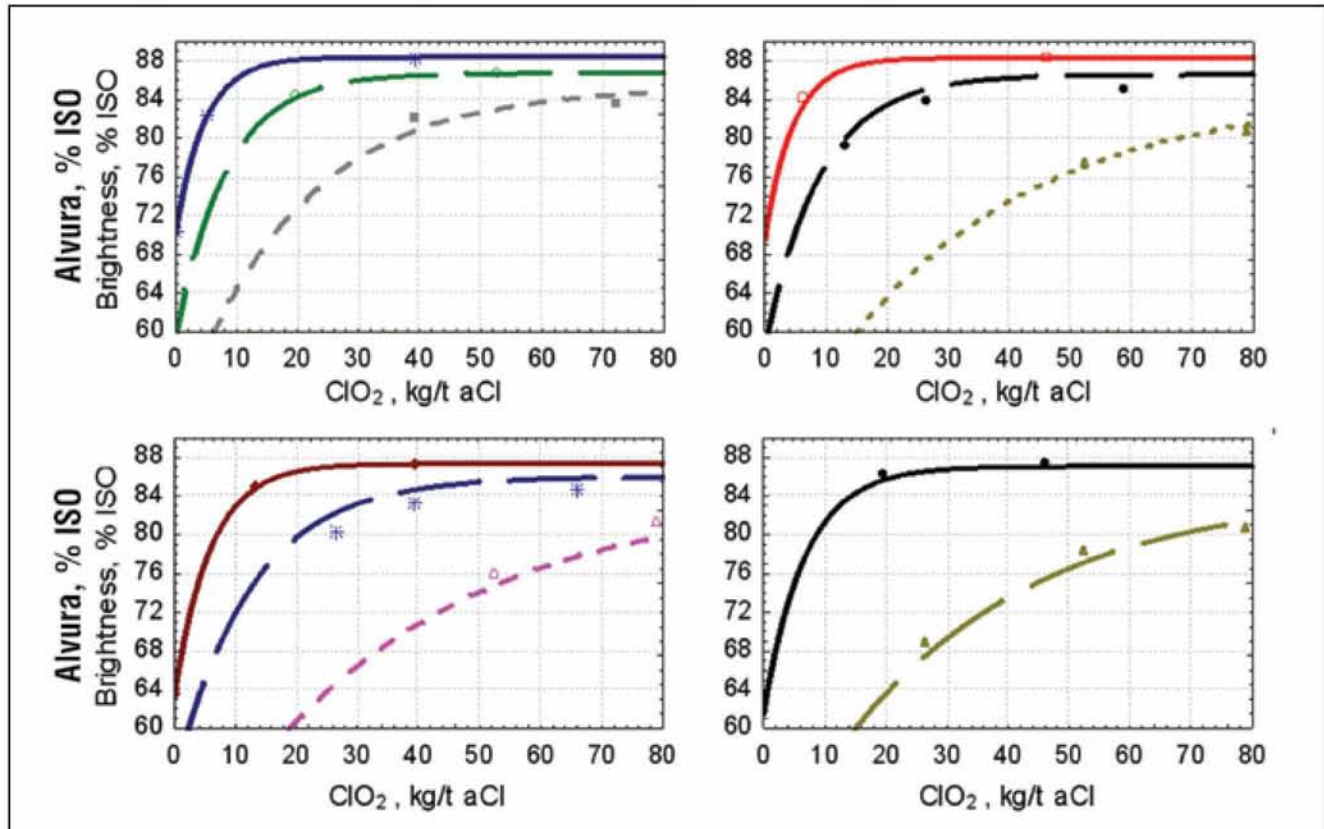


Figura 3. Reação da alvura à carga de ClO₂: (3a) C com fatores kappa de 0,15, 0,25 e 0,45; (3b) D com fatores kappa de 0,10, 0,25 e 0,40; (3c) H com fatores kappa de 0,10, 0,20 e 0,40; (3d) F com fatores kappa de 0,15 e 0,35 / Figure 3. Brightness response to ClO₂ charge: (A) Pulp C at 0.15, 0.25 and 0.45 kappa factors. (B) Pulp D at 0.10, 0.25 and 0.40 kappa factors. (C) Pulp H at 0.10, 0.20 and 0.40 kappa factors. (D) Pulp F at 0.15 and 0.35 kappa factors

Com base nestas equações, a reação ao kappa do estágio DE pôde ser determinada para cada polpa individual deste estudo (polpas A–J). A relação entre os parâmetros kd e r e o número kappa da polpa marrom é aproximadamente linear acima da faixa dos números kappa avaliados. Para fins de modelação, o conjunto inteiro de dados é regredido para determinar a forma da Eq. 2, em que $kd = a + b \cdot k_0$ e $r = c + d \cdot k_0$. Uma vez conhecidas as constantes a, b, c e d, pode-se determinar y, dados quaisquer k_0 e x. As curvas da Figura 2 são uma boa adequação aos dados.

Após o branqueamento $D_0(EP)$, tínhamos 28 polpas diferentes, que variavam em alvura e número kappa. Submetemos cada polpa

a duas, três ou quatro cargas de ClO_2 (D_1), para determinar a curva de reação à alvura (Eq. 1). Correlacionamos os parâmetros bg e r à alvura inicial mediante regressão linear. O resultado é um modelo que prediz a alvura com base na alvura inicial e na carga química de acordo com a Eq. 1, em que $bg = a + b \cdot b_0$ e $r = c + d \cdot b_0$. Os gráficos da Fig. 3 indicam que os resultados se ajustam bem a estas equações.

O modelo completo está representado na forma de um gráfico de contorno na Fig. 4. Uma vez que o estágio EP na simulação laboratorial foi operado a uma carga de peróxido constante, podemos supor uma relação constante entre o número kappa do estágio EP e a alvura (Fig. 5). Esta relação provê o elo entre o modelo $D_0(EP)$, que prediz o número kappa, e o modelo D_1 , que requer a alvura do estágio EP na forma de uma variável.

Uma equação linear, Eq. 3, descreve a relação entre a alvura do estágio EP, y, e o número kappa do estágio EP, x.

$$y = a + b \cdot x + (c/x) \quad (3)$$

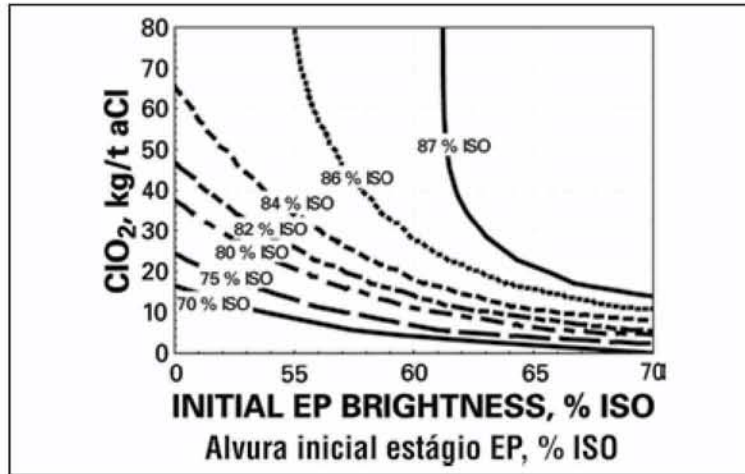


Figura 4 Modelo do estágio D_1 / Figure 4. D_1 stage model

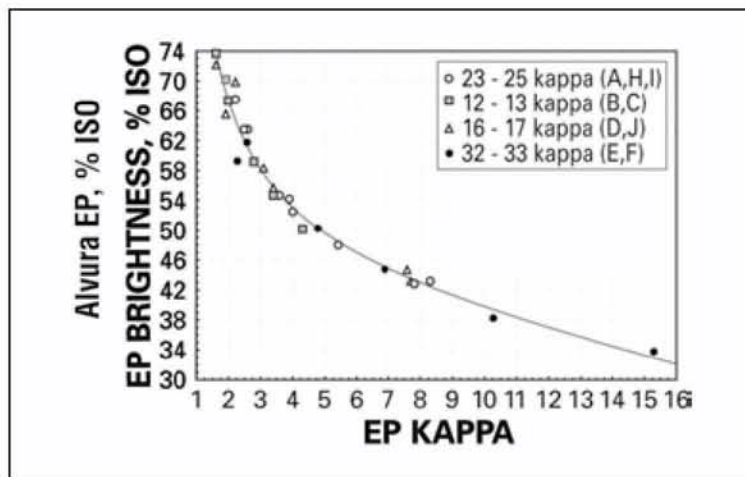


Figura 5. Alvura EP versus número kappa do estágio EP
Figure 5. EP brightness vs. EP kappa number

Based on these equations, the DE kappa response can be determined for each individual pulp in this study (Pulps A–J). The relationship between the parameters kd and r and the brownstock kappa number is nearly linear over the range of kappa numbers evaluated. For modeling purposes, the entire data set is regressed to determine the form of Eq. 2 where $kd = a + b \cdot k_0$ and $r = c + d \cdot k_0$. Once we know the constants a, b, c, and d, we may solve for y, given any k_0 and x. The curves in Fig. 2 are a good fit to the data.

After $D_0(EP)$ bleaching, we had

28 different pulps that varied in brightness and kappa number. We subjected each pulp to two, three, or four ClO_2 charges (D_1) to determine the brightness response curve (Eq. 1). We correlated the parameters bg and r to the initial brightness via linear regression. The result is a model that predicts brightness based on initial brightness and chemical charge according to Eq. 1, where $bg = a + b \cdot b_0$ and $r = c + d \cdot b_0$. The graphs in Fig. 3 show that the results fit well with these equations.

The full model is shown as a contour graph in Fig. 4. Since the EP stage in the lab simulation was operated at a constant peroxide charge, we can assume a constant relationship between the EP stage kappa number and brightness (Fig. 5.) This relationship provides the link between the $D_0(EP)$ model, which predicts kappa number, and the D_1 model, which requires EP brightness as a variable.

A linear equation, Eq. 3, describes the relationship between EP brightness, y, and EP kappa, x.

O estágio P final foi modelado com dados laboratoriais de um estudo anterior, e os resultados foram ajustados com uma equação semelhante à Eq. 2. Com estas quatro equações podemos modelar a reação de toda a seqüência D(EP)DP a cargas químicas e ao número kappa da polpa marrom.

Análise da Capacidade de Branqueamento

A primeira etapa do processo de análise do modelo é a determinação do efeito do número kappa sobre a quantidade de ClO_2 necessária para atingir uma alvura específica da seqüência final. Verificamos que para objetivos de alvura inferiores a 89% ISO há uma relação quase linear entre o número kappa e a quantidade necessária de ClO_2 , conforme indica a Fig. 6.

Contudo, com objetivos de 89% ISO e 90% ISO, havia uma curvatura não-linear para com a relação. Tal resultado é atribuível ao teto de alvura para a seqüência de branqueamento global. A partir das Eqs. 1 e 2 pode-se ver que cada estágio tem uma alvura máxima ou um número kappa mínimo. Os efeitos cumulativos destes limites resultam num teto de alvura global para a seqüência inteira, que depende do número kappa da polpa marrom na entrada, conforme indica a Fig. 7. Este limite é o teto de alvura após a maximização da carga de ClO_2 em ambos os estágios D_0 e D_1 . O limite de confiança de 95% em relação ao modelo foi calculado mediante a utilização do erro-padrão dos resíduos.

Com um número kappa de cerca de 30, o teto de alvura média no estágio P final cai para 90% ISO. De acordo com o modelo, é altamente improvável que a alvura seja superior a 91% ISO no estágio P, com uma polpa marrom

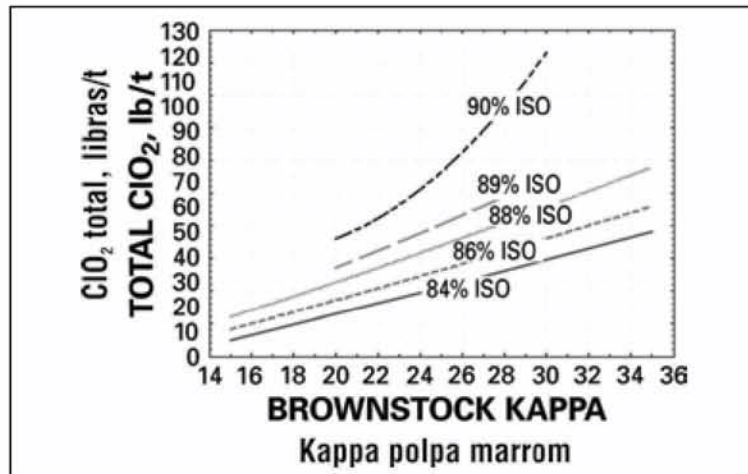


Figura 6. Número kappa da pasta marrom versus quantidade total de ClO_2 necessária / Figura 6. Brownstock kappa number vs. total ClO_2 requirement

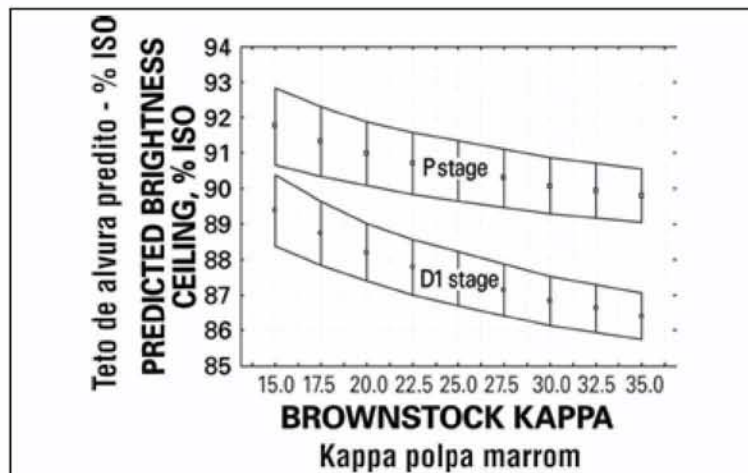


Figura 7. Predição teto de alvura versus número kappa / Figura 7. Sequence brightness ceiling vs. kappa number

$$y = a + b \cdot x + (c/x) \quad (3)$$

The final P stage was modeled with lab data from a previous study, and the results were fitted with an equation similar to Eq. 2. With these four equations, we can model the entire D(EP)DP sequence response to chemical charges and brownstock kappa number.

BLEACHABILITY ANALYSIS

The first step in analyzing the model is to determine the effect of kappa number on the amount of ClO_2 required to reach a specific final sequence brightness. We found that for brightness targets below 89% ISO, there is a near-linear

relationship between kappa number and ClO_2 requirement, as Fig. 6 shows.

However, with targets of 89% ISO and 90% ISO, there was a nonlinear curvature to the relationship. This outcome is attributable to the brightness ceiling for the overall bleaching sequence. From Eq. 1 and Eq. 2, we can see that each stage has a maximum brightness, or a minimum kappa number. The cumulative effects of these limits lead to an overall brightness ceiling for the entire sequence, dependent on incoming brownstock kappa number as Fig. 7 shows. This limit is the brightness ceiling after maximizing the ClO_2 charge in both D_0 and D_1 . The 95% confidence limit around the model was calculated using the standard error of the residuals.

At about kappa 30, the mean brightness ceiling at the final P stage drops to 90% ISO. According to the model, it is highly improbable for the bright-

de número kappa 30, independentemente da quantidade de produto químico aplicada. Esta limitação é específica desta seqüência (número e tipo de estágios) e destas condições de branqueamento (tempo, temperatura e consistência). Uma seqüência de cinco estágios pode apresentar um teto mais alto, enquanto uma seqüência curta, sem xilanase, pode apresentar um teto mais baixo.

Na segunda etapa, medimos a viscosidade da polpa do estágio D1 como uma indicação do efeito de variáveis sobre a resistência da polpa. A partir da Fig. 8 pode-se concluir que a quantidade total de ClO_2 usada nestas simulações teve pouco ou nenhum efeito sobre a viscosidade final da polpa.

A viscosidade final da polpa depende muito mais do número kappa inicial da pasta marrom do que da carga de ClO_2 em termos quantitativos, conforme revela a forte relação da Fig. 9.

Economia

Ao analisarmos o modelo, buscamos respostas a duas perguntas:

1. Qual é o efeito do número kappa da polpa marrom sobre a soma dos custos de produção da madeira e dos produtos químicos?
2. Qual é o efeito do número kappa da polpa marrom sobre a produtividade potencial da linha de fibras numa fábrica limitada pela capacidade da sua caldeira de recuperação?

O rendimento da polpa branqueada desempenha um papel importante no custo total da polpa branqueada. À medida que o número kappa aumenta, o custo do branqueamento se eleva, mas os custos da madeira se reduzem em consequência da relação entre o número kappa e o ren-

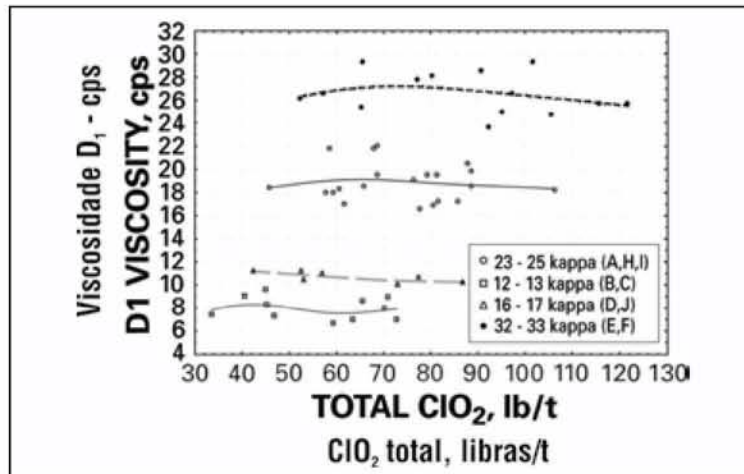


Figura 8. Efeito da carga total de ClO_2 na viscosidade do estágio D₁.
Figure 8. Effect of total ClO_2 charged on the D₁ stage viscosity

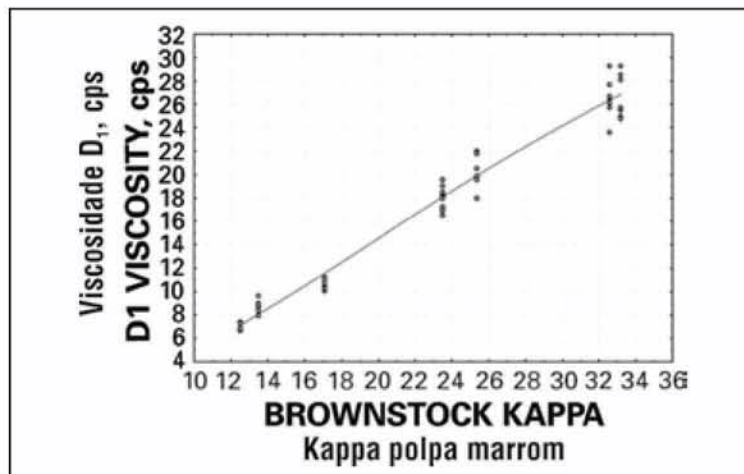


Figura 9. Efeito do número kappa da polpa marrom na viscosidade do estágio D₁.
Figure 9. Effect of brownstock kappa number on the D₁ stage viscosity

ness to be greater than 91% ISO at the P stage with a brownstock of kappa 30 regardless of the amount of chemical applied. This limitation is specific to this sequence (number and type of stages) and these bleaching conditions (time, temperature, and consistency). A five-stage sequence may exhibit a higher ceiling, while a short sequence without xylanase may exhibit a lower ceiling.

In the second step, we measured the viscosity of the D₁ stage pulp as an indication of the effect of variables on the strength of the pulp. From Fig. 8 we can conclude that the total amount of ClO_2 used in these simu-

lations had little or no effect on the final viscosity of the pulp.

The final viscosity of the pulp is much more dependent on the initial brownstock kappa number than on the amount of ClO_2 charged, as the strong relationship in Fig. 9 reveals.

Economics

In analyzing the model, we sought answers to two questions:

1. What is the effect of brownstock kappa number on the sum of wood and chemical costs of production?
2. What is the effect of brownstock kappa number on the potential fiberline throughput in a mill limited by its recovery boiler capacity?

Bleached pulp yield plays an important role in the total bleached pulp cost. As the kappa number in-

dimento. Com o modelo, predissemos os custos totais da polpa branqueada para várias alvuras finais objetivas (vide Fig. 10).

Nos casos dos objetivos de 84–88% ISO, o número kappa 34 é ideal em termos de custos. Com objetivo de 89% ISO, um número kappa de 29 é ideal, enquanto objetivo de 90% ISO resulta num nível ideal ainda mais baixo, com um número kappa de 22. No caso de 90% ISO, o aumento não-linear dos custos de branqueamento supera qualquer economia nos custos da madeira entre os números kappa de 22 e 35. O teto de alvura afeta o número kappa ideal para dada linha de fibras.

O rendimento da polpa afeta não somente os custos da madeira e de branqueamento, mas também a quantidade de sólidos encaminhada para a recuperação. A porção orgânica da carga de sólidos encaminhada à recuperação pode ser calculada a partir do rendimento total no digestor. À medida que se eleva o objetivo em termos de número kappa do digestor, a carga de sólidos pode ser reduzida, ou a produção da linha de fibras pode ser aumentada (Fig. 11).

A título de exemplo, uma fábrica de 900 t/dia, operando com um número kappa de 20, encaminha diariamente 2,4 milhões de libras de sólidos orgânicos para a planta de recuperação. Elevando-se o número kappa do digestor para 28, a fábrica poderá produzir 1000 toneladas de polpa por dia sem nenhum acréscimo na quantidade de sólidos encaminhada à recuperação. Se a fábrica também reduzir o álcali efetivo para atingir o novo objetivo de número kappa de 28, a carga de sólidos reduzirá-se em caráter adicional.

O número kappa ideal para custos de polpação e de branqueamento depende da seqüência e do teto de alvura. No

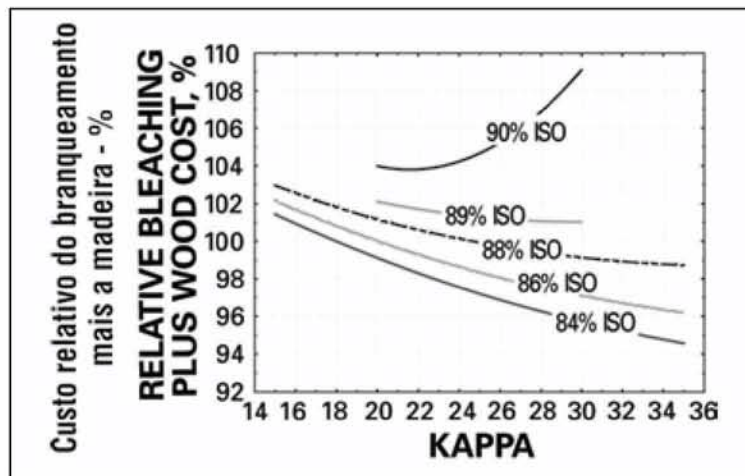


Figura 10. Efeito do número kappa da polpa marrom sobre o custo total relativo de madeira e branqueamento

Figure 10. Effect of brownstock kappa number on the relative total wood and chemical costs

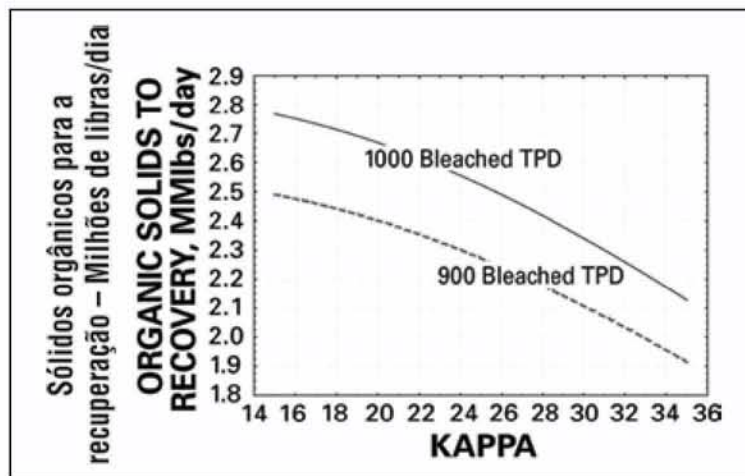


Figura 11. Número kappa da pasta marrom versus carga de sólidos para a recuperação / Figura 11. Brownstock kappa number vs. recovery solids loading

creates, the bleaching cost increases, but the wood costs decrease as a result of the kappa–yield relationship. With the model, we predicted total bleached pulp costs for various target final brightnesses (see Fig. 10.)

At the 84–88% ISO targets, kappa 34 is optimal in terms of costs. At the 89% ISO target, a kappa number of 29 is optimal, while the 90% ISO target gives an even lower optimum at kappa 22. In the case of 90% ISO, the nonlinear increase in bleaching costs overcome any wood cost savings between kappa numbers 22 and 35. The brightness ceiling affects the optimal kappa number for a given fiberline.

Pulp yield affects not only the wood and bleaching costs but also the amount of solids sent to recovery. The organic portion of the solids load to recovery may be calculated from the total yield at the digester. As the digester kappa number target is increased, the solids load can be reduced, or the fiberline production can be increased (Fig. 11).

As an example, a mill running at kappa number 20 at a 900-t/day mill will send 2.4 million lb of organic solids to recovery per day. By raising the digester kappa number to 28, the mill can produce 1000 tons of pulp per day with no increase in the amount of solids sent to recovery. If the mill also reduces effective alkali to meet the new target of kappa number 28, the solids loading will be reduced further.

The optimal kappa number for pulping and bleaching costs depends on the sequence and the

caso de uma fábrica limitada em termos de recuperação, um aumento no número kappa objetivado para o digestor, até mesmo além do número kappa ideal em termos de custos, poderá reduzir a carga para a recuperação ou aumentar a produção. Em geral, quanto mais longe do teto de alvura a planta de branqueamento operar, tanto mais alto será o número kappa ideal.

CONSIDERAÇÕES DOS AUTORES

Durante os últimos anos, o foco dos esforços de pesquisa tem convergido para a redução dos custos de branqueamento da polpa, e não para a redução do custo total de uma tonelada de polpa branqueada. Conseqüentemente, gerentes de produção e da fábrica tendem a cortar os custos de produtos químicos de branqueamento a expensas do rendimento da polpa. Todavia, o custo da madeira é uma porção primordial do custo de produção de polpa totalmente branqueada.

A maioria das fábricas põe em foco a redução dos custos de branqueamento porque é algo fácil de ser medido. O gerente de produção diz ao gerente da fábrica de celulose que baixe os custos de branqueamento quase diariamente. O meio mais eficaz de realizar esta tarefa é a redução do número kappa da polpa. O resultado é um aumento significativo do custo total de cada tonelada de polpa branqueada produzida.

brightness ceiling. For a recovery-limited mill, an increase in the target digester kappa number, even beyond the optimal kappa number in terms of costs, may reduce recovery loading or increase production. In general, the further from the brightness ceiling the bleach plant operates, the higher will be the optimum kappa number.

INSIGHTS FROM THE AUTHORS

Over the last several years, the focus of research efforts has been on lowering the costs of bleaching pulp, not on lowering the total cost of a tonne of bleached pulp. As a result, production and mill managers tend to cut the costs of bleaching chemicals at the expense of pulp yield. However, the cost of wood is a major portion of the cost of producing fully bleached pulp.

Most mills focus on reducing bleaching costs because it is easy to measure. The production manager tells the pulp mill manager to lower the bleaching costs on an almost daily basis. The most expedient way to accomplish this task is to lower the kappa number of the pulp. The result is a significant increase in the total cost of each tonne of bleach pulp produced.

FABIO PERINI S.A.

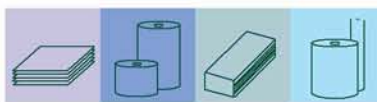
O MUNDO DO TISSUE NA 39ª ABTCP-TAPPI 2006

Tecnologia e soluções para a indústria de conversão e empacotamento de tissue • Assistência técnica especializada
Peças de reposição originais • Treinamentos • Programa de melhorias técnicas • Reforma de máquinas



Agradecemos sua visita em nosso Stand!
Nos vemos em 2007. Até lá!

www.spares-on-line.com



FABIO PERINI
BRASIL

FABIO PERINI - CASMATIC - DIATEC



É importante focar o custo total e compreender o impacto do número kappa no rendimento da polpa nos custos de branqueamento. Um desempenho dos custos a longo prazo depende dos objetivos de operação diários, estabelecidos em cada fábrica. O pessoal da fábrica precisa compreender a relação de custo total entre o número kappa e os custos de branqueamento, e usar estes dados no estabelecimento e na manutenção dos objetivos operacionais.

AGRADECIMENTO

Os autores gostariam de agradecer a Carroll Hale e Alan Bills, aposentados, da MeadWestvaco, pelo trabalho de polpação laboratorial. Agradecimentos especiais também são feitos a John Atwood, Robby Comer e Billy Biggers, da Eka Chemicals, pelo trabalho de branqueamento laboratorial. ▲

It is important to focus on the total cost and understand the impact of the kappa number on pulp yield and bleaching costs. Long-term cost performance depends on the daily operating targets set in each mill. Mill personnel need to understand the total cost relationship between kappa number and bleaching costs and use these data in establishing and maintaining operational targets.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank Carroll Hale and Alan Bills, retired, of MeadWestvaco, for the laboratory pulping work. Special thanks also to John Atwood, Robby Comer, and Billy Biggers of Eka Chemicals for the laboratory bleaching work. ▲

LITERATURA CITADA / LITERATURE CITED

1. PARTHASARATHY, V., Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, 1998.
2. JIANG, Z., VAN LIEROP B., NOLIN A., BERRY R., Journal of Pulp and Paper Science 28(6): 193(2002).
3. MARCOCCIA, B., STROMBERG, B., e PROUGH, R., Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, 1998.
4. PU, Y., YANG, R., LUCIA, L., 2002 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 105.
5. MAGNOTTA, V., KIRKMAN A., JAMEEL, H., e GRATZL, J., Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, 1998.
6. FROASS, P., RAGAUSKAS, A., MCDONOUGH, T., e JIANG, J., 1996 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 163.
7. BOKSTRÖM, M., e NORDEN, S., 1998 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 23.
8. ANNERGREN G., BOMAN, M., e SANDTROM, P., 1998 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 99.
9. JAMEEL, H., GRATZL, J., PRASAD, D. Y., CHIVUKULA, S., Anthraquinone Pulping: A TAPPI PRESS Anthology of Published Papers, TAPPI PRESS, Atlanta, 1997, p. 317.
10. RAJAN, P. S., GRIFFIN, C., JAMEEL, H., e GRATZL, J., Anthraquinone Pulping: A TAPPI PRESS Anthology of Published Papers, TAPPI PRESS, Atlanta, 1997, p. 10.
11. BUCHERT, J., TENKANEN, M., e TAMMINEN, T., TAPPI J. 84(4): 70(2001).
12. RAWAT, N., E MCDONOUGH, T., 1998 TAPPI Pulping Conference Proceedings, IPST.
13. MCDONOUGH, T., 1996 TAPPI Pulping Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 201.