

# Perfil térmico e dos depósitos da caldeira de recuperação da Riocell: caracterização e previsão

José Wilhems Ventura\*

Alberto Ferreira Lima\*

Uma das preocupações constantes em uma fábrica de celulose é com sua continuidade operacional, isto é, sua capacidade de operar, sem interrupções, durante a maior quantidade de tempo possível, sem comprometer a segurança dos equipamentos.

Neste conceito, se destaca a área da caldeira de recuperação onde se dá a recuperação dos produtos químicos utilizados no cozimento, bem como a geração de energia térmica. Este equipamento, sem igual em outros processos da indústria química, queima um combustível com características bastante especiais principalmente no que diz respeito ao seu conteúdo de inorgânicos, que normalmente varia de 35 a 45% do total.

Esta característica *sui generis*, aliada a detalhes construtivos, procedimentos de operação e peculiaridades do processo, contribui para um maior ou menor tempo de operação da caldeira entre as paradas periódicas forçadas da unidade fabril para realizar a limpeza do equipamento.

O fenômeno, que leva a estas interrupções no processo produtivo para limpezas, é conhecido como incrustação que pode ser definida como a redução ou a dificuldade da passagem dos gases de combustão emanados pela fornalha por causa da acumulação maciça de depósitos em determinados pontos da caldeira.

Este problema vem sendo estudado há bastante tempo, haja visto o seu impacto no que diz respeito à perda de

produção (1 a 9). Apesar destes estudos, não há ainda uma unanimidade com relação às causas deste processo, sendo que as principais já levantadas são: temperatura alta dos gases da fornalha, má distribuição do ar, deficiência de sopragem, alta taxa de queima de sólidos e características químicas do licor queimado.

A Riocell, desde outubro de 1992, deixou de adicionar enxofre ao sistema visando reduzir as emissões de TRS (*Total Reduced Sulfur*) nas suas fontes. As características do processo de polpação e a qualidade da polpa foram mantidas inalteradas com a utilização de antraquinona no digestor.

Passados mais de um ano desta prática, a sulfidez atingiu níveis de 5% e o objetivo foi plenamente atingido com reduções de até 75% na carga de TRS lançada à atmosfera, bem como reduções substanciais nas emissões de dióxido de enxofre causadas pela mudança do óleo combustível utilizado. Além destes ganhos e outros já divulgados, ocorreram algumas modificações no processo de recuperação, dentre as quais pode-se citar o aumento da temperatura na região da fornalha e a mudança no perfil da concentração do carbonato de sódio nas cinzas da caldeira de recuperação (19,20).

A redução da sulfidez alterou todas as relações das misturas de sais com influências marcantes nos pontos eutéticos onde aparecem o carbonato, sulfato, sulfeto e cloreto de sódio. A importância destas relações está no fato de que elas são fundamentais na definição da localização de possíveis incrustações, a que temperaturas serão formadas e de que tipo serão, isto é, de fácil ou difícil remoção.

A realização deste trabalho tem por

finalidade principal aprofundar o conhecimento do comportamento de uma caldeira de recuperação em um ambiente de baixa sulfidez, de modo a nos permitir estimar, com bastante precisão, onde estes depósitos se formarão e possibilitar criar padrões específicos de sopragem para determinadas regiões mais críticas, relações de ar, temperatura do licor, nível ótimo de sulfidez, além de outras variáveis importantes da caldeira.

## Origem e caracterização dos depósitos

Os depósitos podem ser formados através de dois mecanismos: arraste e condensação de partículas. O arraste é constituído, principalmente, pela deposição de partículas de *smelt* e/ou por partículas de licor negro parcialmente ou não queimadas e que são arrastadas da camada e conduzidas, até as partes superiores da caldeira, pelo fluxo de gases. Os depósitos se formam pelo impacto das partículas parcial ou totalmente fundidas.

O outro mecanismo de formação é o da condensação de partículas volatilizadas, na parte inferior da caldeira, de compostos principalmente de sódio, cloretos e potássio. Estas partículas, com dimensões submicricas, são levadas pelos gases e se condensam nas partes mais frias (seção convectiva).

Cumprido salientar que, na prática, estes mecanismos em separado não ocorrem, encontrando-se sempre uma mistura dos dois tipos de depósitos, variando apenas o porcentual de um tipo em relação ao outro. Por exemplo, na região do superaquecedor, em função da alta temperatura local, dificilmente os depósitos originados por condensação existirão em grande quantidade. Por outro lado, nas regiões mais frias, como bancada e economiza-

\* José Wilhems Ventura e Alberto Ferreira Lima, Riocell S.A. - RS - Brasil. Trabalho apresentado no 27º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo-SP - Brasil, de 7 a 11 de novembro de 1994.

dor, os depósitos não conterão porcentual elevado de partículas arrastadas pois estas estarão completamente solidificadas e não se agregam facilmente.

A composição química dos depósitos irá sofrer variações também em função do tipo e da proporção dos mecanismos formadores. No arraste, a maior parte do material é formada por carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), o que é esperado, já que este é o composto em maior proporção no *smelt*. Estão presentes também o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), o sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) e o hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) em menores proporções.

À medida que estes compostos, principalmente o  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , reagem com o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) será formado o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  em maiores quantidades, caracterizando o outro mecanismo que é o da condensação de partículas. O material condensado, em relação às partículas arrastadas, tem um elevado teor de potássio e de cloretos e menor porcentagem de carbonatos.

A química do fenômeno da condensação é bastante influenciada pela sulfidez e teor de componentes voláteis do licor e pelas temperaturas da camada e do *smelt* na fornalha.

Quanto maior a temperatura, teremos menos enxofre e mais sódio volatilizado juntamente com cloreto e potássio. Esta maior quantidade de sódio e menor de enxofre irá alterar o perfil de formação das cinzas, que terá mais  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  do que  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Esta situação poderá se agravar mais na medida em que aliarmos ambientes de baixa sulfidez e temperaturas altas. Esta combinação resulta numa produção ainda maior de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , composto que, entre outras reações, reduz a perda de cloretos do sistema ao reagir com o HCl existente nos gases, provocando, assim, o aumento da concentração dos cloretos que têm influência marcante na maior ou menor velocidade de incrustação.

Muito se estuda acerca da composição típica dos depósitos, sua possível localização e taxa ou velocidade de crescimento. Uma vez que os depósitos são formados por uma mistura de partículas arrastada e condensadas, a maior ou menor proporção destas partículas nos depósitos estará relacionada com a sua localização na caldeira, com a temperatura dos gases e temperatura dos próprios depósitos. Prever sua localização nem sempre é uma tarefa fácil na medida em que a localização de depósitos dependerá fortemente das condições nas quais se está

realizando a queima, bem como das características do licor. Um sistema confiável de indicadores de diferencial de pressão pode ser muito mais útil do que tentar descobrir padrões que normalmente são bastante aleatórios.

Seria possível prever com razoável segurança a taxa de formação dos depósitos com o uso de equipamentos como sondas que mediriam a quantidade de depósito por unidade de tempo, bem como sua provável composição. Diz-se com razoável segurança porque ainda existem fatores que afetam esta taxa e que não são compreendidos ou possíveis de serem medidos assim como padrões que muitas vezes não se confirmam; por exemplo, o fato de que diferentes taxas de queima de sólidos produzem velocidades idênticas de deposição.

### Propriedades térmicas dos depósitos

Uma vez que a composição química dos depósitos varia com a sua localização na caldeira, suas propriedades térmicas também variam.

Os depósitos, similarmente à mistura de compostos químicos inorgânicos, têm duas temperaturas de fusão. A primeira temperatura de fusão é aquela na qual aparece a primeira fase líquida. A segunda temperatura corresponde à completa fusão.

Entre estas temperaturas ocorrem a temperatura de *sticky*, na qual há líquido suficiente para que o depósito torne-se amolecido e pegajoso (*sticky*), e a temperatura de deformação radical acima da qual a quantidade de fase líquida no depósito é suficiente para torná-lo líquido e fluído.

Cabe ressaltar que a aderência líquido-sólido é, geralmente, muito maior do que a aderência sólido-sólido. Deste modo, a presença de uma fase líquida nas partículas arrastadas aumenta o seu acúmulo através da pegajosidade (*stickness*).

Um outro fenômeno de importância é a sinterização dos depósitos. Este mecanismo envolve uma série de processos de difusão que ocorrem a temperaturas abaixo da temperatura de fusão das partículas. Começa em temperaturas inferiores a 300 °C e tem sua velocidade aumentada marcadamente quando a temperatura supera os 500 °C. A sinterização causa uma densificação do depósito, aumentando sua dureza e resistência (6).

As características térmicas dos depósitos são bastante alteradas pelo aumento de cloretos e de potássio. Estes elementos, mesmo em pequenas quantidades,

podem acelerar o processo de formação das incrustações pela diminuição da temperatura de pegajosidade das partículas arrastadas e aumentar a velocidade de sinterização dos depósitos (2,10).

### Principais efeitos dos componentes dos depósitos nas suas propriedades térmicas

#### Sulfato e carbonato de sódio

Embora o  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  seja um dos maiores constituintes dos depósitos, principalmente na região inferior do superaquecedor, sua influência sobre as propriedades térmicas é insignificante. Sem a presença de cloretos, as temperaturas referentes ao primeiro ponto de fusão e à fusão completa são bastante próximas entre si, na faixa de 825 a 870 °C, considerando-se uma variação total do teor de carbonato, ou seja, de 0 a 100% em peso. Tem-se mostrado ainda que, para sistemas sem cloretos, potássio e sulfetos, a temperatura de pegajosidade é praticamente independente da relação  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (3).

#### Sulfeto de sódio

As partículas arrastadas podem conter um pouco de  $\text{Na}_2\text{S}$ , particularmente na parte inferior do superaquecedor onde ainda está queimando. A temperatura mínima de fusão para o sistema  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{Na}_2\text{S}$  está na faixa de 720 a 760 °C, dependendo da relação  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Isto significa que um aumento de  $\text{Na}_2\text{S}$ , mesmo sem a presença de cloretos ou de potássio, irá resultar num aumento da fase líquida e, portanto, num depósito mais pegajoso a temperaturas acima do ponto de fusão, favorecendo as incrustações.

Na região da bancada de tubos, onde a temperatura dos gases é inferior a 700 °C, a influência do  $\text{Na}_2\text{S}$  é menor pois seu teor é bastante reduzido e os efeitos dos cloretos e do potássio são dominantes.

#### Cloretos e potássio

A presença de cloretos e de potássio favorece o processo de formação de incrustações. Tanto o aumento dos cloretos como do potássio podem diminuir a temperatura de fusão dos depósitos, mas seu impacto nas propriedades térmicas se dá de formas diferentes.

Os cloretos não baixam a temperatura do início da fusão, mas provocam diminuição da temperatura de deformação (temperatura na qual o depósito flui). Por outro lado, o potássio provoca uma diminuição do primeiro ponto de fusão.

Os teores de potássio passam a ter maior importância quando se tem elevados teores de cloretos (12). O elevado teor de cloretos é devido, geralmente, ao processamento de madeiras com altas quantidades de cloretos, por sua maior contaminação com água do mar ou devido à inclusão, no sistema de recuperação, de algum efluente do branqueamento.

A influência do aumento dos teores de cloretos e de potássio no mecanismo de formação de depósitos pode ser assim resumida:

- potássio - provoca uma diminuição do primeiro ponto de fusão, alterando a pegajosidade do depósito mas tendo pouco impacto na quantidade da fase líquida formada;

- cloretos - influenciam na diminuição da temperatura de deformação levando a um aumento da fase líquida, que aumenta também o potencial para que ocorra a corrosão dos tubos (11).

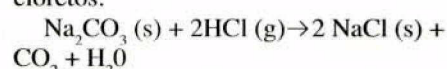
O potássio como elemento tem uma grande tendência de se acumular no sistema de recuperação. Seu fator de acumulação é 11,6 kg K<sup>+</sup>/t no licor branco /

kg K<sup>+</sup>/TAD introduzido no sistema. Não haveria maiores problemas se existisse uma purga eficiente do sistema já que, na forma como ele é encontrado, é extremamente solúvel (mais do que, os mesmos compostos ligados ao sódio). No passado, quando os sistemas de recuperação não eram tão fechados ou eficientes, dificilmente sentia-se seus efeitos, mas em função das necessidades econômicas e ambientais os ciclos foram ficando cada vez mais fechados concentrando este composto em níveis preocupantes à operação da caldeira.

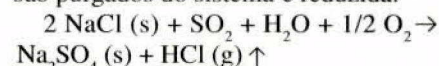
A facilidade do potássio em atingir partes altas da caldeira é devido a sua alta pressão de vapor, maior do que a do sódio. Isto significa que quanto maior a temperatura da fornalha maior será a taxa volatilizada de K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>. Esta taxa é chamada de taxa de enriquecimento, que é dependente da temperatura. Modernamente, empresas que têm grandes quantidades de K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> fazem a purga destes íons através da retirada de uma parte da cinza ou lavagem da cinza, aproveitando-se da sua fácil solubilidade.

Os cloretos, assim como o potássio, têm comportamento similar no que diz respeito às suas características de enriquecimento e comportamento frente a temperatura. A diferença é que os efeitos dos cloretos são muito mais pronunciados com relação à redução do ponto de fusão das cinzas. A presença de cloretos pode potencializar o aumento de corrosão, principalmente na região do superaquecedor e bancada, além de aumentar a carga morta do sistema.

Em ambientes com a sulfidez baixa, tem-se aumento da temperatura e formação em maior quantidade de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, o que leva a uma maior retenção de cloretos:



uma vez que a via por onde os cloretos são purgados do sistema é reduzida:



### Caracterização dos depósitos da caldeira Riocell

A caldeira de recuperação da Riocell é de fabricação Götaverken, ano 1970, com pressão de 64 kgf/cm<sup>2</sup> e temperatura de vapor superaquecido de 460 °C. A produção média de vapor no último semestre foi de 160 t/h para uma capacidade de projeto de 144 t/h.

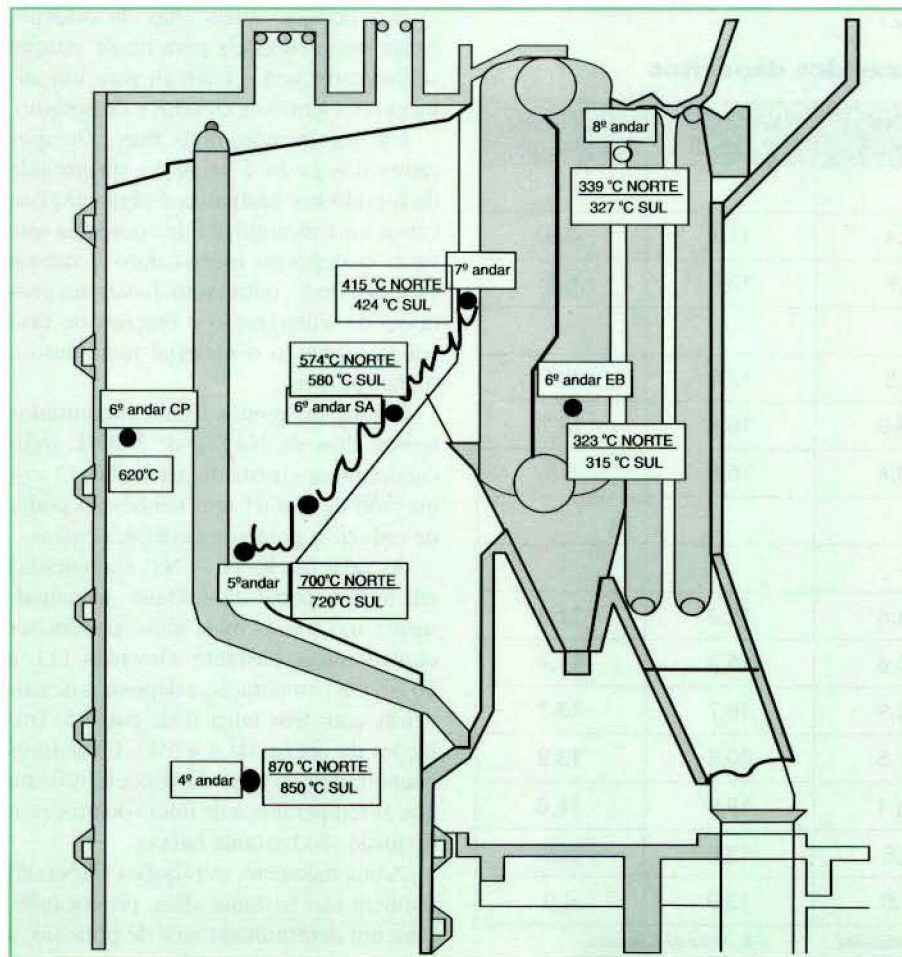
Neste período, a caldeira queimou 1178 t de sólidos secos/dia para uma capacidade de projeto de 1100 tss/dia. Atualmente, o valor médio de queima está em torno de 1250 tss/dia.

Levantamento realizado com dados desde 1991 indica que, enquanto se trabalhava com sulfidez elevadas (no caso Riocell na faixa de 18 a 20%), o período médio entre paradas para limpeza da caldeira era da ordem de 141 dias. Desde meados de 1993, período no qual se está operando com sulfidez na faixa de 5 a 7%, o intervalo entre paradas diminuiu para cerca de 82 dias.

Com a finalidade de conhecer mais profundamente a origem dos depósitos, foram retiradas e analisadas amostras de depósitos em diversas alturas e localizações da caldeira. Coletaram-se amostras a partir do 4º até o 8º andar, isto é, na região da fornalha acima dos queimadores de carga até a região do economizador.

A figura 1 mostra a localização dos pontos onde foram coletadas as amostras dos depósitos e o perfil de temperatura na caldeira existente na ocasião da amostragem.

**Figura 1: Locais de amostragem dos depósitos e perfil de temperatura da caldeira no dia da coleta**



**Tabela 1: Composição dos depósitos**

Posição	Temp. (°C)	NaOH (%)	Na <sub>2</sub> S (%)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (%)	SO <sub>4</sub> (%)	Cl (mol)	K (mol)
4º LN	870	0,8	6,2	53,2	4,6	-	-
4º LS	850	-	-	-	4,6	0,09	0,25
5º LN	700	1,0	0,7	45,4	13,1	0,11	0,21
5º LS	720	4,1	4,3	42,5	12,9	-	-
6º LN - CP	620	7,4	6,7	37,1	10,8	0,12	0,25
6º LN - SA	574	6,6	4,8	30,0	15,9	0,21	0,27
6º LS - SA	580	5,9	2,7	41,2	11,3	0,16	0,28
6º LN - EB	323	0,0	1,3	33,8	20,7	-	-
6º LS - EB	315	0,8	10,9	44,1	20,9	-	-
7º LN - EB	415	0,5	2,3	33,2	18,1	0,21	0,32
7º LS - EB	424	5,3	2,0	41,0	13,4	0,32	0,28
8º LN	339	5,0	3,9	23,7	15,9	0,23	0,32
8º LS	327	7,5	4,6	22,7	17,0	0,25	0,37
Cinza precip.	-	3,6	2,2	31,6	16,4	0,26	0,34
Smelt	-	8,0	4,6	56,7	0,7	0,07	0,28
Lic. negro	-	0,1	3,2	30,2	1,2	0,11	0,28

LN: lado norte  
LS: lado sul

CP: contador de partículas  
SA: superaquecedor

EB: entrada bancada

**Tabela 2: Características dos depósitos**

Posição	Temp. (°C)	Cl/Na (% mol)	K/(K+Na) (% mol)	Cl/(Na+K) (% mol)
4º LN	870	-	-	-
4º LS	850	4,4	11,3	3,9
5º LN	700	7,5	12,0	6,6
5º LS	720	-	-	-
6º LN - CP	620	6,8	12,8	5,9
6º LN - SA	574	15,9	16,8	13,2
6º LS - SA	580	10,4	15,8	8,8
6º LN - EB	323	-	-	-
6º LS - EB	315	-	-	-
7º LN - EB	415	14,6	18,2	11,9
7º LS - EB	424	20,6	15,3	17,4
8º LN	339	16,9	18,7	13,7
8º LS	327	17,5	20,3	13,9
Cinza precip.	-	18,1	19,5	14,6
Smelt	-	3,8	13,8	3,3
Lic. negro	-	5,6	13,0	4,9

LN: lado norte  
LS: lado sul

CP: contador de partículas  
SA: superaquecedor

EB: entrada bancada

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados o perfil de temperatura da caldeira e a composição dos depósitos coletados nas várias posições. Os baixos teores de sulfato encontrados ao longo da caldeira são reflexo da baixa sulfidez utilizada no processo.

Os dados evidenciam a existência dos dois mecanismos de formação das incrustações pela comparação dos valores das posições inferior e superior.

Os depósitos na parte inferior têm uma composição que caracteriza o mecanismo de arraste; menor teor de sulfato de sódio e de cloretos, mas com carbonato de sódio elevado.

Na localização inferior da caldeira, onde a temperatura dos gases é suficientemente alta, as partículas arrastadas estão completamente fundidas ou contêm uma grande parcela de fase líquida. À medida que as partículas colidem com algum obstáculo tendem a se achatam, aderir e solidificar sobre a superfície, podendo formar depósitos bastante duros, de baixa porosidade e alta tenacidade. Se a temperatura do obstáculo for baixa, as partículas não se fundem entre si completamente e o depósito resultante é menos duro e mais poroso.

Nas posições mais altas da caldeira, existe uma tendência para maior relação sulfato/carbonato e também para um aumento dos teores de cloretos e de potássio.

Nas localizações mais altas, a temperatura dos gases é baixa e a quantidade de líquido nas partículas é pequena. Isto causa uma diminuição de aderência que torna o depósito menos duro e menos espesso. Pode, entretanto, haver um processo de sinterização e reações de fase sólida tornando o material mais duro e menos poroso.

Em alguns pontos foram encontrados teores altos de Na<sub>2</sub>S e de NaOH, indicando maior arraste de partículas. O teor elevado de NaOH tem também o poder de reduzir o ponto de fusão das cinzas.

As relações K/(K + Na) encontradas em todo o perfil da caldeira, principalmente nas partes mais altas, podem ser consideradas bastante elevadas (11 a 20%), em comparação a depósitos de caldeiras com teor normal de potássio (relações da ordem de 4 a 5%). Os valores encontrados no caso da Riocell indicam que as temperaturas de início do processo de fusão são bastante baixas.

Adicionalmente, as relações Cl/(Na+K) também são bastante altas, provocando, para um determinado teor de potássio, a

diminuição da temperatura inicial de fusão e da temperatura de deformação, o que leva a um aumento da quantidade da fase líquida.

A figura 2, extraída do trabalho de Tran (7), ilustra a influência dos teores de cloretos e potássio na temperatura de amolecimento dos depósitos.

Os valores de potássio, cloretos e de suas relações encontradas no sistema de recuperação da RioCELL são elevados devido ao grau de fechamento do ciclo e à baixa sulfidez em que vem se operando desde o final de 1992. Esta situação favorece a formação e o crescimento das

incrustações em determinados pontos da caldeira.

Além da caracterização dos depósitos, têm sido feitos o monitoramento e a análise do comportamento do diferencial de pressão no superaquecedor.

A figura 3 compara os dados coletados para dois períodos (15.nov.93 a 11.fev.94 e 11.fev.94 a 31.abr.94). Em função dos dados do primeiro período, desenvolveu-se um modelo que pudesse antecipar informações acerca do comportamento deste parâmetro. A curva encontrada foi uma polinomial do 3º grau:

$$1,785 + 0,9057 X - 0,02761 X^2 +$$

$0,00028686 X^3$ , onde  $X = n^\circ$  de dias

Este modelo deverá ser melhorado à medida que maiores observações forem realizadas.

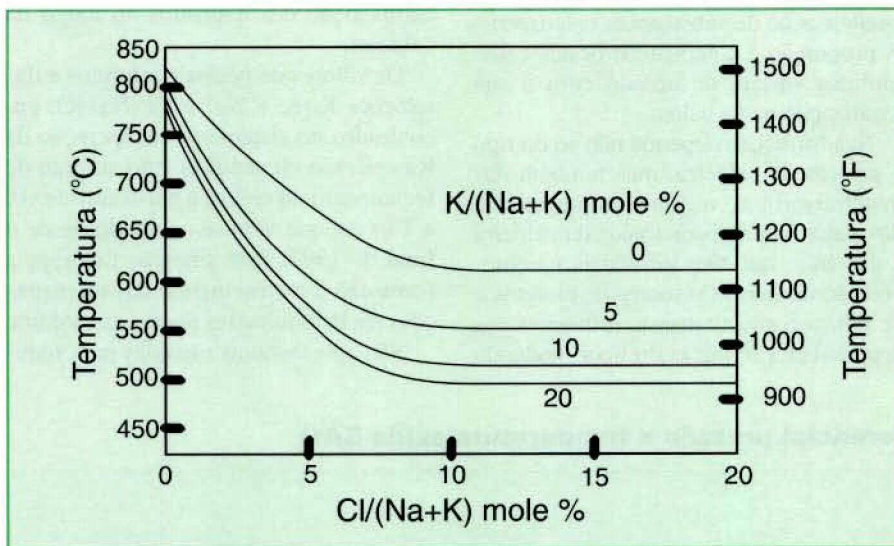
Pode-se observar, pela figura 3, que a curva do modelo proposto teve uma boa aderência aos dados registrados para o 2º período, na maior parte do tempo. Supõe-se que o motivo para a curva ter fugido ao comportamento da simulação seja o aumento, ainda maior, de cloretos no sistema.

A figura 4 ilustra a variação da temperatura na região do superaquecedor em função do diferencial de pressão. O aumento de temperatura indica claramente o efeito negativo do acúmulo das incrustações na troca térmica. Os depósitos atuam como isolante, impedindo a troca de calor entre a água que está passando nos tubos e o fluxo de gases.

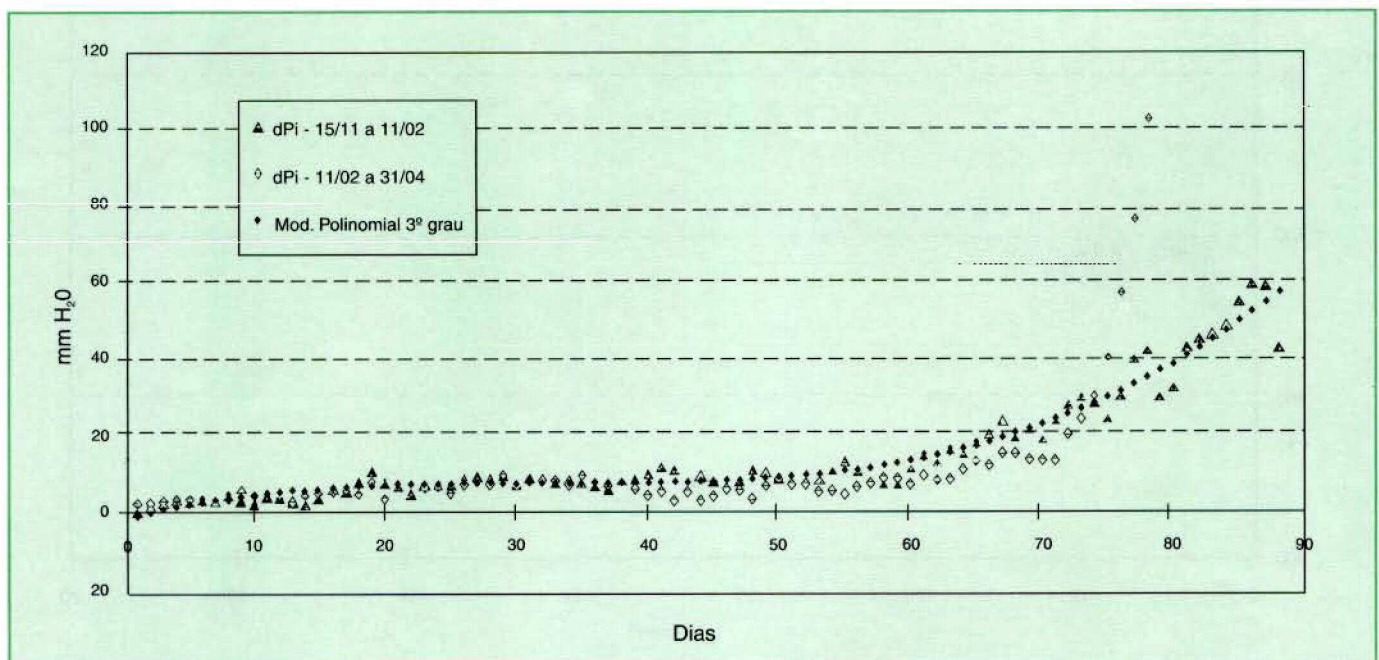
### Principais meios para diminuir a formação e o impacto das incrustações

A eficácia das medidas citadas a seguir vai depender das particularidades de cada sistema de recuperação e dos locais no interior da caldeira onde os depósitos são formados em maior quantidade. É recomendável estabelecer uma programação para aumentar o conhecimento sobre as características e o comportamento da instalação de modo a adotar as medidas mais adequadas para cada situação e possibilitar a sua avaliação posterior.

**Figura 2: Efeitos dos cloretos e potássio sobre a temperatura de pegajosidade dos depósitos (7)**



**Figura 3: Comparativo dpi superaquecedor**



As medidas para reduzir o processo de formação das incrustações ou minimizar o seu impacto no desempenho da caldeira de recuperação podem ser divididas em medidas convencionais ou não. Detalhes sobre estas medidas estão apresentados na bibliografia citada, particularmente nas referências (2), (4), (5), (7), (10).

Medidas convencionais:

- aumento da eficiência de sopragem;
- redução do ponto de maior temperatura da fornalha;
- redução da temperatura dos gases que chegam ao superaquecedor;
- controle da temperatura dos gases de combustão;
- evitar a queima de sólidos muito além da capacidade de projeto;
- boa administração da distribuição do ar de combustão;
- adequação da temperatura do licor e de seu sistema de queima;
- adequação do teor de sólidos do licor e de seu teor de inertes (relação inorgânicos/orgânicos).

Medidas não convencionais:

- aumento da sulfidez. No caso da Riocell, da faixa de 4-5% para cerca de 8%, sem aumentar emissões de TRS (máximo de 1 kg TRS/h);

- abertura do sistema, com drenagem de parte da cinza para o efluente. Drena-se 2 toneladas por dia, o que corresponde a uma hora de geração de cinzas;

- lavagem das cinzas visando a remoção do  $K^+$  e  $Cl^-$ , aproveitando a solubilidade destes compostos.

### Conclusões

Os depósitos que ocorrem no interior das caldeiras de recuperação provocam redução da troca térmica, redução da vida útil da tubulação e obstrução da passagem dos gases de combustão, resultando num problema bastante sério para a continuidade operacional da unidade industrial. Estes depósitos são constituídos por uma mistura de partículas que são levadas pela corrente de gases de combustão (*carryover*) e por poeiras resultantes da condensação de substâncias volatilizadas. A proporção e composição destes constituintes variam de acordo com a sua localização na fornalha.

Sua formação depende não só do tipo e projeto da caldeira, mas também das matérias-primas vegetais empregadas e dos parâmetros operacionais da caldeira e das áreas que têm influência na composição do licor. Os teores de cloretos e de potássio são altamente influentes nas propriedades térmicas do licor, podendo

aumentar a formação e crescimento das incrustações.

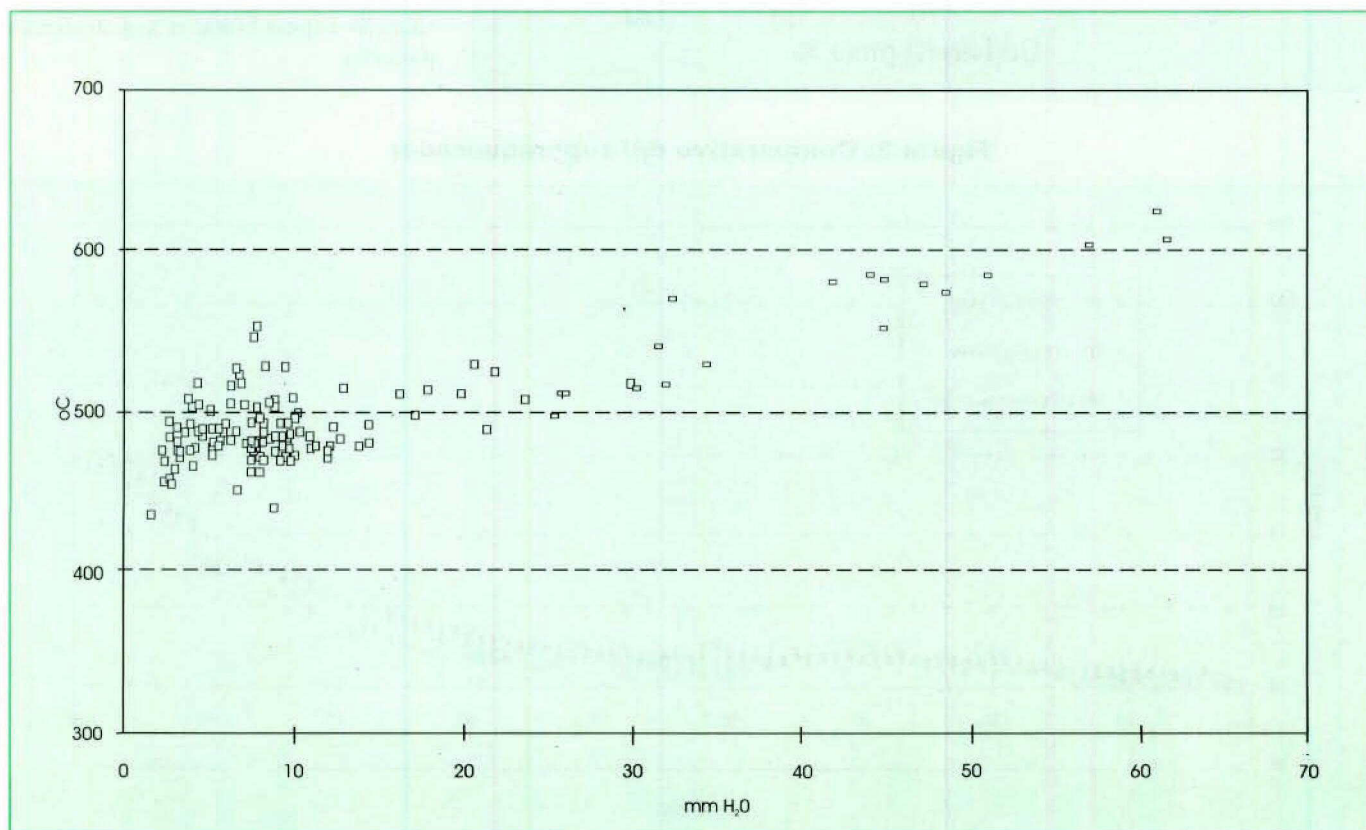
O acúmulo de depósitos leva à necessidade de paradas extraordinárias além da parada anual para manutenção geral, ocasionando perdas de produção. Deste modo, o problema deve ser conhecido para possibilitar sua análise e medidas para seu gerenciamento e prevenção. Ultimamente, a frequência de parada para limpeza da caldeira da Riocell passou a ser trimestral. Considerando que cada parada tem a duração de 36 a 48 horas, a empresa deixa de faturar o equivalente a US\$ 2,5-3,0 milhões por ano.

Neste trabalho, são apresentados os primeiros resultados do estudo em desenvolvimento na Riocell com o objetivo de identificar os perfis térmico e da composição dos depósitos ao longo da caldeira.

Os valores de potássio, cloretos e das relações  $K/(K + Na)$  e  $Cl/(Na+K)$ , encontrados no sistema de recuperação da Riocell, são elevados devido ao grau de fechamento do ciclo e à baixa sulfidez (5 a 7%) em que vem se operando desde o final de 1992. Esta situação favorece a formação e o crescimento das incrustações em determinados pontos da caldeira.

São apresentadas medidas para redu-

**Figura 4: Diferencial pressão x temperatura saída SAQ**



zir o processo de formação das incrustações ou minimizar o seu impacto no desempenho da caldeira. É recomendável estabelecer uma programação com a finalidade de conhecer as características do licor processado, a natureza e localização dos depósitos formados e o comportamento da instalação, de modo a escolher a medida corretiva ou preventiva mais adequada.

#### Referências bibliográficas

- 1- TRAN, H.N., et alii, *Formation of Kraft Recovery Boiler Superheater Fireside Deposits*, *Pulp & Paper Canada*, 84 (1) 36:41, 1983.
- 2- TRAN, H.N. and REEVE, D.W. *Kraft Unit Fireside Deposits and Plugging*, *Pulp & Paper Canada*, 85 (10) 54:57, 1984.
- 3- ISAAK, P. et alii, *Stickness of Fireside Deposits in Kraft Recovery Units*, Jr. of *Pulp & Paper Science*, Vol. 12 N° 3 J84:J88, May 1986.
- 4- TRAN, H.N. et alii, *Recovery Boiler Operation and Plugging in Canada*, *Pulp & Paper Canada*, 87 (7) 58:64, 1986.
- 5- BLACKWELL, B. and MACCALLUM, C. *Effect of Kraft Dead Load on Recovery Boiler Performance: A Theoretical Analysis*, *Pulp & Paper Canada*, 88 (7) 51:55, 1987.
- 6- TRAN, H.N. et alii, *Sintering of Fireside Deposits and its Impact on Plugging in Kraft Recovery Boilers*, *Tappi Jr.*, 71 (4) 109:113, April 1988.
- 7- TRAN, H.N. *How does a Kraft Recovery Boiler Become Plugged?*, in *Kraft Recovery Operations Short Course*, Orlando, FL, TAPPI Press, January 1990.
- 8- BLACKWELL, B. and KING, T., *Chemical Reactions in Kraft Recovery Boilers*, Sandwell and Company Limited, 1985.
- 9- ADAMS, T.N. and FREDERICK, W.J., *Kraft Recovery Boiler Physical and Chemical Process*. American Paper Institute, 1988.
- 10- TRAN, H.N. et alii, *Chloride and Potassium in the Kraft Recovery Cycle*, *Pulp & Paper Canada*, 91 (5) 55:62, 1990.
- 11- REEVE, D.W. et alii, *The Effluent Free Bleached Kraft Pulp Mill. Part XI: chemical and thermal properties of recovery boiler superheater fireside deposits*, *Pulp & Paper Canada*, 82 (9) 105:110, 1981.
- 12- ISAAK, P. et alii, *Stickness of Fireside Deposits in Kraft Recovery Units. Part II: The effects of potassium and surface treatment*, Jr. of *Pulp & Paper Science*, Vol. 13 N° 5 J154:J158, September 1987.
- 13- TRAN, H.N., *Kraft Recovery Boiler Plugging and Prevention*, *Kraft Recovery Operations TAPPI Short Course Notes*, 181:190, June 1991.
- 14- SHIVGULAM, N. et alii, *Sodium Chloride, Potassium: Their Effects on Kraft Smelt*, *Pulp & Paper Canada*, 80 (9) 89:92, 1979.
- 15- BACKMAN, R. et alii, *Fouling and Corrosion Mechanisms in the Recovery Boiler Superheater Area*. *Tappi Jr.*, 70 (6) 123:127, June 1987.
- 16- WALSH, A.R. et alii, *Thermal Analysis of Recovery Boiler Deposits*, *Tappi Jr.*, 76 (6) 208:209, June 1993.
- 17- KLARIN, A., *Relação da Composição do Fundido com o Comportamento da Camada em Caldeiras de Recuperação*, *O Papel*, 25:28, Abril 1994.
- 18- POON, W. et alii, *Formation of Acidic Sulfates in Kraft Recovery Boilers*, *Tappi Jr.*, 76 (7) 187:188, July 1993.
- 19- VENTURA, J.W., *Efeito do Uso da Antraquinona na Temperatura da Caldeira de Recuperação*, RIOCELL, Relatório Interno, Nov 1993.
- 20- LIMA, A.F. et alii, *Antraquinona para Redução das Emissões de TRS: A experiência da RIOCELL*, 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, Nov 1993.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os colegas da Riocell S.A. que auxiliaram na preparação deste trabalho e ao Dr. Celso Foelkel pelo incentivo e valiosas discussões sobre o tema ▲

## PAPÉIS DIELETRICOS

Para isolamento de:

transformadores de alta, média e baixa tensão,  
cabos elétricos, bobinas, reatores...

Todas as espessuras.

Natural, termoestabilizado, crepado, diamantado.

**WEXPEL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**

**FONE (011) 914-2699 - FAX (011) 63-7901**