

Aplicação de **Solavite Hydro** para desincrustação e prevenção de incrustações em **caldeira de baixa pressão** em papelreira com redução de custos e simplificação de operação

Resumo

O estudo de caso relata a aplicação de Solavite Hydro em substituição aos tratamentos químicos de dispersantes, anti-corrosivos e abrandadores em caldeira de baixa pressão com alta incidência de incrustações de diversas espécies implicando em maior custo energético e risco operacional. Observou-se os efeitos de Solavite Hydro durante 150 dias analisando os parâmetros químicos da água e observações diretas do interior da caldeira. Os resultados comprovam a eficiência de Solavite Hydro na desincrustação do sistema sem qualquer ocorrência de processos corrosivos e redução de custos em comparação com o tratamento químico empregado, assim como, na redução do consumo de lenha para geração de vapor em função da remoção das incrustações existentes.

Situação

Cliente: **CIPEL**
Santo Antonio de Padua – RJ
Segmento: Papel tissue

Equipamento: **Caldeira MEPPAN**
Modelo: **MDS GF 143**
Ano de fabricação: **1986**
PMTA: **10.5 kgf/cm²**
Produção de vapor: **12.000 kgv/h**
Retorno de condensado: **70%**
Make-up: **3200 l/h**
Combustível: **lenha**

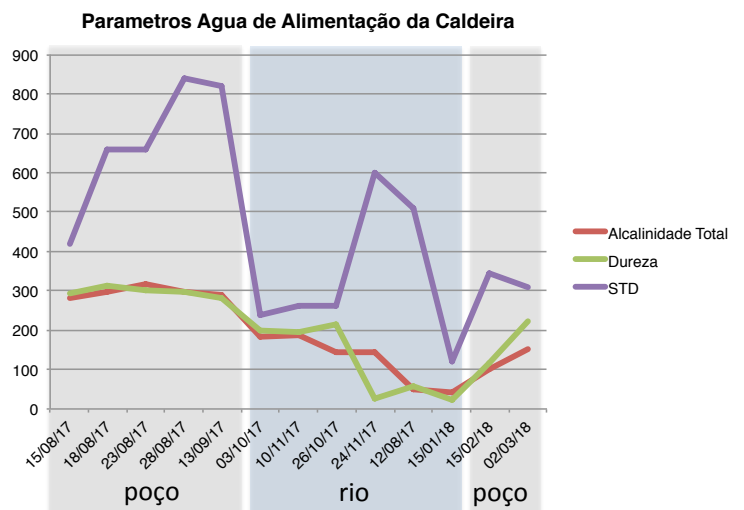


Fotos 1 e 2 – Caldeira Meppan (esq) e fornalha (dir)

Características da Água

A origem da água de alimentação da caldeira varia sazonalmente. A CIPEL utiliza água do poço nos períodos mais secos e água do rio em períodos chuvosos. Na figura 1, pode-se observar a variação da qualidade da água quando o poço ou o rio são utilizados como fonte. A alcalinidade total, dureza e sólidos totais dissolvidos são significativamente maiores na água do poço do que na água do rio. O tratamento químico empregado anteriormente a Solavite Hydro consiste em abrandador de dureza, dispersantes e anti-corrosivos.

Figura 1 – Parâmetros químicos da água de alimentação da caldeira desde o início do tratamento com Solavite Hydro com destaque para a origem da água: poço ou rio.



O Problema

- A caldeira apresentava incrustação em todas as superfícies no início do teste, ao redor dos tubos e na carcaça da caldeira.
- A precipitação de incrustações apresenta camadas heterogêneas de espécies minerais, podendo estar relacionada a variabilidade na origem da água, trazendo diferentes componentes sazonalmente para dentro da caldeira.
- Uma média de 2.5 mm de incrustação no interior da caldeira foi medida no início do tratamento Solavite Hydro com amostras de incrustações da carcaça na parte inferior da caldeira.
- Análise por difração de raio X em amostra retirada da carcaça no interior da caldeira revelou que as incrustações são de carbonatos e de hematita (Fe₂O₃). Análises químicas apresentaram 72% de massa em carbonatos e associados com Cálcio (10%) e Magnésio (5%). Silicatos na forma de Óxidos de Silício e Sílica somam 12% de massa. A análise química revelou níveis baixos de hematita Fe₂O₃ (0,01%), diferente a análise de difração que revelou o conteúdo de hematita.

A Solução

A vazão de reposição (make-up) dessa caldeira era variável dependendo da demanda por vapor e a eficiência de retorno de condensado. Segundo o cliente a vazão era: 1.5m³/h por 20 dias; 2.5 m³/h por 10 dias e; eventuais 3 m³/h.

Os catalisadores Solavite para tratamento de caldeiras são dimensionados para tratar 100% da vazão de make-up. Dada a variação sazonal da reposição de água da caldeira foi necessário a instalação de inversor para manter a vazão de reposição em 3.2 m³/h, ajustando a vazão ao dimensionamento Catalisador Solavite Hydro CS-04.

Figura 2 – Especificações Técnicas e Operacionais do Catalisador Solavite Hydro CS-04

Especificação		CS-04
Modelo		CS-04
Vazão de tratamento		3200 l/h
Material do housing		Alumínio 323
Dimensões totais – Altura		710 mm
Largura		220 mm
Diâmetro de flange de conexão		3"
Peso housing + flanges		20.100 g
Tipo de célula		CS
Número de células		04
Dimensões da célula- Altura		160 mm
Largura		50 mm
Garantia do housing		5 anos
Garantia da célula		12 meses

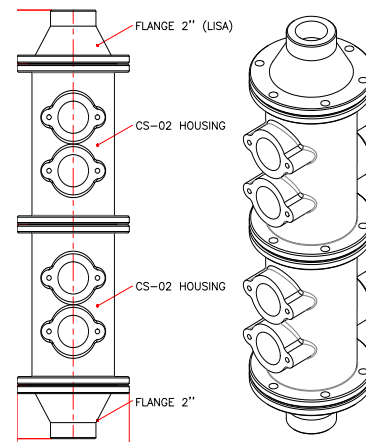


Foto 5 – Detalhe do Catalisador Solavite Hydro CS-04 com isolamento de PVC

Foto 6 – Arranjo de instalação do Catalisador CS-04

Os Resultados

O Catalisador Solavite Hydro CS-04 foi colocado em operação no dia 15/08/2017. Aqui são relatados os resultados observados durante 204 dias de operação do tratamento Solavite Hydro. Os resultados são relatados tanto do ponto de vista dos parâmetros químicos da água como do ponto de vista físico da desincrustação da caldeira. O tratamento químico e abrandador foram descontinuados no mesmo dia.

Quanto aos aspectos químicos da água

Foram coletadas regularmente amostras de água de alimentação, da purga da caldeira e do condensado e analisados os parâmetros como pH, alcalinidade, dureza, sólidos totais dissolvidos, e foi calculado o Índice de Langelier e o índice de Ryznar para informar se a água utilizada na caldeira tem potencial incrustante, neutro ou corrosivo.

Índice de Langelier e de Ryznar

Os índices de saturação Langelier e de saturação Ryznar foram calculados para as amostras de água de purga da caldeira em diferentes datas de coleta.

Tabela 2 – Cálculo de Índices de Saturação Langelier e de Saturação Ryznar para as diferentes amostras de água de purga de caldeira considerando a origem da água de alimentação (cinza sendo água do poço e azul a água do rio)

	23.08.17	11.10.17	24.11.17	15.01.18	15.02.18
Langelier ISL	2.59	2.11	2.66	2.91	3.00
Ryznar RSL	5.13	5.41	5.49	4.58	4.39

Para ISL maior que 0 indica que a água encontra-se supersaturada com tendência a precipitação de carbonato de cálcio. Mesmo efeito é observado para RSL menor que 6.5. Portanto todas as amostras tem potencial de precipitação de carbonatos.

Dureza Total e Sólidos Totais Dissolvidos

Considerando os parâmetros de 15 de agosto como os de linha de base do processo de tratamento com Solavite Hydro, observa-se dureza total de **292 (mgCaCO₃/L)** sendo a maior parte do tipo dureza temporária que se precipita no interior da caldeira saindo como parte dos sólidos em suspensão presentes na água de purga da caldeira (**312 mg/l**).

Os valores de dureza da água de alimentação, obstante a fonte de água utilizada (rio ou poço), são maiores que aqueles valores de dureza encontrados na purga da caldeira no período de agosto a novembro quando a água do rio apresentou baixa dureza. Este fenômeno sugeriria que um processo de precipitação de carbonatos e/ou sulfatos esteja ocorrendo no interior da caldeira. No entanto, as observações visuais da caldeira revelam que há um franco processo de desincrustação que não é observado no parâmetro de dureza da água de purga da caldeira.

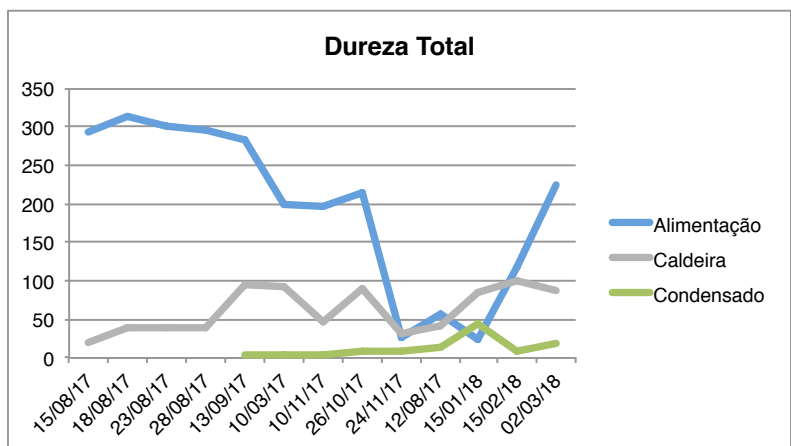


Figura 3 – Comportamento da Dureza Total (mgCaCO₃/L) nas águas de alimentação, purga da caldeira e condensado.

O parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) apresentou um aumento crescente a partir dos 3 meses de operação do tratamento Solavite Hydro. Embora as observações visuais revelem um processo intenso de desincrustação, este fenômeno não é percebido na solução aquosa de purga da caldeira. Uma hipótese é que parte do processo desincrustante solubiliza os sólidos precipitados e parte não é solubilizado sendo removido na forma de crostas e lascas de incrustações existentes.

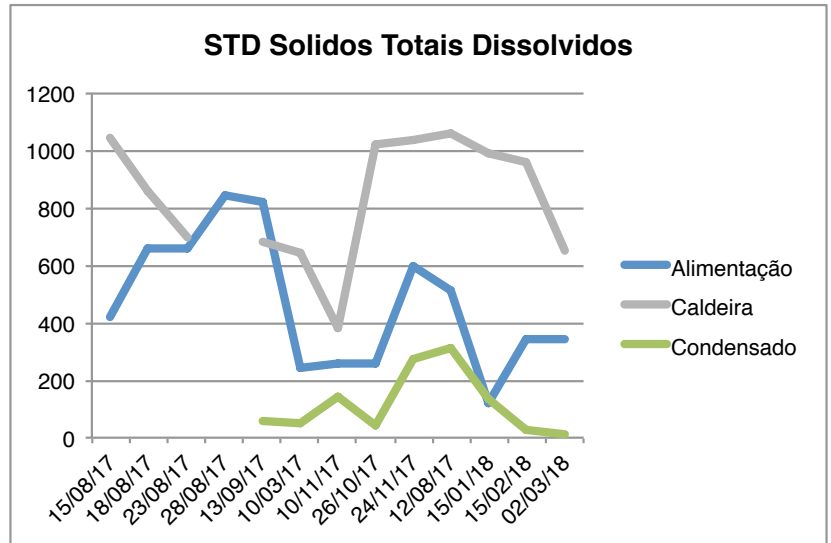


Figura 4 – Comportamento de Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) nas águas de alimentação, purga da caldeira e condensado.

Quanto aos aspectos físicos do tratamento Solavite Hydro

Observações visuais do interior da caldeira

Durante os 204 dias de tratamento Solavite Hydro foram realizadas 4 aberturas da caldeira onde foi registrado o estado das incrustações nos diversos pontos de observação, sendo eles: tubos no alto da caldeira, escotilhas de fundo da caldeira, tubulação no alto da fornalha e tubulação de descarga ao fundo da fornalha.

- Na figura 5, fotos do estado original da caldeira foram registradas no dia 15 de agosto dos tubos na parte superior da caldeira. Observa-se intenso depósito de incrustações de cor amarelada recobrendo todos os tubos.



Figura 5 – Fotos com a evolução da desincrustação nos tubos superiores da caldeira.

- Aos 30 e 75 dias de operação, registrou-se nos pontos de observação que incrustações de cor amarela, possivelmente carbonatos e silicatos, estavam sendo retiradas na forma de crostas. Estas incrustações foram observadas no topo da fornalha e no fundo da caldeira (Figura 6). Nas descargas de fundo da fornalha observou-se uma lama branca, típica forma de argila, sedimentado em 40% da área destes tubos (Figura 8).

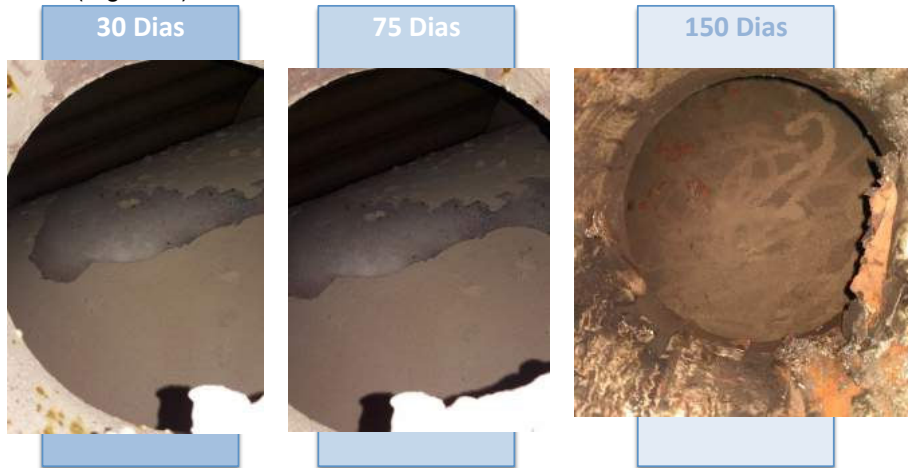


Figura 6 – Evolução da desincrustação no fundo da caldeira e detalhe das incrustações na escotilha de acesso aos 150 dias de funcionamento de Solavite Hydro (a direita).

- Aos 150 dias de tratamento de Solavite, observou-se uma mudança do tipo de incrustação removida. No fundo da caldeira e no topo da fornalha encontrou-se grande quantidade de crostas de incrustação avermelhada (detalhe Figura 6), seguramente hematita, com presença de lama escura. A lama encontrada nos tubos de fundo da fornalha tinha coloração acinzentada (Figura 8).



Figura 7 – Evolução da desincrustação nas tubulações de acesso ao topo da fornalha.

- Nos tubos superiores da caldeira aos 150 dias apresentavam-se vermelhos indicando que a camada de carbonatos já havia sido eliminada (Figura 5).



Figura 8 – Evolução da desincrustação na tubulação de descarga da caldeira abaixo da fornalha.

Economia de lenha

Incrustações atuam como isolante térmico impedindo uma troca térmica eficiente

demandando mais combustível para a realização de troca térmica. A literatura indica que cada milímetro de incrustação pode implicar num gasto energético de 5 a 10% maior quando comparado a uma caldeira ou trocador de calor operando sem incidência de incrustações. Embora que os fatores de umidade da lenha afetem a quantidade de lenha consumida para geração de vapor entre estações chuvosa e seca, é evidente uma redução significativa do consumo de lenha com o processo de desincrustação da caldeira. Os dados avaliados demonstram uma redução significativa da ordem de 20% no consumo de lenha com o processo de desincrustação da caldeira.

Tabela 4 – Variação (%) no consumo de lenha (m3) por tonelada de papel (t) produzida nos meses de setembro 17 a fevereiro 18 em relação aos mesmos meses no ano anterior.

	2016/17	2017/18	Variação
Setembro	1,372	1,189	-13%
Outubro	1,627	1,144	-30%
Novembro	1,626	1,189	-27%
Dezembro	1,624	1,216	-25%
Janeiro	1,534	1,280	-17%
Fevereiro	1,399	1,257	-10%
Março	1,452	1,180	-19%
			-20%

Economia de combustível	Dia R\$ 798	Mês R\$ 20.000	Ano R\$ 240.000
-------------------------	-------------	----------------	-----------------

Conclusões

- Os índices de Langelier e Ryznar de todas as amostras de água de purga da caldeira indicam alto potencial incrustante. No entanto, as análises visuais dos diferentes pontos de observação da caldeira indicam que um franco processo de desincrustação em curso.
- Os parâmetros de dureza total da água de alimentação e de purga da caldeira embora indiquem potencial de precipitação no interior da caldeira. Essa análise não corresponde as observações visuais do interior da caldeira com intenso processo de desincrustação.
- Os índices de Sólidos Totais Dissolvidos na água de alimentação e na água de purga da caldeira indicam um processo intenso de desincrustação durante o tratamento de Solavite Hydro.
- As observações visuais regulares realizadas durante os 204 dias evidenciam um intenso processo de desincrustação laminar e em crostas. A pressão no interior da caldeira pode ser o fator de intensa remoção em crostas e lascas das incrustações do interior da caldeira.
- O processo de desincrustação tem efeito direto em economia de lenha na ordem de 20% implicando em redução substancial de custos com combustível. Além de redução nos custos diretos com químicos.
- O tratamento Solavite Hydro tem se mostrado eficiente na desincrustação da caldeira e na manutenção da mesma livre de incrustações sem causar corrosão, reduzindo custos, simplificando as operações de manutenção, gerando vapor de melhor qualidade e aumentando a confiabilidade do sistema.