



## BIOCANE FLOC SAN DL: Minimiza a dependência do enxofre no tratamento do caldo

### COMPOSIÇÃO DO CALDO E DINÂMICA DA CLARIFICAÇÃO

O caldo de cana é uma suspensão coloidal muito complexa. Seu estado bruto é opaco devido a presença de colóides, proteínas, pentosanas, pectinas e sais inorgânicos do tipo fosfatos, silicatos, óxidos de cálcio, ferro e magnésio. Apresenta também substâncias cromogênicas, como caroteno e clorofilas que conferem à suspensão coloração verde pardacento ao marrom. Além dessas substâncias, a constituição do caldo compreende gomas, sílica coloidal e partículas insolúveis, tais como terra e bagacilho, tornando a solução uma complexa mistura de componentes difíceis de serem removidos.

No tocante ao processo de clarificação, há três tipos de partículas no caldo de cana: (i) partículas hidrolisadas que se encontram dissolvidas, (ii) partículas hidrofílicas que coagulam quando expostas ao calor e (iii) partículas carregadas negativamente que se encontram insolúveis devido à ação de forças eletrostáticas de repulsão. Com relação ao terceiro tipo, a coagulação só poderá ocorrer se o potencial zeta das partículas (medidas do potencial elétrico da superfície das impurezas) for levada a valores próximos de zero. Isso corresponde a remover a resistência à aglomeração das partículas, permitindo a agregação. De forma geral, os três estágios básicos da clarificação são:

- Reduzir o potencial zeta das partículas dispersas para valores próximos de zero, para garantir a coagulação;
- Permitir que as partículas coloidais neutras formem aglomerados (floculação primária);
- Agrupar os aglomerados para formar grandes flocos (floculação secundária) que sedimentam rapidamente, arrastando as impurezas.

O emprego do clarificante, associado a uma operação bem conduzida do tratamento convencional, otimiza o processo de clarificação, alcançando melhor estabilização das suspensões coloidais e obtendo um clarificado de qualidade.

### ENXOFRE NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO: INCONVENIENTES AO MEIO AMBIENTE, PROCESSO PRODUTIVO E VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS

- ✓ Lançamento de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) para o ambiente (emissões fugitivas) prejudicando a qualidade do ar e as condições de higiene ocupacional;
- ✓ Resfriamento inadequado do gás leva a formação de SO<sub>3(g)</sub> e este, em contato com o caldo, origina ácido sulfúrico, acentuando o processo corrosivo, afetando a qualidade do condensado e diminuindo a vida útil de equipamentos e tubulações;
- ✓ Manutenção frequente do sistema multi-jato devido ao empedramento do enxofre, entupimento de coletores e bicos ejetores durante a sulfitação;
- ✓ Quanto maior a necessidade de sulfitação, maior consumo de óxido de cálcio para neutralização do pH do caldo, implicando em aumento da incidência de incrustações na superfície metálica de aquecedores e evaporação, prejudicando a troca térmica, elevando o consumo de vapor e refletindo em perda de produção.
- ✓ Em condições específicas de sulfitação (baixo pH, altas temperaturas e altos tempos de residência em contato com o caldo) pode ocorrer a hidrólise da sacarose, invertendo-a em glicose e frutose. Além de perda de produção de açúcar, podem formar produtos de natureza escura (melanóides), implicando em aumento indesejável na cor do açúcar.

- ✓ Em condições específicas de sulfitação (baixo pH, altas temperaturas e altos tempos de residência em contato com o caldo) pode ocorrer a hidrólise da sacarose, invertendo-a em glicose e frutose.
- ✓ Além de perda de produção de açúcar, podem formar produtos de natureza escura (melanóides) por reagirem com compostos orgânicos nitrogenados nas etapas de evaporação e cristalização e implicar em aumento indesejável na cor do açúcar.
- ✓ Na fermentação alcoólica, a última etapa é a conversão de acetaldeído em etanol, e quando há compostos de enxofre proveniente da sulfitação do caldo, eles podem reagir com muita facilidade com o acetaldeído, bloqueando essa etapa. Através da regulação do ciclo, a célula automaticamente sente que a reação não está se completando e mais glicerol é produzido;
- ✓ O sulfito faz a levedura produzir mais aldeído acético que, com o aquecimento, se oxida a ácido acético e aumenta a acidez do etanol. Desta forma, há a necessidade de consumo adicional de soda cáustica para correção do pH do etanol, prejudicando sua qualidade com relação aos parâmetros de condutividade.

### ESCOPO DO TRATAMENTO E CLARIFICAÇÃO DO CALDO

Os principais objetivos do tratamento e clarificação do caldo são os seguintes:

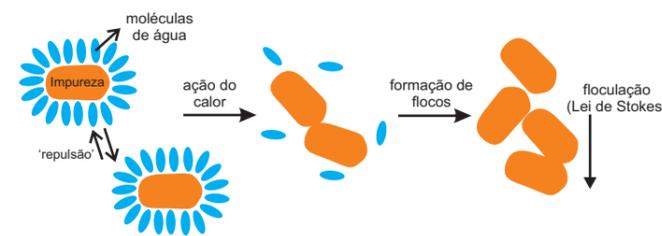
- ✓ Máxima eliminação de não-açúcares (substâncias solúveis no caldo, exceto sacarose, frutose e glicose);
- ✓ Máxima eliminação de colóides;
- ✓ Caldo com baixa turbidez (relacionado aos sólidos em suspensão);
- ✓ Mínima formação de cor;
- ✓ Máxima taxa de sedimentação;
- ✓ Volume mínimo de lodo (relacionado com a densidade do precipitado);
- ✓ Conteúdo mínimo de cálcio no caldo (evitar incrustações);
- ✓ Controle do pH do caldo (proteção da sacarose contra inversão)

Fonte: Copersucar.

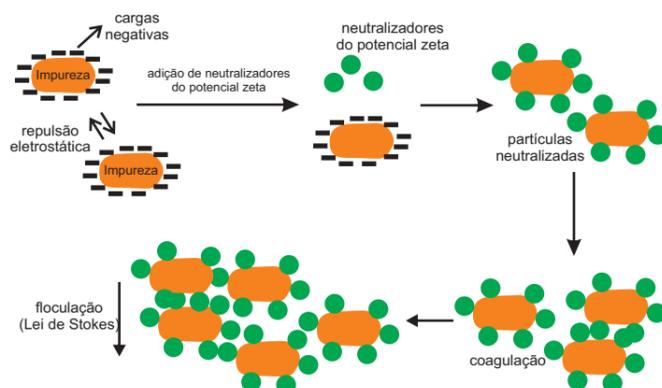
### Físico-química do processo de clarificação

#### Coagulação e floculação de colóides

##### a) Hidrófilo (partículas orgânicas do caldo)



##### b) Hidrófobo (partículas inorgânicas do caldo)



**Lei de Stokes**

$$V_s = \frac{2r^2g(\rho_p - \rho_f)}{9\eta}$$

$V_s$  = velocidade de sedimentação,  $r$  = raio da partícula  
 $g$  = aceleração da gravidade,  $\rho_p$  = densidade da partícula  
 $\rho_f$  = densidade do fluido,  $\eta$  = viscosidade do fluido

### BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DO BIOCANE FLOC SAN E DIMINUIÇÃO DO CONSUMO DE ENXOFRE

O BIOCANE FLOC SAN DL é um clarificante criteriosamente desenvolvido capaz de neutralizar o potencial zeta das partículas, oferecendo rapidez na coagulação e aglomeração das impurezas, obtendo um clarificado de qualidade.

Dentre os diversos benefícios do produto, destaca-se a redução de enxofre utilizado na sulfitação, acarretando menor teor de SO<sub>2</sub> no caldo sulfitado e no açúcar produzido, além de auxiliar na estabilização do processo e otimização da qualidade do açúcar.

O BIOCANE FLOC SAN DL mostra-se como importante ferramenta às unidades produtoras que desejam minimizar o consumo de enxofre no processo produtivo.



**Gráfico 1. Aplicação do BIOCANE FLOC SAN DL no processo de clarificação de uma unidade sucroenergética localizada na região Centro-Sul do Brasil. É possível observar melhoria da qualidade do caldo (cor ICUMSA), possibilitando inúmeros benefícios no processo.**

### BENEFÍCIOS

- ✓ Benefício na operação de resfriamento e da temperatura do gás na saída da enxofreira, com melhor aproveitamento do enxofre (geração de SO<sub>2</sub>), evitando desperdício (consumo inútil com geração de SO<sub>3</sub> e ácido sulfúrico ao ser borbulhado no caldo);
- ✓ Ganhos na manutenção do sistema multi-jato e ampliação da vida útil da superfície metálica de equipamentos e tubulações;
- ✓ Redução de 20-30% do óxido de cálcio empregado na caleação, bem como redução no consumo de água para hidratação do óxido de cálcio (obtenção de hidróxido de cálcio em solução);
- ✓ Menor quantidade de sais de cálcio, minimizando incrustações na superfície metálica de aquecedores e evaporadores, favorecendo a troca térmica e a limpeza;
- ✓ Superfície metálica dos evaporadores mais limpa, assimilando aumento na vazão de caldo e proporcionando economia de vapor (incrustações dificultam troca térmica pois atuam como isolantes térmicos);
- ✓ Xarope de melhor qualidade, possibilitando maior aproveitamento de mel rico no cozimento/aumento da recuperação de fábrica/ganhos de produção de açúcar.
- ✓ Condensado de melhor qualidade gerando economia de neutralizante de vapor e melhoria na qualidade de água de alimentação dos geradores de vapor;
- ✓ Economia de soda líquida para correção do pH do álcool na coluna (que ocasiona alteração e picos na condutividade do álcool), bem como na limpeza química na evaporação.

