

PROBLEMAS AMBIENTAIS E NO ORGANISMO HUMANO, CAUSADOS PELO **METIL MERCAPTANO** NO PROCESSO KRAFT DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE



AR

Emissões atmosféricas com odor desagradável e impacto na qualidade do ar.



ÁGUA

Contaminação de corpos hídricos e efeitos sobre ecossistemas aquáticos.



VEGETAÇÃO

Impactos na flora e na biodiversidade do entorno.



CH₃SH
Metil Mercaptano



**ENCONTRO NACIONAL
DAS LIDERANÇAS PAPELEIRAS**

SBC-SP | 21 a 22 | MAIO



CIÊNCIA E DADOS
PARA DECISÕES
SUSTENTÁVEIS



PRODUÇÃO
RESPONSÁVEL E
COMPROMISSO
AMBIENTAL



SAÚDE HUMANA
EM PRIMEIRO
LUGAR

1) Formação do Metil Mercaptano (CH_3SH)

1 No processo Kraft, os cavacos de madeira são cozidos com licor branco ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) sob alta temperatura e pressão.

2 A lignina e outros compostos orgânicos são dissolvidos, liberando a celulose.

3 Durante esse cozimento, a degradação da lignina e as reações com compostos sulfurados favorecem a formação do metil mercaptano (CH_3SH).

4 O líquido claro (licor branco) transforma-se em licor negro, uma solução escura e densa.



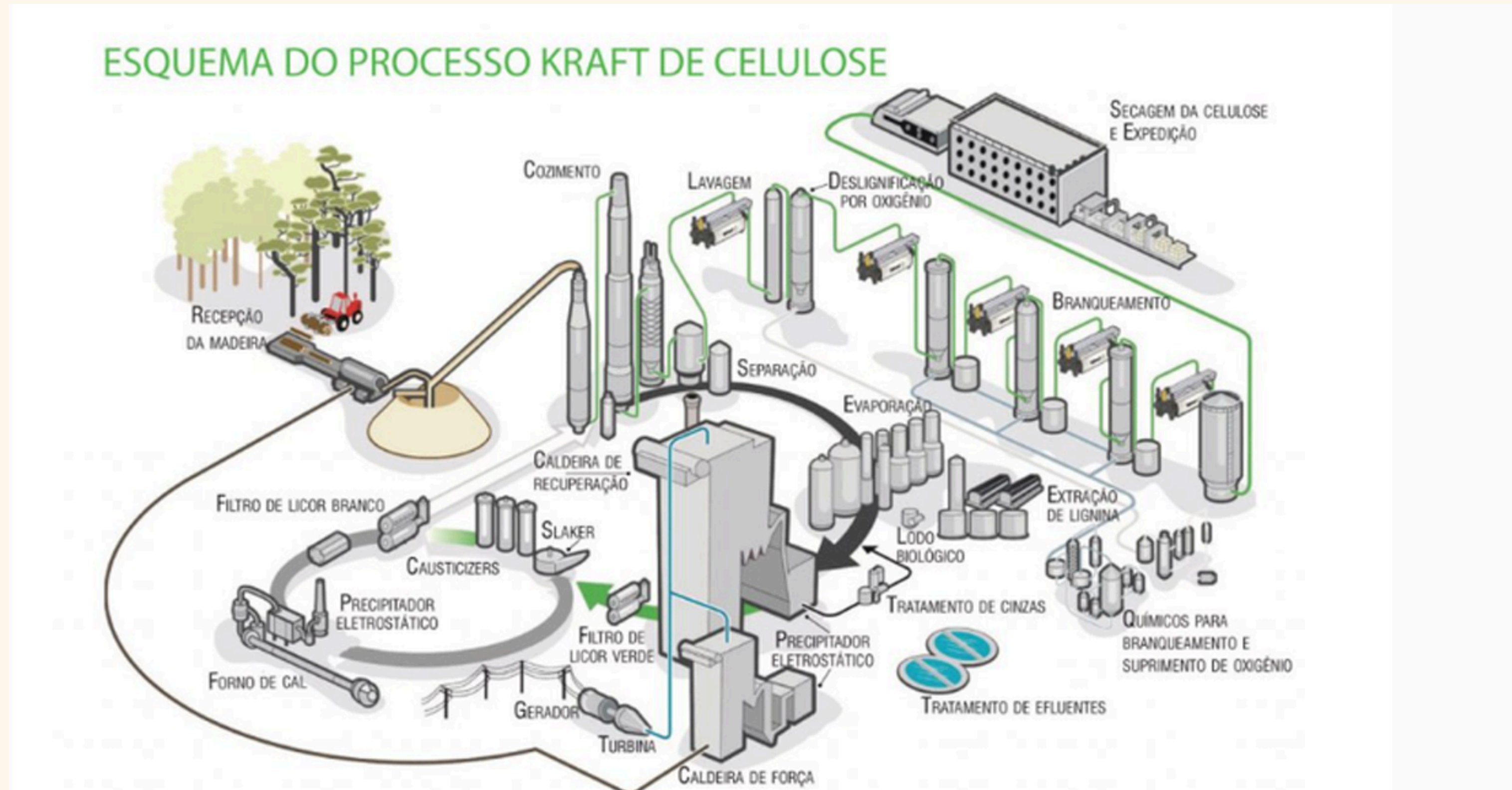
✓ O metil mercaptano (CH_3SH) é um composto tóxico, inflamável e de odor extremamente forte, mesmo em baixas concentrações. Seu controle é essencial para a segurança operacional e ambiental do processo.

1) Como ocorre a formação do metil mercaptano (CH_3SH)

A produção de metil mercaptano (CH_3SH) no processo Kraft da fabricação de celulose, ocorre pela degradação de lignina e reações de compostos de enxofre (sulfeto de sódio- Na_2S); a madeira (cavacos) é submetida a uma solução, denominada licor branco ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$), em alta temperatura e pressão. O processo de “cozimento” transforma a solução alcalina de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, dissolve a lignina e outros compostos orgânicos, liberando a celulose, transformando o líquido claro (licor branco) em uma solução escura e densa (licor negro).

2) Esquema do Processo de Produção de Celulose

Está presente em mais de 80% das fábricas de Celulose no Brasil



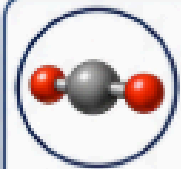
3) Composição Principal do Licor Negro



O licor negro é uma solução escura e densa gerada no processo Kraft após o cozimento da madeira.



Observa-se forte presença de enxofre na composição.



CARBONATO DE SÓDIO
(Na_2CO_3)

Composto alcalino que contribui para o pH elevado do licor negro e para a precipitação de impurezas.

Típico: 15 – 30 g/L



SULFETO DE SÓDIO
(Na_2S)

Fundamental na designificação da madeira. Mantém o meio redutor e controla o pH.

Típico: 2 – 8 g/L



SULFATO DE SÓDIO
(Na_2SO_4)

Forma-se por oxidação do sulfeto durante o cozimento. Parte é reconvertida no forno de cal.

Típico: 5 – 20 g/L



O licor negro também contém lignina dissolvida e outros compostos orgânicos, que conferem sua cor escura, viscosidade e alto poder calorífico.



Componentes com enxofre (S) podem liberar H_2S e outros gases tóxicos.
RISCO À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE!



ÁCIDO SULFÚDRICO
(H_2S)

Gás dissolvido no licor. Responsável pelo odor característico e apresenta alta toxicidade.



TIOSULFATO DE SÓDIO
($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Formado durante a oxidação parcial do sulfeto. Indica condições de cozimento e transferência de calor.

Típico: 1 – 5 g/L



CARBONATO DE SÓDIO
(Na_2CO_3)



SULFETO DE SÓDIO
(Na_2S)



SULFATO DE SÓDIO
(Na_2SO_4)



ÁCIDO SULFÚDRICO
(H_2S)



TIOSULFATO DE SÓDIO
($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)



LIGNINA DISSOLVIDA E OUTROS COMPOSTOS ORGÂNICOS



A composição do licor negro varia conforme a espécie de madeira e as condições do processo, mas todos os componentes trabalham em conjunto para garantir a eficiência do processo Kraft e a recuperação química no ciclo.



3) A composição principal do licor negro:

Carbonato de sódio (Na_2CO_3) + Sulfeto de sódio (Na_2S) + Sulfato de sódio (Na_2SO_4) + Ácido sulfídrico (H_2S) + Tiosulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$); observa-se a presença forte de enxofre.

4) Efeitos do Metil Mercaptano no Organismo Humano (CH₃SH)

PRINCIPAIS EFEITOS À SAÚDE

- Irritação severa nas vias aéreas
- Dor de cabeça, tonturas, náuseas e vômitos
- Depressão do sistema nervoso central
- Sonolência, convulsões, coma e morte em altas concentrações
- Irritação nos olhos e na pele
- Risco de asfixia

SISTEMA NERVOSO CENTRAL
Dor de cabeça, tonturas, depressão do SNC, sonolência, convulsões, coma e morte.

VIAS RESPIRATÓRIAS
Irritação severa no nariz, garganta, traqueia e pulmões. Pode causar edema pulmonar e asfixia.

OLHOS
Irritação, ardência, lacrimejamento e vermelhidão.

PELE
Irritação, vermelhidão e ressecamento.

RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO

- Inalação é a via mais crítica de exposição
- Gás inflamável: risco de incêndio e explosão
- Fadiga olfativa: o cheiro não é aviso confiável

CH₃SH = gás tóxico, inflamável e venenoso se inalado

PREVENÇÃO E SEGURANÇA

- Uso de EPIs respiratórios, proteção ocular e vestimenta química
- Ventilação e exaustão adequadas
- Monitoramento contínuo da qualidade do ar
- Primeiros socorros e atendimento médico imediato

Em caso de exposição, apresentar a FISPQ/FDS do produto.


4) Efeitos do metil mercaptano no organismo humano

O metil mercaptano(CH₃SH) é um gás tóxico comum na indústria de celulose, causador de irritação severa nas vias aéreas, olhos e pele; a exposição pode causar dor de cabeça, tonturas, náuseas e em concentrações elevadas atua como depressor do sistema nervoso central, podendo causar inconsciência, paralisia respiratória e morte.

EFEITOS NOCIVOS À SAÚDE HUMANA

EXPOSIÇÃO AO METIL MERCAPTANO (CH₃SH)




- 1** **IRRITAÇÃO RESPIRATÓRIA**
irritação severa no nariz, garganta e pulmões.
- 2** **SISTEMA NERVOSO CENTRAL**
dor de cabeça, tonturas, náuseas, sonolência e convulsões.
- 3** **OLHOS**
ardência, lacrimejamento e irritação.
- 4** **PELE**
irritação e risco de queimaduras por congelamento no contato com o líquido.
- 5** **ASFIXIA**
redução do oxigênio no ambiente e risco respiratório.
- 6** **ALTA TOXICIDADE**
em altas concentrações pode causar inconsciência, paralisia respiratória e morte.




CH₃SH

=

GÁS TÓXICO, INFLAMÁVEL E PERIGOSO SE INALADO.

 INFLAMÁVEL
  TÓXICO
  GÁS SOB PRESSÃO

A exposição pode ocorrer por inalação, contato com a pele ou com os olhos.



SINAIS E SINTOMAS

dor de cabeça

tontura

náusea

vômito

sonolência

irritação

convulsões

PREVENÇÃO E SEGURANÇA

USO DE EPIS
Utilize equipamentos de proteção adequados.

VENTILAÇÃO ADEQUADA
Garanta ventilação local exaustora e renovação de ar.

MONITORAMENTO DO AR
Monitore a concentração de gases no ambiente.

ATENDIMENTO MÉDICO IMEDIATO
Busque ajuda médica imediata em caso de exposição.

ATENÇÃO: METIL MERCAPTANO É EXTREMAMENTE PERIGOSO. A PREVENÇÃO É A MELHOR PROTEÇÃO!

SEGURANÇA EM 1º LUGAR

Efeitos nocivos à saúde humana:

Principais Efeitos Nocivos à Saúde:

- **Irritação Respiratória:** A inalação causa irritação severa no nariz, garganta e trato respiratório.
- **Efeitos no Sistema Nervoso Central:** Concentrações elevadas podem causar dor de cabeça, tonturas, náuseas, vômitos, sonolência, convulsões, coma e, em casos extremos, a morte.
- **Irritação e Queimadura nos Olhos:** O gás é irritante para os olhos, podendo causar conjuntivite e lesões por congelamento em caso de contato direto com o líquido.
- **Efeitos na Pele:** Irritante para a pele, podendo causar queimaduras por congelamento se houver contato com o produto na forma líquida.
- **Alta Toxicidade (Venenoso):** É considerado venenoso se inalado.
- **Risco de Asfixia:** Embora seja um gás tóxico, também pode agir como asfixiante, diminuindo a disponibilidade de oxigênio no ambiente de trabalho.




RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO




Exposição ao Metil Mercaptano (CH₃SH)

INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL – PROCESSO KRAFT


1 **INALAÇÃO**
É a via mais crítica de exposição, com rápida absorção pulmonar.




2 **INCÊNDIO E EXPLOSÃO**
Gás inflamável. Em áreas fechadas, vapores podem explodir na presença de ignição.



3 **FADIGA OLFATIVA**
O cheiro forte não é aviso confiável. O trabalhador pode perder a capacidade de perceber o odor.




4 **ASFIXIA**
Pode reduzir a disponibilidade de oxigênio no ambiente, aumentando o risco respiratório.



5 **CONTATO COM OLHOS E PELE**
Pode causar irritação e, na forma líquida, queimaduras por congelamento.



6 **ÁREAS DE RISCO**
Digestores, tanques, tubulações, vasos fechados e pontos de vazamento exigem atenção constante.



CH₃SH = GÁS TÓXICO, INFLAMÁVEL E PERIGOSO

PREVENÇÃO E CONTROLE

USO DE EPIs
Respirador, óculos e vestimenta química.




VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO
Manter renovação de ar adequada.



MONITORAMENTO CONTÍNUO
Detectores de gás e avaliação da qualidade do ar.



RESPOSTA A EMERGÊNCIAS
Evacuação, primeiros socorros e atendimento médico imediato.



O monitoramento contínuo e os procedimentos de segurança são essenciais para **proteger os trabalhadores.**



Riscos no Ambiente de Trabalho:

- Inalação: É a via mais crítica de exposição, com rápida absorção pulmonar.
- Riscos de Incêndio e Explosão: Por ser inflamável, o vapor pode explodir se houver ignição em áreas fechadas.
- Falha no Aviso de Odor: Embora tenha um cheiro forte, ele pode causar fadiga olfativa (o trabalhador perde a capacidade de sentir o cheiro), não servindo como aviso adequado de perigo em concentrações perigosas.

MEDIDAS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA

Proteção contra exposição ao Metil Mercaptano (CH_3SH)

1 USO DE EPIS



Uso indispensável de respirador adequado, proteção ocular, luvas e vestimenta resistente a produtos químicos.

2 VENTILAÇÃO



Garantir exaustão local e ventilação geral eficiente para manter o gás abaixo dos limites de exposição.

3 MONITORAMENTO DO AR



Realizar monitoramento contínuo da qualidade do ar e detectores de gás em áreas de risco.

4 PRIMEIROS SOCORROS



Em caso de exposição, remover a vítima para ar fresco, manter aquecida e procurar atendimento médico imediato.

5 CONTATO COM PELE E OLHOS



Lavar com água em abundância em caso de contato e seguir orientações da FISPQ/FDS.

6 PLANO DE EMERGÊNCIA



Treinamento, evacuação rápida, sinalização de risco e resposta imediata a vazamentos.

A PREVENÇÃO É A MELHOR PROTEÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO.



USE SEU EPI



PROTEÇÃO OCULAR



PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA



USE LUVAS



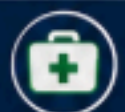
ROUPA DE PROTEÇÃO



VENTILAÇÃO



DETECTOR DE GÁS



PRIMEIROS SOCORROS



EMERGÊNCIA



EM CASO DE EXPOSIÇÃO, APRESENTAR A FISPQ/FDS DO PRODUTO.



Medidas de Prevenção e Segurança:

- Uso de EPIS: É indispensável o uso de equipamentos de proteção respiratória adequados, proteção ocular e vestimenta de segurança resistente a produtos químicos.
- Ventilação: Garantir exaustão local ou ventilação geral adequada para manter a concentração do gás abaixo dos limites de exposição ocupacional.
- Monitoramento: Realizar monitoramento contínuo da qualidade do ar em áreas de risco.
- Primeiros Socorros: Em caso de exposição, remover a vítima para ar fresco, manter aquecida e em repouso. Em caso de contato com a pele ou olhos, lavar com água em abundância.
- Nota: Em caso de exposição, é crucial procurar atendimento médico imediato e apresentar a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ/FDS) do produto.