

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**SERGIO ALMEIDA DE MELLO**  
**ERIC SANTIAGO BONFIM DOS SANTOS**  
**CARLOS EDUARDO DE SOUZA OLIVEIRA**

**OS IMPACTOS GERADOS NO MEIO AMBIENTE**

**RIO DE JANEIRO**

**2021**

**SERGIO ALMEIDA DE MELLO**

**ERIC SANTIAGO BONFIM DOS SANTOS**

**CARLOS EDUARDO DE SOUZA OLIVEIRA**

**OS IMPACTOS GERADOS NO MEIO AMBIENTE**

Projeto de Monografia apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Hermann Regazzi Gerck

**RIO DE JANEIRO**

**2021**

**SERGIO ALMEIDA DE MELLO**

**ERIC SANTIAGO BONFIM DOS SANTOS**

**CARLOS EDUARDO DE SOUZA OLIVEIRA**

## **OS IMPACTOS GERADOS NO MEIO AMBIENTE**

Projeto de Monografia apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Hermann Regazzi Gerk

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador (a): Hermann Regazzi Gerk

---

Assinatura do orientador

**RIO DE JANEIRO**

**2021**

## RESUMO

O uso do transporte marítimo como meio de locomoção pode ser encontrado desde da antiguidade e está presente no dia a dia das pessoas em todo o mundo. Os navios são o meio mais barato, com maior capacidade de carga e segurança. Contudo, a poluição causada por esse modal levantou diversas discussões ao longo do tempo. Foram adotadas inúmeras medidas sob forma de leis por governos e pela Organização Marítima Internacional para minimizar os danos causados pelo massivo uso dessas embarcações para o transporte de carga. Além do mais, variados equipamentos foram desenvolvidos, tecnologias foram aperfeiçoadas e instaladas a bordo buscando a otimização do navio e redução de poluentes emitidos. A poluição por embarcações vem diminuindo bastante e, devido a pesquisas já em desenvolvimento, acredita-se que possa alcançar um nível menos alarmante ao longo dos anos.

## **ABSTRACT**

The use of maritime transport as a means of transportation can be found since ancient times and is present in the daily lives of people all over the world. Ships are the cheapest way, with the greatest load capacity and safety. However, one caused by this diversified modal discourses over time. Measures in the form of laws have been adopted by governments and the International Maritime Organization to minimize the damage caused by the massive use of these vessels for the transport of cargo. In addition, several pieces of equipment were developed, technologies were improved and installed on board, seeking to optimize the ship and reduce emitted pollutants. The catch by boats has been greatly reduced and, due to research already in progress, it is believed that it will reach a less alarming level over the years.

## **LISTA DE SIGLAS**

**NO<sub>x</sub>** – Óxido de nitrogênio

**SO<sub>x</sub>** – Óxido de enxofre

**PM** – Material Particulado

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**ONG** – Organização Não Governamental

**OMI** – Organização Marítima Internacional

**MARPOL** – Marine Pollution (Convenção Internacional para a prevenção da Poluição Marinha)

**BWM** – Ballast Water Management (Convenção Internacional Para O Controle e Gerenciamento Da Água De Lastro E Sedimentos Dos Navios)

**MEPC** – Marine Environment Protection Committee

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	Objetivos gerais.....	8
1.2	Objetivos específicos.....	8
2	O ENXOFRE, SUA PRESENÇA NO ÓLEO DIESEL E O SEU IMPACTO NAS TECNOLOGIAS DE PÓS-TRATAMENTO.....	9
2.1	Introdução.....	9
2.2	Enxofre.....	10
2.3	A relação do enxofre no óleo diesel com a emissão de poluentes.....	12
3	POLUIÇÃO CAUSADA POR NAVIOS.....	13
3.1	Poluição atmosférica .....	13
3.2	Poluição por óleo combustível.....	14
3.3	Chuva Ácida.....	21
3.4	Desvantagens do transporte marítimo em relação ao modal rodoviário.....	23
3.5	Consequências econômicas.....	24
4	LEIS DE PREVENÇÃO A POLUIÇÃO.....	25
4.1	MARPOL.....	25
4.2	Lei do ar limpo.....	26
5	AGRADECIMENTOS.....	29
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30

# 1 INTRODUÇÃO

É impossível imaginar a sociedade como é hoje sem as relações comerciais internacionais, com países detentores de recursos naturais (minérios, petróleo, gás natural, terras cultiváveis para agricultura, pastagens para a pecuária, etc..) fornecendo matéria prima para que os países mais desenvolvidos tecnologicamente forneçam produtos industrializados e equipamentos.

Por conta deste cenário surge o transporte marítimo que viabiliza transportar de grandes volumes de carga, entre estes países, com baixo custo e agilidade/eficiência e que conta com uma abrangência territorial enorme, visto que o nosso planeta conta com 70% da sua superfície coberta por mares.

Aproximadamente 90% do comércio mundial é feito pelo mar e o combustível rico em enxofre alimenta a frota mercante de cerca de 95.000 embarcações, incluindo navios porta-contêineres. Segundo a Petrobras:” O novo limite atende à Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (Marpol), da qual o Brasil é signatário. As mudanças começaram a ser debatidas após estudos demonstrarem que o transporte marítimo é o que possui as maiores taxas de emissão de enxofre”. O novo regulamento foi introduzido para proteger o ambiente e a saúde humana, mas são os envolvidos no transporte marítimo, como proprietários de navio, integradoras logísticas, importadores e exportadores que irão sentir os maiores impactos dessas mudanças, que principalmente serão o aumento de custos e possíveis interrupções na cadeia de fornecimento.

## 1.1 Objetivos gerais

Explicar os objetivos da diminuição do dióxido de enxofre.

## 1.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a presença do enxofre no óleo diesel e suas características e consequências para o meio ambiente
- b) Enumerar quantas, quais e o que são tais legislações relacionadas à prevenção a poluição marítima

## **2 O ENXOFRE, SUA PRESENÇA NO ÓLEO DIESEL E O SEU IMPACTO NAS TECNOLOGIAS DE PÓS-TRATAMENTO**

### **2.1 Introdução**

A natureza do diesel afetará as características importantes do motor, tais como, torque, consumo de combustível, emissão de poluentes, etc.

Os atributos mais importantes são: massa específica, poder calorífico, viscosidade, volatilidade, características de comportamento ao frio, ponto de inflamação, lubricidade, acidez, estabilidade, à oxidação e teor de enxofre. Os atributos devem atender os padrões regulamentados são geralmente divididos em físicos (relação qualidade, viscosidade, volatilidade, valor calorífico e teor de enxofre) e não físicos (número de cetano e lubricidade). Enquanto as físicas podem ser determinadas usando técnicas de medição, as não físicas são determinadas por meio de interações do combustível com padrões de medição.

Dentre os parâmetros mais importantes que causam impactos nas emissões de poluentes, encontra-se o enxofre.

O óleo diesel possui enxofre quimicamente ligado à sua estrutura. A quantidade de enxofre depende da qualidade do óleo cru e dos componentes utilizados no processo de mistura. As refinarias podem reduzir o teor de enxofre do óleo diesel por meio de tratamento com hidrogênio. O hidrotratamento utilizado para remover o enxofre, remove também componentes que melhoram a lubricidade do combustível, por exemplo, os poliaromáticos. Portanto, combustíveis de baixo teor de enxofre tipicamente requerem aditivos para recuperação da lubricidade para assim evitar danos aos componentes do sistema de injeção de combustível.

Os efeitos negativos produzidos pelo enxofre podem ser assim caracterizados:

- Emissões:

- Emissão de dióxido de enxofre – A maioria do enxofre é convertido no motor para dióxido de enxofre, uma substância de impacto negativo ao meio ambiente.
- Emissão de sulfato de particulado – uma fração do enxofre é oxidado e forma o trióxido de enxofre. O SO<sub>3</sub> em conjunto com a água, forma ácido sulfúrico e contribui para a emissão de material particulado.

- Corrosão e desgaste:

- Corrosão dos componentes do sistema de exaustão dos gases pela condensação do enxofre, especialmente em sistemas de recirculação de gases.
  - Aumento do desgaste de peças do motor através da corrosão pelo ácido formado internamente.
- Tecnologias de pós-tratamento:

- A transformação do SO<sub>2</sub> em SO<sub>3</sub> é aumentada de forma significativa se houver a utilização de catalisadores de oxidação no sistema de controle de emissões, resultando em aumento de emissões de material particulado.
- O sulfato de particulado é também gerado em filtros de particulado catalíticos, ambos CRT2 (continuous regeneration trap) e catalisadores. Em algumas condições, o benefício de reduzir a fração de carbono do material particulado pode ser maior que o aumento gerado pelos sulfatos.
- Desativação de absorvedores de NO<sub>x</sub> pelo enxofre é um dos maiores obstáculos na implementação desta tecnologia.
- Muitos catalisadores são, de maneira reversível ou não, envenenados pelo enxofre.

A redução do teor de enxofre levará à redução do material particulado, e também desempenha um grande papel devido aos efeitos adversos em muitas tecnologias catalíticas usadas para controle de emissões. A necessidade do uso de técnicas de pós-tratamento para cumprimento de regulamentações de emissões cada vez mais severas. Dessa forma torna-se importante reformular o combustível para padrões de baixo teor de enxofre.

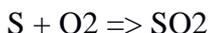
## **2.2 Enxofre**

O enxofre é o 16º elemento vastamente encontrado na terra. A maioria do enxofre existe na forma de sulfatos, grande parte como sulfato de cálcio hidratado, CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (o principal ingrediente do gesso utilizados nas paredes e tetos). O sulfato de cálcio hidratado é um componente não tóxico, quimicamente inerte e um mineral pouco solúvel em água, presente abundantemente ao redor do mundo.

Os combustíveis orgânicos produzidos até o momento contêm uma parcela de enxofre (óleo, gás natural, madeira, carvão, etc). Combustíveis como a madeira contêm pouco enxofre (0,1% ou até menos), enquanto a maioria dos carvões tem entre 0,5 a 3% de teor. Óleos possuem

enxofre de um jeito que funciona como uma espécie de proteção ao combustível que, sem ele, pode ser contaminado com mais facilidade.

A queima do enxofre contido num combustível formará dióxido de enxofre:



Dióxido e trióxido de enxofre são os principais óxidos gasosos do enxofre presente na atmosfera. Dióxido de enxofre é um gás não inflamável, não explosivo, sem cor e começa a ser sensível ao ser humano em concentrações de 0,3 a 1,0 ppm no ar. Em concentrações acima de 3,0 ppm o gás tem um odor irritante e penetrante. O dióxido de enxofre é parcialmente convertido em trióxido ou em ácido sulfúrico por meio de processos catalíticos foto-químicos que ocorrem na atmosfera. Os óxidos de enxofre em combinação com o material particulado produzem os efeitos mais danosos à atmosfera.

Os componentes do enxofre emitidos na atmosfera trazem efeitos negativos para a visibilidade, saúde humana, vegetação e materiais, e também contribuem para a formação da chuva ácida.

Partículas finas na atmosfera reduzem a visibilidade por meio da dispersão e da absorção da luz. Como o ácido sulfúrico e outros sulfatos geralmente respondem por 5% a 20% do total de material particulado em suspensão no ar urbano, eles podem reduzir significativamente a visibilidade. As investigações mostram que muitos ambientes poluídos são obviamente causados por vários aerossóis formados por reações fotoquímicas entre dióxido de enxofre, material particulado, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos na atmosfera. Em medições de laboratório, as misturas mais comuns de NO<sub>x</sub> e hidrocarbonetos formam pouco ou nenhum aerossol quando irradiadas. Porém, uma considerável formação foi evidenciada quando misturas de cadeias aromáticas, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> foram irradiados pela luz solar. As medições mostram que o tamanho efetivo de partícula da maior parte do sulfato no ar urbano é inferior a 0,2 a 0,9 μm. Uma vez que o comprimento de onda visível de um espectro eletromagnético varia aproximadamente entre 0,4 a 0,8 μm, a presença de aerossóis deste tipo pode causar redução na visibilidade.



### **2.3 A relação do enxofre no óleo diesel com a emissão de poluentes**

A diminuição do enxofre nos combustíveis, por mais que benéfico ao meio ambiente, trouxe alguns problemas ao Diesel, já que o enxofre funciona como uma espécie de proteção ao combustível que, sem ele, pode ser contaminado com mais facilidade. A meta estabelecida pela IMO (Organização Marítima Internacional) de redução do teor de enxofre dos combustíveis usados no setor.

A presença/quantidade de enxofre no óleo diesel é função do petróleo utilizado e do tratamento utilizado pela refinaria para a retirada do enxofre. Uma vez presente, durante a combustão, boa parte do enxofre se oxida formando  $\text{SO}_2$  que por sua vez irá combinar com água para formar ácidos, entre eles o ácido sulfúrico que traz efeitos danosos para a saúde e também equipamentos. Um outro ponto negativo é que os compostos de enxofre formados aumentam a massa de material particulado produzido em uma proporção direta com a quantidade de enxofre no combustível. Devido a estes efeitos negativos da presença de enxofre no óleo diesel, os teores máximos de enxofre permitidos pelas leis governamentais são cada vez menores a cada ano que passa, principalmente nos grandes centros populacionais. Acordo ratificado no ano passado estabelece que o limite deve passar dos atuais 3,5% para 0,5%, a partir de 2020. Com isso, a participação das emissões dos navios na poluição do ar em todo o mundo deverá cair de 5% para 1,5%, de acordo com a organização.

Todos os combustíveis lançam gases tóxicos como monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO e  $\text{NO}_2$ ) e hidrocarbonetos (compostos de hidrogênio e carbono), porém, o enxofre é liberado em maior quantidade sendo um dos mais tóxicos à saúde humana. Quando o combustível é impuro a queima libera dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ).

O dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) é um gás incolor com forte odor pungente. É muito irritante quando em contato com superfícies úmidas, pois se transforma em trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) e passa rapidamente a ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Seu comportamento na atmosfera pode levar a formação de chuva ácida e é o precursor dos sulfatos, os principais componentes de partículas inaláveis. Os sulfatos incorporados aos aerossóis são associados à acidificação de corpos d'água, redução da visibilidade, corrosão de edificações, monumentos, estruturas metálicas e condutores elétricos.

Apesar do dióxido de enxofre ser considerado como não classificável quanto a carcinogenicidade para seres humanos (Grupo 3), categoria que é comumente usada para agentes em que a evidência de carcinogenicidade é considerada inadequada para o ser humano e inadequada ou limitada para animais de experimentação, pela IARC (International Agency for Research on Cancer), os efeitos adversos da exposição a altos níveis de SO<sub>2</sub> incluem dificuldade respiratória, alteração na defesa dos pulmões, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares.

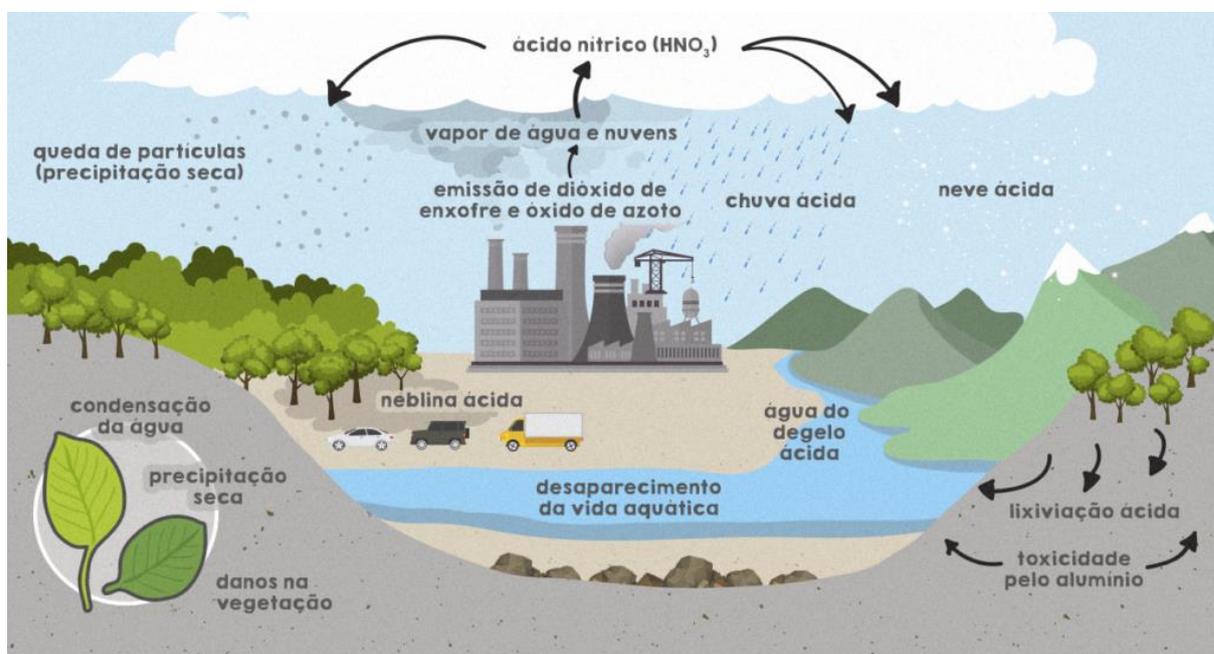
### **3 POLUIÇÃO CAUSADA POR NAVIOS**

#### **3.1 Poluição atmosférica**

Segundo a Globonews cerca de 7 bilhões de toneladas de carbono são jogadas na atmosfera por meio da atividade mercante, sendo que somente 4 bilhões são absorvidas pela natureza- oceanos e florestas- isso significa que ainda restam 3 bilhões de toneladas de carbono as quais nós respiramos e além disso, essa quantidade se acumula, com grande risco, na atmosfera. Esse tem sido o risco da queima excessiva de agentes para a propulsão do meio marítimo. O crescimento econômico e suas demandas forçaram o consumo mundial a avançar num ritmo perigoso para o ser humano e a natureza. Tal preocupação é justificada quando se constata que o meio marítimo é o principal meio de distribuição do comércio mundial, dessa forma, sendo o principal agente de emissão de poluentes no ar. Estes índices alarmam sobremaneira, pois diariamente as consequências dessa emissão são mais evidentes. problemas de saúde como doenças pulmonares e danos ambientais são constatados diariamente.

Uma das consequências da poluição atmosférica é a chuva ácida. A chuva ácida é um fruto decorrente dessa poluição atmosférica. Os gases provenientes da queima de combustíveis tendem a reagir com o oxigênio existente no ar e o vapor da água, assim, gerando ácidos que ficam na superfície terrestre devido as precipitações. Dessa forma, acidificando o solo e as águas. Como consequência das chuvas ácidas podemos citar a perda da biodiversidade e

produtividade nos oceanos, pois fitoplâncton, fonte nutricional de diversos organismos, é prejudicado, afetando assim os níveis tróficos e prejudicando toda uma cadeia, podendo gerar a extinção de espécies marinhas. Além disso, a acidificação das águas continentais também gera impactos na concentração de íon metálico, principalmente o de alumínio, isso ocasiona a possível morte de milhares de peixes, anfíbios e plantas aquáticas em lagos que tenham seu pH alterado. Além de prejudicar esse sistema acima, também pode ser deslocado para águas subterrâneas e deixá-las inaptas para o consumo. Uma das soluções para evitar a chuva ácida é a redução dos gases poluentes e produção de energias limpas, aspectos esses que a IMO 2020 tem tratado e trabalhado para diminuir os impactos já gerados pela queima excessiva de combustíveis



### 3.2 Poluição por óleo combustível

A poluição por óleo é mais comum em grandes corpos d'água, como mares e oceanos. O derramamento de óleo ocorre devido à liberação de um hidrocarboneto de petróleo líquido no ambiente aquático. A água marinha é especialmente afetada por esta forma de poluição. A poluição por óleo é principalmente uma poluição produzida pelo homem e é o resultado de atividades humanas irresponsáveis.

A poluição do petróleo é principalmente por causa do petróleo bruto. Navios e petroleiros que transportam petróleo bruto através dos oceanos podem causar derramamentos de petróleo fatais na água do mar devido a várias causas, sendo o vazamento a mais comum. A

quantidade de derramamentos de óleo é importante quando se trata da importância da poluição por óleo e água. Durante acidentes marítimos, a quantidade de derramamentos de óleo é enorme. Derramamentos em grandes quantidades ocorrem regularmente.

Além disso, derramamentos de óleo em águas rasas podem ser mais perigosos do que em águas profundas às vezes. O óleo se combina com a lama e outras substâncias sujas e afunda nos corpos d'água. Como resultado disso, o óleo tende a ficar no fundo por muito tempo causando efeitos nocivos à vida marinha que vive no fundo do mar.

Quando ocorre uma grande quantidade de poluição por óleo, é extremamente tedioso limpar a água depois. As medidas tomadas para reverter os efeitos da poluição podem revelar-se inútil, se a ação não for tomada no momento certo. Portanto, é aconselhável tomar medidas preventivas em vez de medidas de tratamento. A prevenção é uma etapa de ação importante, mas a conscientização precede esta etapa.

Sem realmente ter conhecimento dos desastres que este tipo de poluição é capaz de causar, a prevenção raramente se torna necessária. Aqui, discutiremos o relato detalhado da poluição por óleo que deveria servir como um abrir de olhos para que todos levem as medidas de controle mais a sério. O cenário de causa e efeito da poluição por óleo precisa ser estudado em profundidade e só então a ação preventiva necessária parecerá a necessidade da hora!

### **Causas:**

As várias causas da poluição por óleo estão listadas abaixo:

1. **Ruptura de petroleiros (navios petroleiros):** A ruptura mecânica de petroleiros pode causar derramamento de óleo em quantidades extremamente grandes. Se um navio-tanque quebrar em terreno raso, pode ocorrer abrasão levando a um furo no navio-tanque durante tentativas mecânicas e agressivas de tirar o navio-tanque da costa. Além disso, quando óleo de combustível ou óleo lubrificante (necessário para motores) está sendo carregado em qualquer navio, a mangueira de carregamento também pode sofrer quebra mecânica, levando a incidentes de derramamento de óleo.
2. **Vazamento no tubo de óleo:** Vazamentos no tubo de óleo são comuns e causam muita poluição por óleo. Enormes dutos são colocados em todo o mundo e seu menor vazamento pode ser um grave perigo para os corpos d'água. Resíduos de perfuração

offshore devem ser manuseados com cuidado e seu descarte adequado e legal deve ser garantido.

3. **Atividades de perfuração:** As atividades de perfuração levam à poluição severa por óleo. As indústrias após as extrações de petróleo despejam os resíduos da perfuração em corpos d'água. Isso é extremamente prejudicial para as fontes naturais de água. As empresas agem de forma irresponsável com o meio ambiente e realizam destinação inadequada dos resíduos da perfuração.
4. **Transporte humano ou atividades recreativas:** Derramamentos de óleo podem ser resultado de esportes aquáticos, bem como do transporte motorizado na água. Vazamentos de combustível de aviões a jato, lanchas, etc. também podem levar a derramamentos de óleo. Alguns corpos d'água têm tráfego regular de veículos. Esses corpos d'água tendem a ter poluição de óleo concentrada em suas águas devido à poluição do óleo constante.
5. **Mão de obra não qualificada:** Mão de obra não profissional, descuidada e não qualificada também pode ser um fator de risco para poluição por óleo. Eles podem fazer um trabalho desajeitado de carregar ou descarregar a carga de petróleo bruto que pode ser perigosa. Além disso, aplicar atalhos e não seguir o protocolo legal de limpeza, carga, supervisão e descarga, ao manusear petroleiros, é frequentemente visto entre os membros da tripulação.
6. **Falha na verificação de falhas:** É importante verificar se há algum equipamento ou peças com defeito de uma embarcação antes de dar a ela um sinal verde para fazer uma viagem marítima. Quaisquer incidentes de falha em potencial devem ser resolvidos imediatamente e não olhar para o passado. Mesmo falhas mínimas podem criar confusão tardia. A falha de motores no meio do mar pode causar poluição substancial por óleo.
7. **Causas naturais além do controle humano:** Calamidades naturais como tempestades e tsunamis também causaram muitos derramamentos de óleo e acidentes de navios. Isso está além do controle humano e causa danos máximos à água do mar. As condições climáticas são algo que não pode ser contornado quando se fala sobre a vida marinha.
8. **Derramamentos operacionais de óleo:** Em qualquer navio, o porão é um espaço encontrado sob os motores do navio, na própria base. É para coletar óleo, sujeira gordurosa e água. Quando o porão é bombeado pela tripulação do navio, o óleo e a água se separam. O resíduo oleoso deve ser armazenado em um tanque de retenção designado, que deve ser descartado no próximo porto disponível. A água que sobra (com traços de óleo em quantidades insignificantes) é bombeada para o oceano depois de

passar por um separador de água e óleo. Este extenso procedimento é feito para garantir que apenas traços de óleo sejam bombeados para fora do barco. Portanto, se uma mancha de óleo for encontrada ao redor de um navio, isso mostra que o navio não seguiu o procedimento legal correto e despejou ilegalmente mais petróleo no oceano do que é permitido.

9. **Limpeza de tanques:** Quando os tanques de óleo dos navios são limpos, há alto risco de derramamento de óleo na água do oceano. Antes de carregar a nova carga de petróleo bruto em seu navio, a tripulação geralmente limpa os tanques de carga. Após a limpeza completa do tanque de óleo de carga com produtos químicos e água, o resíduo de óleo remanescente flutua na água, bem na base do tanque de carga. Essa água é normalmente canalizada para um separador de água e óleo para separar apenas o resíduo oleoso da carga no fundo do tanque de carga. A carga de petróleo bruto fresco pode, idealmente, ser carregada sobre a sobra do óleo de carga antigo. No entanto, alguns membros da tripulação tendem a bombear o resíduo de óleo de carga antigo remanescente na água do oceano. Isso é estritamente ilegal e não deve ser incentivado a qualquer custo. Isso leva à descarga de toneladas de resíduos de óleo sujo na água do mar, causando poluição por óleo.
10. **Escoamentos da poluição do solo:** Poluir as atividades humanas na terra também pode contribuir para a poluição do óleo da água. Os vazamentos de óleo veicular em terra também podem ser arrastados para os mares, oceanos e outros corpos d'água naturais, levando à poluição por óleo.

## **Efeitos**

O efeito da poluição por óleo é desastroso, principalmente sobre a flora e a fauna aquáticas. Dada a seguir são vários possíveis efeitos adversos da poluição por óleo.

1. **Danos ao ecossistema:** A poluição por óleo é uma grande ameaça ao nosso ecossistema, especialmente o ecossistema aquático. O impacto ecológico de derramamentos de óleo nos animais aquáticos depende da localização dos derramamentos de óleo e também da sensibilidade dos organismos locais à poluição por óleo. Os derramamentos de óleo diminuem muito a população de criadores de animais e também prejudicam seus habitats de nidificação. Isso leva ao conseqüente encolhimento da população de presas locais, desequilibrando a cadeia alimentar aquática e o ecossistema. As plantas na água

também não podem sobreviver em um ambiente oleoso e venenoso e morrer de morte prematura, antes de seus ciclos de vida.

2. **Efeito prejudicial à biodiversidade marinha:** A biodiversidade marinha será muito afetada pela poluição por óleo. Os derramamentos de óleo podem causar danos potenciais às aves marinhas. Suas penas ficam cobertas com a água oleosa que impede a propriedade de repelir água de sua plumagem. Isso pode aumentar suas chances de afogamento na água, pois sua flutuabilidade pode diminuir consideravelmente. Além disso, animais aquáticos, pássaros e mamíferos podem tender a ingerir água contaminada com óleo, o que pode prejudicar sua saúde ao envenená-los. Os derramamentos de óleo também são perigosos para peixes e crustáceos. O petróleo destrói a capacidade de isolamento de mamíferos peludos como as lontras marinhas. Isso pode afetar adversamente a manutenção da temperatura corporal. O derramamento de óleo acontece em todo o mar e o local decide os ferimentos ou a taxa de mortalidade de pássaros e animais. É uma pena que as atividades humanas perturbem constantemente a biodiversidade marinha.
3. **Perda econômica:** O derramamento de óleo se ocorre em altas concentrações é muito difícil de limpar, não importa quanto esforço seja investido nisso. Além disso, o regime de limpeza é tudo menos barato. Uma grande quantia de dinheiro precisa ser gasta para limpar a bagunça do derramamento de óleo e o resultado também pode não ser 100% satisfatório. A poluição do petróleo é proporcional a perdas econômicas consideráveis. Além disso, o derramamento de petróleo bruto é de grande perda, pois o petróleo bruto é precioso e muito caro.
4. **Alterando a temperatura da água:** A camada de óleo presente na superfície da água tende a absorver mais calor dos raios solares e pode aumentar significativamente a temperatura da água da superfície. Além disso, pode impedir que a luz do sol alcance as profundezas da água com uma distribuição desigual de calor nas profundezas do corpo d'água. Isso pode alterar a hidrodinâmica natural dos corpos d'água, o que pode levar a um menor suprimento de oxigênio em certas profundidades da água.
5. **Efeito nas áreas costeiras:** As linhas costeiras e as praias arenosas nas áreas costeiras também podem ser uma vítima indireta da poluição da água por óleo. A água contaminada com óleo geralmente é varrida pela costa pelas ondas na maré alta. Isso torna as praias sujas e inseguras também para a população humana. Assim, as áreas costeiras são continuamente contaminadas devido à poluição por óleo.

6. **Degrada a qualidade da água:** A poluição do óleo degrada seriamente a qualidade da água a longo prazo. Por ser insolúvel em água, a água oleosa sempre existe em duas camadas. Além disso, nas linhas costeiras, a corrente das ondas pode até transformar a água oleosa em uma emulsão óleo-água turva (em que o óleo e a água existem como uma única fase turva devido às forças mecânicas de mistura constantes). Isso degrada ainda mais a qualidade da água.
7. **Setor do turismo afetado:** O setor do turismo é muito afetado por derramamentos de óleo e poluição por óleo. Devido ao aumento da poluição por óleo nas praias e linhas costeiras, as atividades recreativas dos turistas como passeios de barco, natação, mergulho e esportes de aventura estão ficando para trás. Água suja e insalubre vai impedir os turistas de realizar essas atividades completamente.
8. **Problemas da indústria:** Muitas indústrias usam água limpa de corpos d'água naturais para fins de resfriamento. Industriais como usinas de energia, usinas nucleares e usinas de dessalinização precisam de abastecimento constante de água de superfície. Essas indústrias também podem representar um risco de obter água oleosa e contaminada devido à poluição por óleo. Isso pode levar à contaminação em seus tubos e pode não resultar em uma limpeza eficaz também.

### **Medidas Preventivas e de Controle:**

Para lidar com a poluição por óleo, é essencial tomar medidas preventivas e de controle suficientes em todo o mundo. A água é o recurso natural mais importante e a sua qualidade é de extrema importância. Portanto, preservar a pureza natural da água deve ser a principal prioridade. Uma vez que a poluição por óleo é um grande poluente da água, vamos ver algumas medidas importantes sobre como controlar e prevenir o mesmo.

1. **Uso de pessoas treinadas:** A perfuração só deve ser realizada por pessoas altamente qualificadas e treinadas. Isso evitará a poluição de óleo, de outra forma indesejada.
2. **Verificações de qualidade adequadas:** A qualidade não pode ser comprometida quando se trata de navios e petroleiros em águas marítimas. Suas peças e equipamentos mecânicos precisam passar por verificações de qualidade rigorosas para serem comprovadas como seguras contra quaisquer perigos de derramamento de óleo. É necessária atenção extra ao instalar os tubos em caminhões-tanque. Qualquer provável problema de vazamento deve ser eliminado antes de ir para o mar.

3. **Plano Eficiente de Gestão de Desastres:** O governo de todos os países do mundo deve tratar a poluição por óleo com seriedade e apresentar um plano de gestão de desastres adequado para lidar com este problema. Os órgãos ambientais locais também devem intensificar seus planos de ação para a recuperação de corpos d'água poluídos. Um plano deve ser desenvolvido para direcionar o processo de restauração e incorporar coisas como reconstrução de coral e plantações, melhorias na costa e restrições de transporte entre corpos d'água. O acesso público às costas gravemente afetadas deve ser restrito para evitar riscos à saúde humana.
4. **Biorremediação:** Quando bactérias são usadas para limpar derramamentos de óleo no ambiente marinho, é denominado como biorremediação. A biorremediação é um processo que usa decompositores naturais e enzimas vegetais para tratar a água contaminada. Certas bactérias específicas são úteis quando se pensa na biorremediação de hidrocarbonetos presentes no petróleo e na gasolina.
5. **Inspeção regular dos locais de óleo:** Skimmers regulares precisam ser empregados na água do mar para monitorar e controlar derramamentos de óleo. Skimmers são barcos que ajudam a retirar o óleo derramado da superfície da água poluída. Desta forma, ações imediatas podem ser tomadas em caso de acidentes para evitar danos a longo prazo em proporções graves. Mesmo que certos descuidos operacionais possam ser evitados com regras mais rígidas, os acidentes não podem ser previstos nem evitados. Portanto, contratar uma equipe de emergência é o caminho a percorrer.
6. **Equipe de emergência 24 horas por dia, 7 dias por semana:** O governo deve ter uma equipe de emergência 24 horas por dia, 7 dias por semana, pronta para quaisquer acidentes marítimos e incidentes de derramamento de óleo. Uma equipe eficaz facilitará a limpeza imediata da bagunça que qualquer um desses incidentes pode causar.
7. **Leis e regulamentos:** Várias leis e regulamentos já estão em operação na maioria dos países, mas ainda assim a poluição por óleo está aumentando. As leis devem ser implementadas no nível do solo e as instalações devem ser verificadas regularmente para manutenção adequada e documentação de seus procedimentos para descarga, bem como carregamento. Além disso, exercícios simulados devem ser obrigatórios para todas as embarcações, a fim de estarem preparadas para limpar derramamentos de óleo em situações de emergência.
8. **Tratamento químico:** Os derramamentos de óleo em corpos d'água pode ser limpos de forma química. Usando solventes (esponjas grandes que absorvem óleo), os

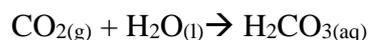
derramamentos de óleo podem ser limpos. Além disso, os dispersantes químicos efetivamente quebram o óleo em seus constituintes químicos correspondentes.

9. **Métodos físicos:** Métodos físicos também podem ser empregados para limpar derramamentos de óleo. Os caminhões a vácuo podem sugar o óleo derramado nas praias e na superfície da água. Derramamentos de óleo nas praias também podem contaminar a água do oceano. Portanto, pás e máquinas rodoviárias podem ser usadas para limpar o óleo na praia. Areia e cascalho contaminados com óleo podem ser recolhidos e movidos para longe, para que as ondas que atingem as margens não capturem os resíduos oleosos que causam a poluição das águas petrolíferas. Barreiras flutuantes chamadas 'barreiras' também podem ser usadas para prevenir a poluição por óleo. Isso geralmente é feito plantando-se uma grande barreira ao redor de um navio petroleiro com vazamento para coletá-lo antes que cause contaminação maciça da água.
10. **Deixando-o intacto:** Se a quantidade de derramamento de óleo não for de proporções gigantescas e a área do derramamento não tiver risco potencial de poluir áreas costeiras, indústrias marítimas, etc., é melhor ser deixado sozinho. O óleo é degradado naturalmente por uma combinação de sol, ação das ondas, temperatura da água e micróbios naturais ao longo do tempo. Este fenômeno é chamado de 'Intemperismo'. Películas de óleo de superfície fina podem ser facilmente limpas por intemperismo natural.

### 3.3 Chuva Ácida

De acordo com o químico e climatologista, o inglês Robert Angus Smith, essa foi a maneira encontrada por ele para descrever a precipitação ácida que ocorreu na cidade de Manchester no início da Revolução Industrial.

Naturalmente, as chuvas são ácidas mesmo em locais não poluídos, na atmosfera há, por exemplo, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), que é um óxido ácido que reage com a água da chuva e gera o ácido carbônico:



As chuvas naturalmente ácidas possuem um pH em torno de 5,6 não sendo considerada nociva. É chamada chuva ácida qualquer chuva na qual seu pH seja inferior a 5,6.

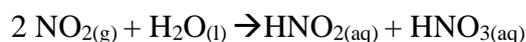
Em lugares com população elevada e alta quantidade de automóveis em centros industriais, são comuns chuvas ácidas com pH igual a 4,5. Alguns momentos foram registrados

chuvas com pH igual a 2, índice extremamente perigoso ao considerar ser o mesmo valor de pH do limão e do vinagre concentrados.

O pH da chuva diminui em virtude dos óxidos de nitrogênio e de enxofre.

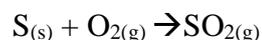
Nos óxidos de nitrogênio, o principal é o NO<sub>2</sub>, que está presente na atmosfera por meio de reações entre os gases nitrogênio e oxigênio catalisados por relâmpagos ou ser originado das combustões em motores a explosão dos automóveis movidos a combustíveis fósseis.

O dióxido de nitrogênio ao reagir com a água da chuva gera dois tipos de ácidos, o ácido nitroso e o ácido nítrico:



O ácido nítrico é considerado o segundo maior responsável pela chuva ácida.

No entanto, os óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>) são os maiores responsáveis pela chuva ácida, causadora de graves problemas ambientais. Esses óxidos reagem com a água formando o ácido sulfúrico:



Os combustíveis fósseis sofrem combustão completa, liberando gás carbônico para a atmosfera, conforme as impurezas presentes, também são produzidos óxidos de nitrogênio, NO e NO<sub>2</sub>, e óxidos de enxofre, SO<sub>2(g)</sub> e SO<sub>3(g)</sub>. A chamada gasolina Podium é livre de enxofre.

As consequências da chuva ácida aumentam proporcionalmente ao avanço industrial e o uso dos combustíveis fósseis. Com isso, ocorre a necessidade de diminuir a emissão dos gases poluentes na atmosfera.

### **3.4 Desvantagens do transporte marítimo em relação ao modal rodoviário**

Conforme a jornalista Laetitia Van Eeckhout, do jornal Le Monde, publicou e o portal Uol reproduziu no dia 23 de julho de 2015. O fato de a Ministra do Meio Ambiente na França naquele momento, Ségolène Royal, decidir adiar seu pronunciamento, no dia 21 de julho de 2015, sobre o combate à poluição atmosférica, associações ambientalistas chamaram a atenção para uma fonte desconhecida de emissões de poluentes.

A France Nature Environnement (FNE) e a ONG alemã NABU lançaram a partir do Porto de Marselha, uma campanha de conscientização sobre a poluição gerada pelo transporte marítimo, sendo uma poluição mais perigosa que a do transporte rodoviário.

Da mesma forma como os navios de cruzeiro, os navios mercantes utilizam de uma maneira mais excessiva um óleo combustível mais pesado, subproduto do petróleo, que emite em grandes quantidades partículas finas, óxidos de nitrogênio e, sobretudo, óxidos de enxofre. Sendo esse poluente um dos principais responsáveis pelo problema de acidificação das chuvas revelando-se tóxico para a saúde humana.

A emissão do transporte marítimo é responsável por doenças cardiovasculares e pulmonares, podendo provocar 60 mil mortes prematuras por ano na União Européia, segundo um estudo publicado pela Universidade Rostock e o centro de pesquisas ambientais alemão Helmholtz Zentrum Munich que estabeleceu uma ligação entre as doenças graves e os gases de escapamento dos cargueiros. Isso causaria para o setor de saúde europeu um custo de 58 bilhões de euros.

De acordo com dados fornecidos pelos serviços de vigilância sanitária de Long Beach, no distrito de Los Angeles, foi revelado que populações que vivem perto da zona portuária possuem níveis de asma, doenças cardiovasculares e de depressão em média de 3% mais elevados que outros habitantes da cidade.

Mesmo que já tivesse ocorrido a implementação de medidas para reduzir os poluentes gerados pelo diesel utilizado por carros e caminhões, os combustíveis marítimos, que são tóxicos, continuaram sendo pouco regulamentados. “Os combustíveis marítimos tem um teor de enxofre mais de 3 mil vezes maior que os combustíveis utilizados por carros e caminhões. No entanto, o transporte rodoviário paga impostos sobre os combustíveis não tributados” diz Adrien Brunetti, coordenador da rede de saúde ambiental da FNE.

### 3.5 Consequências econômicas

De acordo com o diretor de assuntos institucionais da Hamburg Sud e da Aliança, empresas especializadas em transporte de longo curso, Mark Juzwiak, os custos do setor ainda devem ser avaliados dependendo da disponibilidade do combustível de baixo enxofre e seu custo nas várias partes do mundo, incluindo o Brasil. Hoje, segundo ele, a Petrobras não disponibiliza esse combustível, e uma das alternativas seria a mistura com o diesel para diluir a quantidade de enxofre. “Mas isso elevaria bastante o custo. A maioria dos armadores dependerá da compra de combustível que se adeque às novas regras. Considerando os altos custos do programa até 2020, somente uma ação forte e coordenada na implementação das regras pode garantir a competitividade no mesmo nível”, Mark Juzwiak, Diretor de assuntos institucionais da Hamburg Sud e da Aliança.

Na visão do especialista em negociações climáticas internacionais da WWF-Brasil, Mark Lutes, a busca por menos emissões pode fazer com que o país seja beneficiado pela oportunidade de gerar uma maior eficiência nas formas de propulsão das embarcações. “As metas estabelecidas podem servir de incentivo para o Brasil produzir combustíveis alternativos, mas, para isso, é preciso haver uma transformação em todos os setores. Os navios fabricados a partir de agora serão mais eficientes já pensando em um futuro não muito distante, quando teremos que substituir os combustíveis fósseis por novas formas de combustíveis, como os biocombustíveis, hidrogênio e nitrogênio.”

Procurada pela reportagem para comentar sobre o fornecimento de combustíveis menos poluentes para o setor marítimo, a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), por meio de nota, destacou que “em tratativas com a Marinha do Brasil, a Petrobras se propôs a ofertar, na data fixada pela IMO, as necessidades de sua própria frota envolvida no comércio internacional de petróleo e derivados, bem como as dos navios de bandeira brasileira ou estrangeira que demandarem combustível nos portos brasileiros”. Além de membro da IMO, o Brasil é signatário da Convenção Marpol (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios), o que reforça a atuação na busca de alternativas para reduzir a poluição causada pelo transporte marítimo.

## 4 LEIS DE PREVENÇÃO A POLUIÇÃO

### 4.1 Marpol

A MARPOL 73/78 é a principal convenção internacional já criada dedicada à prevenção da poluição do meio marinho por navios considerando cenários operacionais de rotina ou acidentais. Nesse sentido, ela detém o propósito de instituir regras a fim de eliminar a poluição internacional do meio ambiente marinho por óleo e por outras substâncias danosas, bem como minimizar a descarga acidental daquelas substâncias.

A convenção foi inicialmente adotada em 1973 na IMO (*Internacional Maritime Organization*), que é a agência integrante da ONU especializada no setor marítimo internacional, internacional <sup>[1]</sup>. Desde então, a MARPOL passou por algumas reformulações e atualizações, sendo emendada pelo Protocolo de 1978, quando passou a ser conhecida como MARPOL 73/78, e em 1997, com a adoção de um novo protocolo para alterar a Convenção, adicionando-se um novo Anexo. No Brasil, ele passou a fazer parte do ordenamento jurídico em 1998, através da promulgação do Decreto n. 2.508/1998, assinado pelo então Presidente da República Fernando Henrique Cardoso.

Atualmente, a MARPOL 73/78 é composta por seis anexos técnicos. São eles:

- Anexo I - Regras para a Prevenção de Poluição por Óleo;
- Anexo II – Regras para o Controle da Poluição por Substâncias Líquidas Nocivas a Granel;
- Anexo III – Regras para a Prevenção da Poluição por Substâncias Danosas Transportadas por Mar sob a Forma de Embalagens;
- Anexo IV – Regras para a Prevenção da Poluição por Esgoto dos Navios;
- Anexo V – Regras para a Prevenção da Poluição por Lixo dos Navios;
- Anexo VI – Regras para a Prevenção da Poluição Atmosférica dos Navios.

Considerando o recente derramamento de petróleo que atingiu as praias do Nordeste brasileiro, merece destaque o Anexo I, que complementa a Lei n. 9.966/2000 (Lei do Óleo), a qual dispõe sobre os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional.

De acordo com a Lei do Óleo, é proibida a descarga, em água sob jurisdição nacional (mar territorial, plataforma continental e zona econômica exclusiva), de substâncias nocivas ou perigosas, inclusive aquelas provisoriamente classificadas como tal, além de água de lastro, resíduos de lavagem de tanques ou outras misturas que contenham óleo ou tais substâncias.

## **4.2 Lei do ar limpo**

Atualmente, há muita preocupação em regulamentar os níveis de emissão de poluição no meio ambiente, diversas legislações sobre poluição do ar, tais como a Lei do Ar Limpo regulamentaram regras para a diminuição dessas emissões. A Lei do Ar Limpo apresenta regras como diminuição do nível de chuva ácida por emissão de gases tóxicos por usinas movidas a combustíveis fósseis e outras fontes industriais. Desta forma, as indústrias vêm se adaptando a estas regras adotando sistemas de dessulfurização de gases de combustão, também conhecido como lavadores.

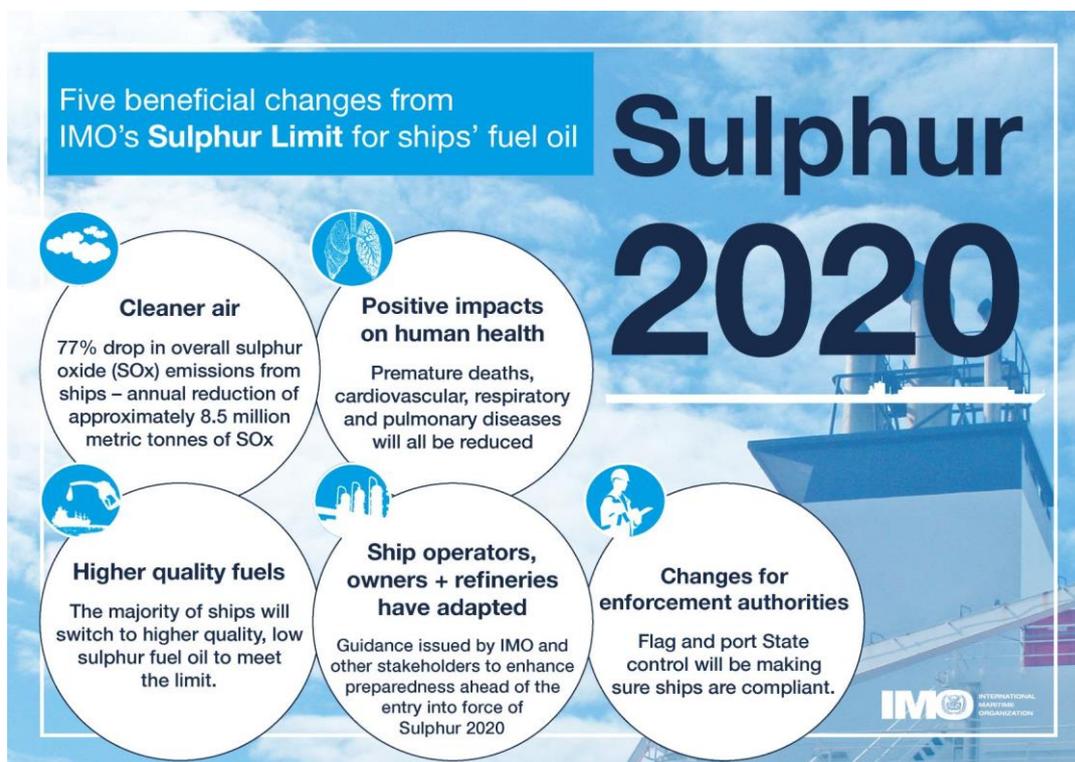
Sistemas de dessulfurização de gases úmidos ou sistemas de depuração são uma excelente maneira de reduzir as emissões de dióxido de enxofre causadas por caldeiras de combustão de carvão. O gás de combustão descarregado da caldeira é enviado para o absorvedor. No absorvedor, uma mistura de água e calcário é pulverizada sobre o gás de combustão. A suspensão de calcário absorve o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) contido no gás de combustão para diminuir as emissões de enxofre. O calcário reage com o SO<sub>2</sub> para produzir sulfito de cálcio. O sulfito de cálcio, em seguida reage com o oxigênio e, em seguida, é finalmente removido como gesso.

Este processo diminui a emissão de enxofre no meio ambiente e gera como resíduo uma suspensão de calcário e gesso que é muito abrasivo. Medidores magnéticos são normalmente utilizados para medir e controlar esse tipo de resíduo (fluido com suspensão de calcário) direcionado aos pulverizadores.

Os revestimentos do tipo PTFE nos medidores de vazão magnéticos para estas aplicações apresentam uma expectativa de vida curta por não suportarem a abrasividade da lama. A utilização de revestimentos sem tela metálica e eletrodos expostos ao fluido de processo expõe os medidores a falha. Uma vez que o revestimento se desgasta ou o selo em torno do eletrodo é corroído, o fluido do processo pode, então, atacar a parte interna (bobinas e cabos do eletrodo) e deteriorar o revestimento.

Além disso, a utilização de eletrodos com a face sobressalente ao revestimento pode criar um aumento do ruído pela presença do calcário ou gesso colidindo com o eletrodo. Desta forma a saída do medidor apresentará erros na leitura indisponibilizando o uso do medidor para controle.

A instalação incorreta do medidor também pode contribuir para problemas na medição. Além da consideração de instalação quanto as distâncias de trecho reto, a velocidade de fluidos tipo lama deve ser mantido dentro de certos limites. Caso a velocidade seja inferior a 1,5 m/s os sólidos em suspensão podem assorear no tubo. Em uma instalação do medidor em uma posição horizontal pode gerar desgaste fazendo com que a parte inferior do medidor seja desgastada rapidamente.



## Solução

O medidor magnético AXF é uma excelente escolha para esta aplicação. Por conta do revestimento em PFA que apresenta melhor qualidade que o PTFE além de ser moldado com tela metálica protetora e eletrodo por inserção contra infiltrações do fluido do processo. Aumentando o tempo de vida do medidor.

Por conta do formato do eletrodo ser faceado com o revestimento a probabilidade de ruído causado pelo choque de sólidos do fluido é menor.

O uso de chapéu metálico (figura abaixo) como anel de aterramento também é uma alternativa e diminui o desgaste do revestimento. Onde o chapéu metálico não puder ser aplicado, pode-se utilizar revestimento do tipo cerâmico.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos os professores e a toda tripulação do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, inclusive os terceirizados, pois sem o empenho e dedicação desta equipe nossa missão não teria sido cumprida.

Em especial, agradecemos ao nosso orientador Professor Hermann Regazzi Gerk pela inspiração na busca de novos conhecimentos e a Pedagoga Andrea Sales pelo incentivo e apoio na construção deste trabalho.

Agradecemos à Deus, nossa família e amigos pelo apoio para que este curso fosse concluído com sucesso, fornecendo os meios necessários para vencer este desafio.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/futuro-mais-limpo>

<https://www.ecycle.com.br/dioxido-de-enxofre-so2/>

<https://www.yokogawa.com.br/noticias/detalhe/saiba-como-reduzir-o-nivel-das-emissoes-de-enxofre-no-meio-ambiente.html>

<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/desafio-ambiental-teor-exnofre-oleo-combustivel-maritimo-reduzir-2020>

SHI & HARISSON in WALSH et al, 2005, p.70

<https://www.marinha.mil.br/noticias/brasil-tem-participacao-ativa-no-comite-de-protecao-do-meio-ambiente-marinho>

<http://noticias.dino.com.br/imo-2020-o-que-muda-com-as-novas-regras-de-emissao-de-enxofre-pelos-navios-199594-3/>

<https://cbie.com.br/artigos/qual-o-combustivel-usado-por-navios/>

<https://m.manualdaquimica.com/quimica-ambiental/chuva-acida.htm>