



# **Contribuição Técnica aos Pedidos de Vista da minuta de Resolução CONAMA sobre Queima Controlada**

Resultado da 23ª Reunião da CT de Qualidade Ambiental e  
Gestão de resíduos de 02 a 03/02/17.

17 de março de 2017.

## SUMÁRIO

1. Qual o uso previsto da técnica de queima controlada no âmbito da capacidade de resposta da indústria de óleo e gás offshore, no Brasil? .....	3
2. Quais os poluentes gerados durante uma queima de petróleo cru no mar?.....	8
3. Como é o protocolo internacional de monitoramento da atividade de queima controlada?.....	11
4. Existem métodos de monitoramento de poluentes atmosféricos que sejam portáteis ou que possam ser instalados em veículos e que forneçam resposta contínua a fim de serem utilizados como um “gatilho” para interrupção da queima? Considerar na resposta: CO, NO <sub>2</sub> , MP, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> e dioxinas e furanos.....	12
5. Existem argumentos técnicos que embasam o monitoramento apenas de material particulado durante a realização das queimas controladas no mar, em resposta a vazamentos de óleo offshore? .....	14
6. Quais os tipos de resíduo gerados na queima controlada de óleo cru e seus impactos caso não coletados?.....	18
7. Quais os impactos da queima controlada sobre espécies marinhas (rotas migratórias e áreas de reprodução)? .....	19

## **Esclarecimentos técnicos sobre a atividade de queima controlada para combate a vazamentos de derrame no mar.**

Este documento objetiva apresentar considerações técnicas sobre a minuta de resolução CONAMA de queima controlada, com ênfase nos questionamentos realizados durante a 23ª reunião da CT de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos, dias 02 e 03 de fevereiro de 2017.

### **1. Qual o uso previsto da técnica de queima controlada no âmbito da capacidade de resposta da indústria de óleo e gás offshore, no Brasil?**

A capacidade de resposta de cada atividade e instalação situada em águas jurisdicionais brasileiras é dimensionada a partir dos requisitos da resolução Conama 398/2008, a qual rege a elaboração do Plano de Emergência Individual.

Esta resolução estabelece a possibilidade de uso de diferentes estratégias de resposta, com priorização implícita da técnica de contenção e recolhimento mecânico, a qual se baseia no uso de barreiras de contenção, equipamentos recolhedores de óleo e embarcações específicas para tal fim.

Contudo, em virtude das limitações operacionais da técnica de contenção e recolhimento mecânico, as quais estão associadas às condições meteoceanográficas vigentes no momento do vazamento, a eficiência desta estratégia pode ser drasticamente reduzida ou até nula.

Da mesma maneira, o volume de óleo vazado pode ser de tal magnitude que os recursos dimensionados a partir da resolução, mesmo que considerando volumes de pior caso, mostram-se insuficientes para minimizar os impactos ambientais decorrentes.

Nestes casos de insuficiência ou ineficiência das técnicas de contenção e recolhimento, outras estratégias de resposta podem ser utilizadas, tais como a aplicação de dispersantes químicos (regulada pela Resolução Conama 472/2015) e a queima controlada (proposta em discussão).

Um exemplo real desta situação consiste no cenário de vazamento a partir de *blowout*<sup>1</sup> (descontrole) de um poço submarino, como ocorrido em 2010, no Golfo do México, nos EUA,

---

<sup>1</sup> *Blowout* - fluxo descontrolado de hidrocarbonetos saindo de um poço de petróleo devido a alguma falha no seu sistema de controle de pressão.

quando houve vazamento de um poço submarino, após incêndio e afundamento de plataforma, com vazão estimada pela Corte Distrital da Justiça Americana em 3,19 milhões de barris.

Para fins de comparação, os maiores derrames de óleo registrados no Brasil até hoje consistem nos eventos do rio Iguçu/PR (cerca de 4.000 m<sup>3</sup> ou aproximadamente 25.000 barris) e da Baía de Guanabara/RJ (cerca de 1.300 m<sup>3</sup> ou cerca de 8.200 barris), ambos ocorridos em 2000 e causados por rompimentos em dutos de petróleo.

Durante a resposta ao acidente do Golfo do México, entre outras iniciativas, foram realizadas 411 (quatrocentos e onze) operações de queimas controladas.

A estimativa oficial do balanço de massa do óleo vazado e efeito das técnicas de resposta é apresentada na figura 01.

Na figura 02 são apresentadas as áreas impactadas pela mancha (em cinza), a extensão de litoral petrolizado e os locais em que as queimas foram realizadas (em vermelho).

Na figura 03 é apresentado, em inglês, um resumo das operações de queima realizadas durante a resposta ao evento de Macondo.

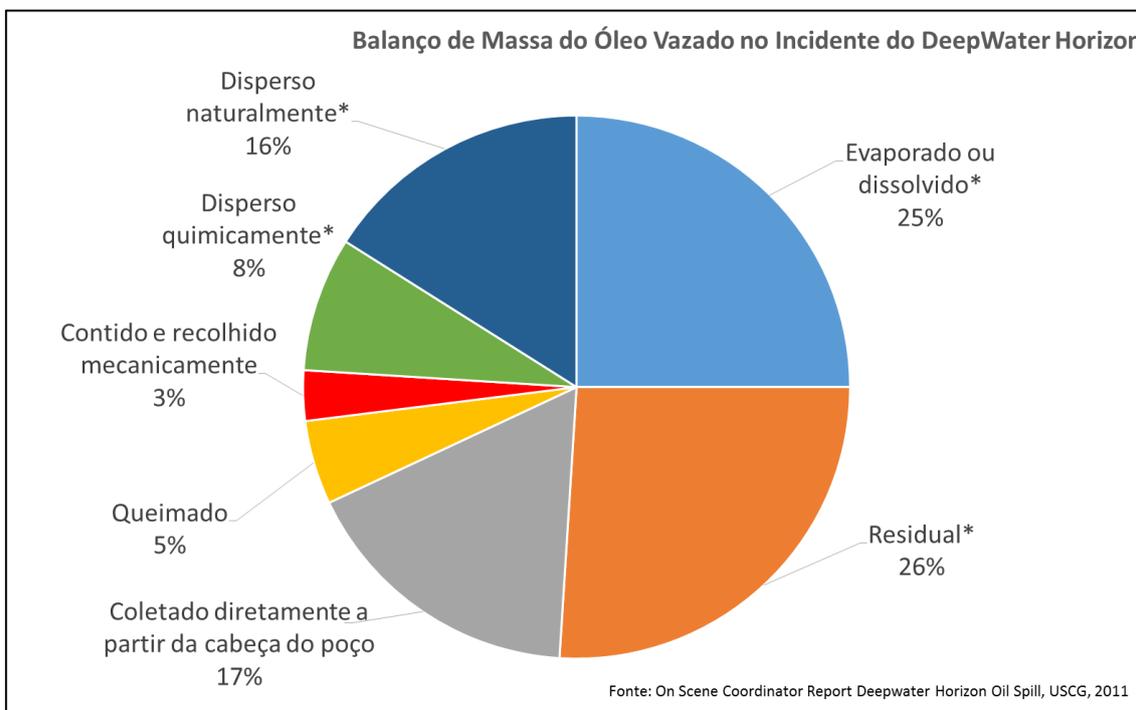


Figura 1 - Balanço de massa do óleo vazado no incidente de Macondo, 2010. Fonte: USCG, 2011.

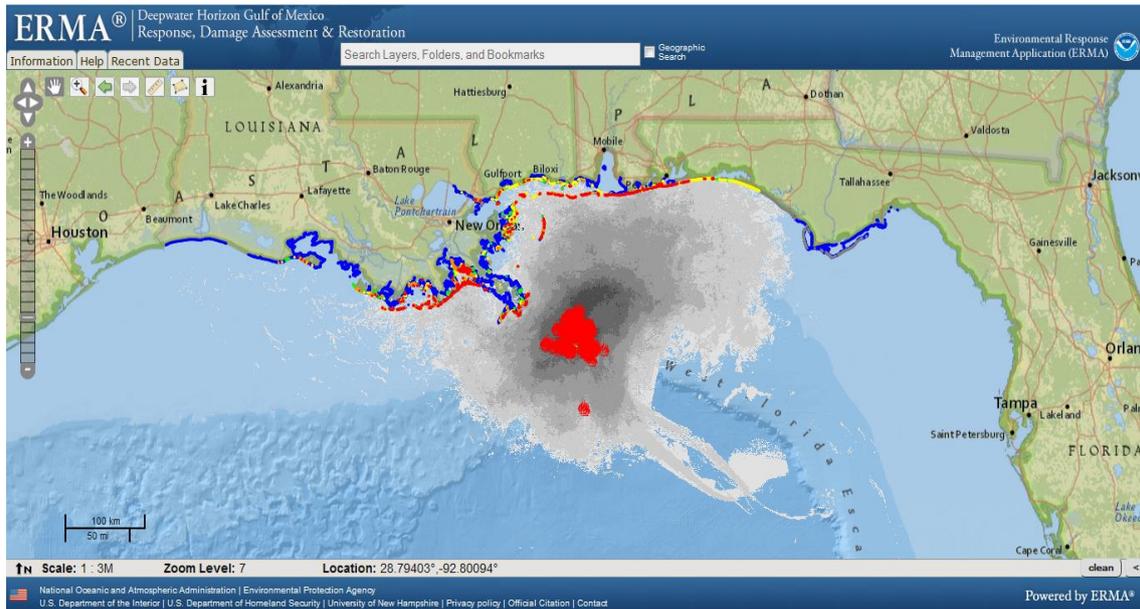


Figura 2 - Áreas impactadas pela mancha (em cinza), a extensão de litoral petrolizado e os locais em que as queimas foram realizadas (em vermelho). Fonte: NOAA, 2017.

Amount burned	35,000–50,000 m <sup>3</sup> (220,000–310,000 barrels)
Number of fires	411 (396 effective ones)
Time of fires (range)	10 min–12 h
Dates	April 28 to August 19, 2010 (83 days)
Location	~5–25 km (3–15 miles) from source—about ~60 km (40 miles) from shore
Average burned/fire	110 m <sup>3</sup> (700 barrels)
Average burn time	~2 h
Most oil burned in one day	~9600 m <sup>3</sup> (~60,000 barrels) (June 18)
Burn teams	8–12
People per burn team	7 or 8
Total people involved	Less than 100
Spotting aircraft	2 King Airls
Spotters	10
Fire boom used	7000 m (23,000 ft)
Types used	Four types, mostly Elastec/American Marine, then Applied Fabric Technologies
Boom used per burn	~150 m (~500 ft)
Fire boom lifetimes	Ranging from one to typically 12–14 burns
Large vessels	~10 supply boats and large shrimp boats
Small vessels	~20 rigid hull inflatable or aluminum skiffs
Igniters	1700 handheld with gelled diesel and marine flares

Figura 3 - Sumário das operações de queima realizadas durante o incidente de Macondo, EUA, 2010. Fonte: FINGAS, 2017.

Desta forma, o conceito de contingência associado ao uso de queima controlada no Brasil condiciona o uso desta técnica, para uma rápida remoção do óleo presente na água do mar, quando a não intervenção ou a aplicação de técnicas mecânicas de contenção, recolhimento e dispersão se mostrarem não efetivas, inaplicáveis ou insuficientes e nas hipóteses de ocorrência de incidentes de poluição por óleo no mar considerados de significância nacional, ou em caso de ocorrência de incidentes de poluição por óleo no mar de descarga contínua com volumes relevantes, ou em incidentes de poluição por óleo onde a mancha estiver se deslocando ou puder se deslocar para áreas designadas como ambientalmente sensíveis, conforme indicação meteoceanográfica ou dados pretéritos locais.

Em termos gerais, ações envolvendo contenção e recolhimento mecânico com uso de embarcações offshore, aplicações aérea e subaquática de dispersantes químicos, proteções de áreas costeiras ambientalmente sensíveis serão operacionalizadas prioritariamente à realização de manobras de queima controlada no mar.

Note-se que os impactos ambientais decorrentes do vazamento são mais pronunciados nas regiões costeiras, onde se localizam as maiores sensibilidades socioeconômicas e ambientais, do que em mar aberto, onde o óleo poderá vir a ser queimado.

Em qualquer circunstância, o que se avalia é o benefício ambiental líquido de se queimar o óleo, comparando o impacto da queima com a alternativa de toque do óleo na costa, com consequente petrolização destas áreas sensíveis. Esta avaliação é o conceito central da ferramenta denominada NEBA (Net Environmental Benefits Analysis), a qual encontra amplo respaldo em legislações e planos de contingências de outros países, como EUA, Inglaterra e Noruega, por exemplo.

É importante, ainda, considerar que o Brasil dispõe da maior frota de embarcações de combate a vazamentos de óleo no mar (OSRV – oil spill response vessels), em termos mundiais, sendo apenas a Petrobras gestora de 45 unidades. Cada embarcação desta possui, além de equipe especializada, recolhedores e barreiras oceânicas específicas para a atividade offshore.

Além disso, existem no país, nos Centros de Defesa Ambiental (mantidos pela Petrobras) e nos Centros de Resposta a Emergências (mantidos pela Transpetro), cerca de 65 instalações em todo o território nacional, cada qual com embarcações para atuação costeira e em águas interiores, barreiras de contenção, tanques de armazenamento temporário e recolhedores de

aplicações variadas. Outros empreendedores mantêm estruturas similares, porém de menor porte.

Isto faz com que o país disponha hoje de uma capacidade de contingência invejável de resposta a vazamentos.

Não obstante, o uso da técnica de queima depende de um aporte contínuo de óleo preferencialmente fresco, em virtude da diminuição da eficiência em função do avanço do grau de intemperismo (envelhecimento) do óleo no mar.

É relevante mencionar que, de acordo com SINTEF Offshore *Blowout Database*, o maior banco de dados da indústria, desenvolvido com foco no Golfo do México e no Mar do Norte, a taxa de ocorrência de um blowout é muito baixa, da ordem de  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$ /ano, bastante inferior ao critério usual de tolerância de riscos, que é de  $10^{-3}$ /ano.

Além disso, apenas parte dos *blowouts* resultam em derrames significativos de óleo para o mar, havendo 56% de probabilidade que apresente duração inferior a 2 dias e apenas 15% que se prolongue além de duas semanas (SINTEF, 2017).

Isto posto, pode-se concluir que o uso da técnica de queima controlada durante o combate a vazamentos de óleo no mar tem características interessantes de eficiência de remoção e, sob o ponto de vista do IBP, pode vir a ser utilizada para situações específicas, mediante critérios previamente aprovados pelo órgão ambiental.

#### Referências:

- [1] United States Coast Guard, 2011 - On Scene Coordinator Report Deepwater Horizon Oil Spill, EUA, 2011.
- [2] FINGAS, 2017, M. Chapter 23 - An overview of in-situ burning. Oil Spill Science And Technology, Gulf Professional Publishing, p. 737-903, Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856179430100231>>
- [3] SINTEF, 2013 - Blowout Offshore Database. Disponível em: <<https://www.sintef.no/en/projects/sintef-offshore-blowout-database/>>

## 2. Quais os poluentes gerados durante uma queima de petróleo cru no mar?

Vários tipos de emissões são produzidas e liberadas quando o óleo é queimado. As emissões atmosféricas incluem a pluma de fumaça, o material particulado que precipita da pluma de fumaça, os gases de combustão, os hidrocarbonetos não queimados e os compostos orgânicos produzidos durante a queima.

Embora sejam constituídas principalmente por partículas de carbono, as partículas de fumaça contêm uma variedade de compostos químicos adsorvidos e absorvidos. A análise completa das emissões de uma queima envolve a medição de todos estes componentes. Entretanto, a ênfase na amostragem das emissões atmosféricas geradas pela queima controlada tem sido dada a medição das emissões ao nível do solo, pois é a principal preocupação para a saúde humana, além de serem os valores regulamentados (FINGAS, 2011).

A fumaça resultante da queima como um todo pode ser considerada tóxica por si só. Neviaser e Gann (2004, apud FINGAS 2011) calcularam que o valor de CL50<sup>2</sup> observado para ratos expostos à fumaça foi de 30 g/m<sup>3</sup> por um período de exposição de 30 minutos. No caso de ventilação fraca, foi sugerido um valor de CL50 de 15 g/m<sup>3</sup>.

Baseado em FINGAS (2011), foram levantadas as seguintes considerações sobre as emissões atmosféricas produzidas pela queima controlada de petróleo/ diesel:

- Material Particulado/ Fuligem – Todas as queimas, especialmente aquelas de óleo diesel, produzem grande quantidade de material particulado, que é a primeira emissão de uma queima controlada que excede os limites recomendados para a saúde humana. As concentrações de material particulado em queimas de óleo diesel são aproximadamente quatro vezes maiores que as de queimas de óleo cru à mesma distância do incêndio. O material particulado é exponencialmente distribuído na direção do vento. As partículas menores ou inaláveis são as que causam maior preocupação. A fração de material particulado com diâmetro de 10 µm ou menos (PM10) representa geralmente cerca de 70% da concentração total de material particulado medido. Atualmente, a fração de material particulado com diâmetro de

---

<sup>2</sup> CL50 - por meio da Concentração Letal Média (CL<sub>50</sub>) pode-se determinar a concentração de uma substância que causa a mortalidade da metade dos indivíduos de uma população.

2,5 µm ou menos (PM<sub>2,5</sub>) causa particular preocupação devido ao seu alcance no sistema respiratório.

- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) – A queima de óleos crus resulta na emissão de HPA na direção do vento, principalmente adsorvidos ao material particulado, mas sua concentração, tanto no material particulado presente na pluma como aquele que precipita ao nível do solo, é cerca de uma ordem de magnitude menor que a concentração de HPA no óleo inicial. Isto inclui a concentração de HPA com múltiplos anéis, os quais às vezes são formados em outros processos de combustão, tais como incineradores a baixa temperatura e máquinas a diesel. Há um leve aumento na concentração de HPA com múltiplos anéis no resíduo. Entretanto, quando considerando o balanço de massa da queima, a maioria dos HPA de cinco e seis anéis é destruída pelo fogo (FINGAS *et al.*, 1996).
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV) – Compostos orgânicos voláteis são compostos orgânicos que têm pressão de vapor alta o suficiente para serem gasosos à temperatura ambiente. Quando o óleo é queimado, estes compostos evaporam e são liberados. As concentrações destes compostos são relativamente mais baixas na queima controlada que as concentrações de uma mancha evaporando. As concentrações parecem estar muito abaixo dos níveis de preocupação para a saúde humana, mesmo muito perto do fogo. As concentrações parecem ser maiores ao nível do solo (1 m) e são exponencialmente distribuídas a partir do incêndio na direção do vento. Os COV, deste modo, não constituem uma ameaça para a saúde humana ou para o ambiente.
- Dioxinas e dibenzofuranos – Dioxinas e dibenzofuranos são compostos altamente tóxicos que podem ser produzidos pela queima de material orgânico contendo cloro. A análise de material particulado precipitado na direção do vento e de resíduo de muitas queimas mostrou que estes compostos estão em nível de background, indicando que não são produzidos nem pela queima de petróleo cru nem pela queima de óleo diesel.
- Carbonilas – A queima do óleo produz pequenas quantidades de material parcialmente oxidado. As carbonilas, resultantes da queima de óleo cru, apresentam uma concentração muito baixa e bem abaixo dos níveis de preocupação para a saúde humana, mesmo perto do fogo. Carbonilas resultantes da queima de diesel apresentam uma concentração um pouco maior, mas ainda sim são observadas abaixo

dos níveis de preocupação para a saúde humana. A queima de combustíveis contendo álcool pode resultar numa maior liberação de carbonilas.

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – O CO<sub>2</sub> é o resultado final da combustão e é encontrado em concentrações mais elevadas ao redor da queima. Os níveis atmosféricos normais de concentração são de 300 ppm, e os níveis perto da queima podem chegar a 500 ppm, o que não apresenta dano aos seres humanos. Por ser um gás pesado, as concentrações de CO<sub>2</sub> são maiores mais perto do solo (a 1 m do solo) e caem aos níveis de background na altura de 4 m acima do solo.
- Monóxido de carbono (CO) – Os níveis de CO geralmente são iguais ou abaixo dos menores níveis de detecção dos instrumentos e não apresentam qualquer perigo para a saúde humana.
- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) – O SO<sub>2</sub> por si só usualmente não é detectado em níveis significativos ou, algumas vezes, nem mesmo em níveis mensuráveis na área de uma queima controlada. Ácido sulfúrico, ou SO<sub>2</sub> que reagiu com água, é detectado nas queimas, e os níveis, embora não sejam preocupantes, parecem corresponder ao enxofre contido no óleo.
- Outros gases – Foram realizadas tentativas de medir a concentração de óxidos de nitrogênio e outros gases. Nenhum outro gás foi medido em cerca de 10 experimentos.
- Outros compostos – Quando a queima de óleo cru é realizada, existe uma preocupação a respeito da produção de compostos “ocultos”. Em um estudo conduzido há alguns anos atrás, amostras de fuligem e resíduo da queima de óleo cru foram extraídas e “completamente” analisadas utilizando vários métodos (FINGAS, 2011). O estudo não foi conclusivo, mas nenhum composto, de algumas centenas dos que foram identificados, era de preocupação ambiental. A análise da fuligem revelou que a maior parte do material era carbono e que todos os outros compostos detectáveis estavam presentes nesta matriz em níveis de partes por milhão ou menos. Os compostos mais frequentemente identificados foram aldeídos, cetonas, ésteres, acetatos e ácidos, que são formados pela oxidação incompleta do óleo. Uma análise similar do resíduo do óleo bruto mostrou que os mesmos compostos minoritários estão presentes e aproximadamente nos mesmos níveis. A maior parte do resíduo é óleo não queimado do qual foram removidos alguns componentes voláteis.

Referência:

[1] FINGAS, M. Chapter 23 - an overview of in-situ burning. Oil Spill Science And Technology, Gulf Professional Publishing, p. 737-903, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856179430100231>>

### **3. Como é o protocolo internacional de monitoramento da atividade de queima controlada?**

Atualmente, o protocolo de monitoramento estabelecido pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), órgão ambiental dos EUA, é denominado SMART (Special Monitoring of Applied Response Technologies), e é amplamente utilizado pela indústria durante a resposta a vazamentos de óleo (NOAA, 2006).

Apesar do protocolo SMART indicar somente o monitoramento do material particulado, outros parâmetros foram recomendados por ARPEL (2006):

- Amostragem de fuligem para análise de compostos orgânicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA);
- Amostragem de resíduos para análise de compostos orgânicos e HPA; e,
- Monitoramento em tempo real de compostos orgânicos voláteis (VOC, em inglês) na fumaça.

Esta recomendação está relacionada ao fato de que a segunda preocupação de saúde pública relativa à queima controlada é a emissão de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, HPA, no material particulado. Os compostos orgânicos voláteis são apontados como uma preocupação terciária.

Durante a resposta ao vazamento no Golfo do México em 2010, o plano de amostragem de emissões atmosféricas da EPA contemplou apenas o monitoramento do material particulado (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) e dos compostos orgânicos voláteis (VOC).

Não há legislação referente ao monitoramento para a queima controlada no mundo, exceto no Alasca/EUA e na província de British Columbia/CAN. Em ambos os casos, o monitoramento está baseado apenas no material particulado.

Referências:

[1] NOAA, 2006 – Special Monitoring of Applied Response Technologies. Disponível em: <<http://response.restoration.noaa.gov/smart>>

- [2] ARPEL Emergency Response Planning Working Group;
- [3] FINGAS, M. A Guide to In-situ Burning of Oil Spills on Water, Shore, and Land.
- [4] ARPEL Environmental Guideline, 52p, 2006. Disponível em: <<https://www.arpel.org/media/apps/library/324/files/AEG40-In%20situ%20burning.pdf>>
- [5] U.S. Environmental Protection Agency. Quality assurance sampling plan for british petroleum oil spill. EPA Emergency Response, 18p, 2010. Disponível em: <<https://permanent.access.gpo.gov/lps123526/bp-oil-spill-sampling-plan.pdf>>
- [6] In Situ Burning Guidelines for Alaska, Revision 1. Alaska Department of Environmental Conservation. Disponível em: <<http://dec.alaska.gov/spar/ppr/docs/isb-rev1%28final-august%202008%29.pdf>>
- [7] British Columbia/Canada In-situ Oil Burning Policy and decision Guidelines, 59 pp, 2001. Disponível em: <<http://wcmrc.com/wp-content/uploads/2013/06/BC-Canada-Insitu-Oil-Burn-Guideline.pdf>>

**4. Existem métodos de monitoramento de poluentes atmosféricos que sejam portáteis ou que possam ser instalados em veículos e que forneçam resposta contínua a fim de serem utilizados como um “gatilho” para interrupção da queima? Considerar na resposta: CO, NO<sub>2</sub>, MP, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> e dioxinas e furanos.**

Existem métodos de monitoramento da qualidade do ar que fornecem resposta contínua e que podem ser instalados em veículos, configurando uma unidade móvel de monitoramento. São estes os mesmos equipamentos que poderiam estar instalados numa estação de monitoramento fixa, mas que são instalados num veículo.

Ressalta-se que o deslocamento da unidade móvel para o local de interesse resulta em uma descalibração dos equipamentos, sendo necessária a sua calibração no local da realização da medição, antes do seu início, de modo à geração de resultados confiáveis.

Em Manaus foi aceito pelo órgão ambiental o uso de uma estação de monitoramento compacta (AQM65), capaz de gerar resultados contínuos. O equipamento pode ser transportado por carro, carregado por duas pessoas, e ser instalado e colocado em operação no local. O fabricante afirma que leva uma hora para realizar a instalação e início das medições e que a estação precisa ter acesso a uma fonte de eletricidade para operar.

Quanto à unidade móvel de monitoramento típica e adotada ou aceita pelos órgãos ambientais, o tempo de calibração para cada analisador é de cerca de 30 minutos, sendo que o analisador de MP leva cerca de 40 min. Conforme a quantidade de poluentes a ser monitorada, maior o tempo a ser demandado para a calibração, haja vista que os analisadores são exclusivos por poluente (NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> e MP). Para MP é exclusivo para particulados, podendo gerar valores para diferentes tamanhos (PTS, MP10 e MP2,5). Assim, se for medido apenas MP, levará cerca de 1 h para iniciar a medição. Caso inclua outros poluentes além do MP, como CO, SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>, o tempo de calibração total pode chegar a cerca de 4h. Ressalta-se que além do tempo de calibração demandado antes do início da geração de dados, deve ser considerado o tempo de acionamento, mobilização de equipe e deslocamento da unidade móvel do seu ponto de origem até o local definido para realizar o monitoramento.

Nas unidades móveis geridas pela prefeitura do Rio (projeto MonitorAR Rio), os dados são registrados com frequência de amostragem a cada 10 minutos e enviados *on line* ao Centro Supervisório do MonitorAr-Rio. Para as variáveis monitoradas são, então, realizadas médias horárias e/ou diárias, levando-se em consideração os critérios de representatividade adotados para cada poluente, ou seja, a média horária é representativa se calculada com base em pelo menos 75% (3/4) de medidas válidas daquela hora. O critério de representatividade adotado para as médias de 8h e de 24h também considera 75% de medidas válidas para estes períodos, conforme configuração default do software Atmos utilizado.

Os analisadores de gases e partículas, e sensores meteorológicos que compõem a Unidade Móvel da prefeitura do RJ incluem: dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, óxidos de nitrogênio, material particulado até 10µm (MP10) e até 2,5µm (MP2,5), temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, precipitação, pressão atmosférica e radiação solar.

Quanto à opção de estação de monitoramento instalada em embarcação, de modo a gerar resultados no mar, é inviável, pois o balanço do mar impede o funcionamento correto dos sensores de medição de poluentes.

O tempo de geração de resultados varia entre 10 a 15 minutos, podendo ser menor do que 10 minutos. Importante observar que os padrões para MP da Resolução Conama 03/1990, e na proposta de revisão da mesma, são definidos para valores de média de 24 h. Assim, o primeiro valor somente será gerado após 24h do início da medição. Quanto ao segundo valor, pode ser

adotado o conceito de “máxima média móvel obtida no dia” presente na proposta de revisão, o qual significa que, após as primeiras 24h de medição e, portanto, após a geração do primeiro valor de média de 24h, pode ser gerado, a cada hora, valores de média de 24h correspondentes às 24h anteriores. Um estudo sobre padrões da qualidade do ar de diversos países (IEMA, 2012) apresenta uma tabela comparativa envolvendo países da Europa, Ásia, Oceania e Américas, na qual somente o Japão apresenta valor de padrão de MP10 para média de uma hora. A Europa, Estados Unidos, Canadá, Austrália e diversos outros países apresentam valores somente para média de 24h.

No entanto, para os poluentes SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>, a Resolução Conama 03/90 e a sua revisão, conforme minuta consultada, estabelecem valores para média de uma hora para os padrões primário e secundário. Por sua vez, para o propósito de interrupção de queima previsto na Minuta da Resolução em questão, a referência são os padrões para o Nível de Alerta para Episódios Críticos de Poluição do Ar. Para os valores definidos para estes níveis, somente o NO<sub>2</sub> (poluente primário) e o O<sub>3</sub> (poluente secundário) apresentam valores para média de uma hora. Todos os demais poluentes são referentes a média de 8 ou 24h.

Assim, para a concentração de MP10 não há valores de referência inferiores à média de 24h. Note que o padrão do Japão, de média de 1h, é compatível com os valores de padrão primário e secundário, mas não é aplicável aos níveis de Episódios Críticos de Poluição do Ar.

##### **5. Existem argumentos técnicos que embasam o monitoramento apenas de material particulado durante a realização das queimas controladas no mar, em resposta a vazamentos de óleo offshore?**

Segundo Fingas (2017), autor da mais recente compilação técnica sobre o assunto após o incidente de Macondo e consultor da Environmental Canada (agência ambiental do Canadá), o material particulado, na forma de MP10 e MP2,5, é o poluente atmosférico mais relevante para fins de monitoramento durante a realização de queimas no mar, visto que:

*“O material particulado é exponencialmente distribuído na direção do vento. As partículas menores ou inaláveis são as que causam maior preocupação. A fração de material particulado com diâmetro de 10 µm ou menos (PM10) representa geralmente cerca de 70% da concentração total de material particulado medido. Atualmente, a fração de material*

*particulado com diâmetro de 2,5 µm ou menos (PM2,5) causa particular preocupação devido ao seu alcance no sistema respiratório.”*

Quanto aos demais poluentes, Fingas (2017) reporta estes se apresentam em níveis muito baixos ou ausentes, fora da zona da queima, não representando, portanto, risco à saúde humana.

Com base nestas premissas, foram consolidados e avaliados dados de monitoramento realizados durante testes de queima e em emergências reais, com o propósito de estabelecimento de distâncias seguras para a realização das operações, com foco na proteção à saúde humana. A Figura 4 apresenta as concentrações médias medidas a 300m das queimas, bem como as distâncias seguras recomendadas para cada poluente.

É importante destacar que, as distâncias mínimas preconizadas na minuta da resolução alvo desta discussão são de 1 e 3 milhas náuticas (1,8 e 5,5km) da linha de costa, ou seja, bastante superiores às distâncias seguras recomendadas tecnicamente.

Substance	Distance From Fire Taken at 300 m				Equations to Calculate		
	Values When Burn Area Taken as 200 m <sup>2</sup>				Equation Parameters		
	Concentration (mg/m <sup>3</sup> )	% of Limit	Safe Distance (m)	Normal Threshold Limit (mg/m <sup>3</sup> )	a	b	c
Total particulates	<0	<0	60	0.2	12.7	0.0347	4.79
PM-10	<0	<0	<b>60</b>	0.15	12.7	0.0347	4.79
PM-2.5	<0	<0	<b>60</b>	0.035	12.7	0.0347	4.79
Total VOCs (volatile organic compounds)	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>210</b>	161,990.6			
PAHs (polyaromatic hydrocarbons)	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>90</b>	188.4			
Fixed gases	<b>160</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	10,120			
Carbonyls	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	630	<b>Equations</b>		
				Conc. = a + b × size – c × ln(distance) Concentration is mg/m <sup>3</sup> for particulates Concentration is µg/m <sup>3</sup> for gases and organics Size is area of fire in m <sup>2</sup> Distance is distance from edge of fire in m			

Figura 4 - Recomendações técnicas para distâncias de segurança para diversos poluentes compiladas a partir de monitoramento atmosférico realizado durante queimas de petróleo cru. Fonte: FINGAS, 2017.

Desta forma, é recomendado que o monitoramento durante a realização das queimas seja unicamente realizado para MP10 e MP2,5, uma vez que a inclusão de medição de outros poluentes pode levar à interrupção da queima, caso a concentração de determinado poluente atinja o Nível de Alerta, mesmo que por razões de influência de outras fontes, que não a da queima controlada.

Tal situação ensejaria a interrupção, com redução da eficiência das ações de contingência e eventual agravamento dos impactos ambientais, ao mesmo tempo que não reverteria a condição de concentração atmosférica do poluente que atingiu o Nível de Alerta.

Particularmente quanto aos poluentes Partículas Totais em Suspensão (PTS) e ozônio (O<sub>3</sub>), seria crítico tê-los incluídos no texto da minuta, pois os mesmos apresentam grande número de ultrapassagens do padrão, sendo que o PTS atingiu níveis de alerta em 2011 e níveis de atenção em 2010 e 2012 na RMRJ. Já o ozônio atingiu níveis de atenção em 2010 e 2015 e apresenta várias ultrapassagens do padrão ao longo dos anos, tanto na RMRJ como na RMSP. Estes dados são apresentados no Quadro 1.

O ozônio, por sua vez, é ainda um poluente secundário, caracterizado por não ser emitido diretamente pela fonte de combustão, mas sim formado na atmosfera a partir de reações fotoquímicas entre os seus precursores, que são os COVs e o NOx. No caso de COV, a queima reduz a sua emissão, em comparação às emissões dos vapores que decorreriam da exposição ao ambiente do óleo cru derramado no mar. Quanto ao NOx, Fingas, (2017) reporta que:

*“Foram realizadas tentativas de medir a concentração de óxidos de nitrogênio e outros gases. Nenhum outro gás foi medido em cerca de 10 experimentos.”*

Assim, não há embasamento técnico para monitoramento do ozônio, por ser este um poluente secundário, ou de seus precursores, visto apresentarem emissão menor do que na ausência da queima (COV) ou não apresentam concentração detectável (NOx).

Quadro 1 - Dados de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar e níveis de atenção e alerta, conforme CONAMA 03/90

Área	Poluente	Métrica	Ano			
			2010	2011	2012	2015
RMRJ	PTS	Maior valor de Máxima de 24 h 1 (µg/m <sup>3</sup> )	457 (atingido Nível de Atenção: >375)	630 (atingido Nível de Alerta: >625)	385 (atingido Nível de Atenção: >375)	364 (ultrapassou padrão primário: >240)
	MP10	Maior valor de Máxima de 24 h 1 (µg/m <sup>3</sup> )	314 (atingido Nível de Atenção: >250)	311 (atingido Nível de Atenção: >250)	371 (atingido Nível de Atenção: >250)	261 (atingido Nível de Atenção: >250)
	O <sub>3</sub>	Maior valor de Máxima horária 2 (µg/m <sup>3</sup> )	435,23 (atingido Nível de Atenção: >400)	335 (ultrapassou padrão primário e secundário:	378,7 (ultrapassou padrão primário e secundário:	401 (atingido Nível de Atenção: >400)

Área	Poluente	Métrica	Ano			
			2010	2011	2012	2015
				>160)	>160)	
	PTS	Número de ultrapassagens do padrão	17	24	17	13
	O3	Número de ultrapassagens do padrão <sup>3</sup>	295	358	328	nd
RMSP	PTS	Maior valor de Máxima de 24 h <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	255 (ultrapassou padrão primário: >240)	258 (ultrapassou padrão primário: >240)	264 (ultrapassou padrão primário: >240)	258 (ultrapassou padrão primário: >240)
	MP10	Maior valor de Máxima de 24 h <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	173 (ultrapassou padrão primário e secundário: >150)	152 (ultrapassou padrão primário e secundário: >150)	145	121
	MP2,5	Maior valor de Máxima de 24 h <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	68 (ultrapassou padrão de 60 da PI-1 Revisão proposta Conama 03/90)	68 (ultrapassou padrão de 60 da PI-1 Revisão proposta Conama 03/90)	89 (ultrapassou padrão de 60 da PI-1 Revisão proposta Conama 03/90)	73 (ultrapassou padrão de 60 da PI-1 Revisão proposta Conama 03/90)
RMSP	O3	Maior valor de Máxima horária <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	291 (ultrapassou padrão primário e secundário: >160)	353 (ultrapassou padrão primário e secundário: >160)	324 (ultrapassou padrão primário e secundário: >160)	nd
	PTS	Número de ultrapassagens do padrão	1	5	0	0
	MP10	Número de ultrapassagens do padrão <sup>3</sup>	6	1	0	nd
	O3	Número de ultrapassagens do padrão <sup>3</sup>	249	367	nd	

Nota 1: Maior valor de concentração de poluente de máxima de 24h, comparando entre os valores de máxima de 24 h medidos pelas diversas redes monitoras operadas pelos respectivos órgãos estaduais de meio ambiente (OEMA);

Nota 2: Maior valor de concentração de poluente de máxima horária, comparando entre os valores de máxima horária medidos pelas diversas redes monitoras operadas pelos respectivos órgãos estaduais de meio ambiente (OEMA);

Nota 3: O número de ultrapassagens corresponde à quantidade de ultrapassagens que excede a mais de uma vez ao ano, pois a Resolução Conama 03/90 estabelece que as médias de 24h não devem ser excedidas mais de uma vez por ano

Fonte: Consolidado a partir de:

- [1] 1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, Instituto de Energia e Meio Ambiente, Abril de 2014;
- [2] Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2015, CETESB;
- [3] Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2015, INEA

## **6. Quais os tipos de resíduo gerados na queima controlada de óleo cru e seus impactos caso não coletados?**

A composição química e as propriedades físico-químicas dos resíduos produzidos dependem do tipo de óleo queimado e do seu grau de intemperização e emulsificação. Resíduos gerados a partir da queima de óleos com densidade superior a 0,865 g/cm<sup>3</sup> (API<32) tendem a afundar caso não sejam recolhidos após o término da queima.

O afundamento do resíduo de queima ocorre apenas após o seu resfriamento até a temperatura ambiente, o qual é estimado ocorrer em 5 min para resíduos com espessura de cerca de 3 mm (condição operacional mínima para a queima) e entre 20 e 30 min para aqueles com espessura de 7 mm.

Como mencionamos no item 2, (FINGAS, 2011), o estudo não foi conclusivo, mas nenhum composto das algumas centenas que foram identificados era de preocupação ambiental.

A composição típica do resíduo apresenta enriquecimento de metais e HPA de alto peso molecular em relação ao óleo cru, os quais apresentam elevada toxicidade crônica, mas possuem baixa biodisponibilidade devido à queima. Diferentes estudos citados pela NOAA indicam que os resíduos possuem baixa ou nenhuma toxicidade aguda para diferentes tipos de organismos marinhos, desde invertebrados até peixes.

O principal impacto ambiental oriundo do não recolhimento do resíduo deve-se ao recobrimento físico de organismos bênticos e do leito marinho, embora este efeito seja

apontado como pouco significativo e bastante localizado/pontual em decorrência da dispersão do aglomerado de resíduo pelas correntes ao longo da coluna d'água e da baixa quantidade de material gerado a cada queima.

Todos os tipos de resíduos, flutuantes ou não, podem ser ingeridos por peixes, pássaros, mamíferos e outros organismos. Os impactos decorrentes desta ingestão, contudo, são estimados como bem menos severos do que aqueles decorrentes da exposição da fauna a um grande derrame de óleo no mar.

#### Referências:

- [1] Buist, I. and K. Trudel. 1995. Laboratory studies of the properties of in-situ burn residues. Technical Report Series 95-010, Marine Spill Response Corporation, Washington, D.C., 110 pp.
- [2] S.L. Ross Environmental Research Ltd.. 1998. Identification of oils that produce non-buoyant in situ burning residues and methods for their recovery. American Petroleum Institute and the Texas General Land Office, Washington, D.C., 50 pp.
- [3] Daykin, M., Ga. Sergy, D. Aurand, G. Shigenaka, Z. Wang, and A. Tang. 1994. Aquatic toxicity resulting from in situ burning of oil-on-water. Proc. Seventeenth Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, Environment Canada, Ottawa, Ontario, pp. 1165-1193.
- [4] Blenkinsopp, S., G. Sergy, K. Doe, G. Wohlgeschaffen, K. Li, and M. Fingas. 1997. Evaluation of the toxicity of the weathered crude oil used at the Newfoundland Offshore Burn Experiment (NOBE) and the resultant burn residue. Proc. Twentieth Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, Environment Canada, Ottawa, Ontario, pp. 677-684.
- [5] Gulec, I. and D.A. Holdway. 1999. The toxicity of laboratory burned oil to the amphipod *Allorchestes compressa* and the snail *Polinices conicus*. Spill Science & Tech., V. 5, pp. 135-139.
- [6] Fonte básica de informações: NOAA – Residues from In Situ Burning of Oil on Water. <http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/residues-in-situ-burning-oil-water.html>. Acessado em Fevereiro, 2017.

## **7. Quais os impactos da queima controlada sobre espécies marinhas (rotas migratórias e áreas de reprodução)?**

A partir da experiência de Macondo (EUA, 2010), observou-se que as aves evitam a área onde a queima controlada ocorre, não sendo expostas a quaisquer efeitos nocivos. O impacto ambiental sobre a espécie, portanto, consiste na geração de uma área de exclusão no entorno da queima, sendo temporário e completamente reversível. Áreas de reprodução localizadas a pelo menos 1km da zona de queima não são usualmente afetadas.

Em relação ao recobrimento de aves por contato com o resíduo, os efeitos nocivos sobre as penas são similares aos verificados a partir do contato com óleo cru, embora em menor abrangência devido à baixa quantidade de resíduo gerado em comparação ao óleo queimado.

De forma similar, espécies marinhas não são usualmente afetadas pela queima, pois possuem capacidade de se afastar da zona de queima e não são impactadas por intermédio da coluna d'água, uma vez que esta não é contaminada durante a queima e somente se aquece até alguns centímetros diretamente abaixo da mancha em combustão.

Ao longo de todos os 44 dias de realização de queimas durante o derrame de Macondo, cada embarcação alocada na operação contava minimamente com 02 observadores de fauna. Não foram avistados por estas equipes quaisquer espécimes marinhos nas proximidades das queimas.

Não há registros na literatura de impactos nocivos sobre espécies em rotas migratórias.

#### Referências:

- [1] Fingas, Oil Spill Science Technology – Chapter 10: In Situ Burning: An update.
- [2] Fritt-Rasmussen et al, 2016 – Effects of oil and oil burn residues on seabird feathers.
- [3] BP, 2010 – Controlled Burns – After-action Report.