

## Questões sobre o controle da poluição ambiental

### 1. O que são e quais os problemas das emissões fugitivas

É definida (fonte Resolução CONAMA nº 382) como o lançamento difuso na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte fixa de emissão, que é uma instalação, equipamento ou processo, situada em local fixo, que libere ou emita matéria para a atmosfera.

As emissões fugitivas são, pois as liberações de gases, vapores inflamáveis ou poluentes atmosféricos, que ocorrem de maneira contínua ou intermitente, durante as operações normais dos equipamentos nas instalações industriais.

Incluem as liberações em selos ou gaxetas de bombas, engaxetamento de válvulas, vedações de flanges, selos de compressores, drenos de processos, válvulas de segurança, amostradores de produtos. (Fonte: Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho NR-20 Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis).

NR 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis

<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>

As emissões que causam poluição são os COVs-Compostos Orgânicos Voláteis (em Inglês VOCs- *Volatile Organic Compounds*), sendo alguns deles tóxicos e denominados Poluentes Atmosféricos Voláteis Perigosos (em Inglês VHAPs- *Volatile Hazardous Atmospheric Pollutants*).

O impacto na qualidade do ar causado pela emissão desses poluentes atmosféricos tem sido um problema ambiental crescente, especialmente nos centros urbanos e nas áreas industriais. Somam-se às questões ambientais, os riscos associados à segurança e à saúde das pessoas, além da perda financeira do inventário de produtos de alto valor agregado.

### 2. O que são os COVs-Compostos Orgânicos Voláteis ou VOCs-*Volatile Organic Compounds*

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) são líquidos e gases, alguns incolores e inodoros, que possuem alta pressão de vapor sob condições normais, a tal ponto de vaporizar significativamente na temperatura ambiente e entrar na atmosfera, portanto são fluidos muito voláteis.

Compostos orgânicos voláteis, representados pela sigla COVs, são todos os compostos que possuem Carbono na composição.

Em outras palavras, qualquer composto orgânico que se evapora no ar é, por definição, um COV. Os COVs que preocupam são os agentes de poluição que incluem hidrocarbonetos, aldeídos e álcoois.

#### **Nota:**

Os compostos ou moléculas orgânicas são as substâncias químicas que contêm na sua estrutura basicamente Carbono e Hidrogênio.

Os COVs são considerados poluentes perigosos, sendo alguns deles tóxicos e carcinogênicos, identificados como VHAPs- *Volatile Hazardous Atmospheric Pollutants*. Assim, a inalação destes compostos pode produzir efeitos adversos e diretos à saúde humana, principalmente a exposição em concentrações elevadas e por um longo período de tempo. Os locais fechados ou abafados favorecem a concentração e o efeito adverso desses compostos.

Alguns tipos de Compostos Orgânicos Voláteis, como o benzeno, encontrado na fumaça dos cigarros e em combustíveis, são conhecidos por causar câncer em seres humanos.

Já o clorometano, presente em removedores e no spray aerossol, ao entrar no corpo humano, se transforma em monóxido de carbono (CO) e caso a contaminação seja alta, a intoxicação por CO leva as hemoglobinas do nosso sangue a não mais transportar e distribuir o Oxigênio pelo corpo, podendo acarretar morte por asfixia.

E a exposição ao formaldeído, presente em desinfetantes antissépticos, pode provocar vertigens, náuseas, redução da força física, irritação nos olhos, nariz e garganta, dentre outros sintomas.

Alguns exemplos de substâncias que contêm COVs na composição:

- Combustíveis à base de petróleo: gasolina, diesel, gás natural veicular, GLP-gás liquefeito de petróleo, e outros;
- Destilados do petróleo;
- Aditivos de pintura;
- Pesticidas e herbicidas;
- Vernizes;
- Solventes de tintas;
- Álcoois;
- Cetonas;
- Revestimentos como carpetes e papéis de parede;
- Produtos industriais e de limpeza seca;
- Propulsores de latas de aerossol.

Os COVs quando lançados na atmosfera contribuem para a formação da camada de “smog” (poluição) fotoquímico.

Smog é um termo derivado das palavras inglesas (fumaça e neblina), ele acontece quando a poluição atmosférica ocorre em combinação com gotículas de vapor de água.

O smog fotoquímico é uma mistura de hidrocarbonetos oxidados e outros compostos que formam uma espécie de névoa na atmosfera. Os problemas de smog fotoquímico se agravam com o aumento da incidência de radiações UV ultravioletas na superfície terrestre.

Uma grande porcentagem da emissão de smog é proveniente da queima de combustíveis e do uso de produtos para pinturas e solventes.

A principal ocorrência de smog está frequentemente ligada ao tráfego pesado, à luz solar, altas temperaturas e ventos fracos. Quando o grau de umidade da atmosfera é alto, uma mistura de névoa com partículas de fumaça se acumula perto da Terra em vez de subir, é o chamado “smog”.

Os COVs são nocivos por conta de sua capacidade de reagir com outros poluentes (como óxidos de Nitrogênio) na atmosfera ao nível do solo, formando Ozônio, que em altas concentrações prejudica a saúde humana e o meio ambiente.

O circuito da poluição atmosférica passa pelas seguintes reações químicas, resumidamente, ilustradas:

- Ar + Líquidos Voláteis => Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)
- COVs + Raios Solares (UV-radiação ultravioleta) + Produtos da Combustão (NOx) => Ozônio + Oxidantes Fotoquímicos.

Quando liberados para a atmosfera os COVs contribuem na formação dos oxidantes fotoquímicos, participando de reações fotoquímicas (induzidas pela luz do sol) com óxidos de Nitrogênio NOx, principalmente, oriundos de processos de combustão.

São centenas de reações diferentes, com etapas intermediárias, ocorrendo de modo simultâneo e envolvendo um número indeterminado de reagentes.

Destas reações resulta uma mistura de poluentes secundários danosos à saúde, os oxidantes fotoquímicos, que compõem a chamada névoa fotoquímica ou “smog” fotoquímico, presente nas regiões com alto índice de industrialização, sendo Ozônio (O<sub>3</sub>) o principal produto destas reações.

As exigências para redução destas emissões em refinarias de petróleo e petroquímicas aumentaram nos últimos anos, motivadas pelos efeitos adversos que os COVs e o Ozônio, subproduto de reações dos COVs na atmosfera, causam à qualidade do ar e da água.

Considerando o ambiente industrial, é sabido que a grande maioria desses agentes nocivos são os óxidos de Carbono, Nitrogênio e Enxofre, provenientes da queima de combustíveis ou da evaporação de hidrocarbonetos voláteis, e respondem pela poluição atmosférica e o efeito estufa, que gera o aquecimento global.

Nas refinarias e petroquímicas, os poluentes nocivos a serem monitorados e controlados são, principalmente, CO, SOx, NOx, MP (Materiais Particulados) e os gases que provocam o efeito

estufa são  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ . Estas emissões são parte do processo industrial e devem estar sujeitas a controles específicos.

Sempre que o produto processado ou armazenado contenha um teor de qualquer desses poluentes maior ou igual a 5% em peso, por tempo acima de 300h, em um ano, a instalação é caracterizada para ser de “emissão fugitiva” e deve ter um programa de monitoramento particular.

Próximo ao nível do solo o Ozônio causa graves danos aos seres humanos, plantas e animais e contribui para o aumento do efeito estufa.

Por isso, o Ozônio é utilizado indiretamente como indicador da presença de oxidantes fotoquímicos, que compõem o *smog* da poluição, na atmosfera, com a finalidade de classificar a qualidade do ar de determinada região.

Em suma, os COVs contribuem para a formação de Ozônio no solo e este Ozônio é um importante indicador da poluição atmosférica, portanto controlando o Ozônio, indiretamente se está controlando as emissões de COVs.

É fundamental se fazer a distinção entre o Ozônio estratosférico e o troposférico.

O Ozônio estratosférico, que constitui a camada de Ozônio acima de 30 km de altitude, é chamado de “bom Ozônio” e é importante para a filtração dos raios UV-Radiação Ultra Violeta emitidos pelo Sol.

Já o Ozônio troposférico (ao nível do solo) tem efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente, animais e vegetação, sendo chamado de “mau Ozônio”.

São fenômenos isolados, não havendo interação entre os dois.

Assim, o Ozônio desempenha duas importantes funções na atmosfera.

- a. Em primeiro lugar, o Ozônio está presente na estratosfera, que é uma das camadas da atmosfera localizada entre 30 km e 50 km da superfície da Terra.

Este Ozônio é gerado em reações fotoquímicas, causadas pela radiação solar, que dissociam as moléculas de Oxigênio ( $\text{O}_2$ ), formando o Oxigênio atômico ( $\text{O}^\cdot$ ), que reage novamente com o  $\text{O}_2$ , formando então o Ozônio ( $\text{O}_3$ ).

O Ozônio estratosférico tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro que absorve a UV-radiação ultravioleta, preservando os seres vivos presentes na superfície terrestre.

- b. A segunda ocorrência do Ozônio é em outra camada da atmosfera, a troposfera, que é a camada em que vivemos.

O Ozônio troposférico pode ocorrer naturalmente em baixas concentrações, sem causar problemas.

Porém, o processo que torna o Ozônio um poluente altamente tóxico é a presença de COVs que provocam o desequilíbrio dos processos de consumo e formação do Ozônio, levando a elevadas concentrações.

A partir deles, forma-se o *smog* fotoquímico, um tipo de poluição que é desencadeada pela radiação da luz solar e que gera Ozônio como produto.

Devido a esse desequilíbrio, a concentração de Ozônio na troposfera aumenta, tornando-o tóxico para os seres vivos.

Os efeitos relacionados ao Ozônio como poluente são muito conhecidos.

O crescimento das plantas é afetado, diminuindo a produtividade agrícola, principalmente de culturas de feijão, soja, trigo e algodão, provocando assim impactos econômicos consideráveis.

Para os seres humanos e aos animais, o Ozônio pode provocar irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuir a capacidade pulmonar, intensificar problemas cardiovasculares, além de aumento da mortalidade infantil por causas respiratórias, em dias e locais com altos níveis de poluição.

O Ozônio é, pois, um dos principais componentes do *smog* fotoquímico na atmosfera, e devido às suas características oxidantes ele é prejudicial à saúde e ao meio ambiente.

Controlar o Ozônio é benéfico não só para mitigar o aquecimento global, mas também tem benefícios em curto prazo na redução das mortes por causas respiratórias.

A ciência médica há tempos aponta a influência maléfica do Ozônio, entre outros males, a exposição mesmo breve agrava os sintomas da asma e gera problemas respiratórios.

Por ser um poluente secundário, o controle dos níveis de Ozônio na troposfera é realizado a partir da redução dos seus principais precursores, COVs e Óxidos de Nitrogênio, daí a importância da prevenção e controle desses compostos.

### **3. O que são os Poluentes Atmosféricos Voláteis Perigosos ou VHAPs-*Volatile Hazardous Atmospheric Pollutants***

Alguns Compostos Orgânicos Voláteis são diretamente prejudiciais à saúde humana (como agentes cancerígenos), contribuem para o aquecimento global (por exemplo, metano) ou destroem o Ozônio estratosférico necessário para proteger a superfície da Terra, contra a radiação UV-ultravioleta (como o brometo de metila).

São poluentes ainda mais críticos e perigosos denominados Poluentes Atmosféricos Voláteis Perigosos (em Inglês VHAP-*Volatile Hazardous Atmospheric Pollutants*) ou poluentes tóxicos do ar. O efeito deletério dos Poluentes Atmosféricos Voláteis Perigosos ou VHAPs é direto, isto é, não depende de reações químicas ou fotoquímicas para gerá-los e são muito agressivos e tóxicos aos seres humanos.

As suas maiores concentrações tendem a ser mais próximas da fonte ou origem da emissão. Alguns VHAPs, comumente emitidos nas refinarias, petroquímicas e plantas químicas incluem acetaldeído, benzeno, formaldeído, cloreto de metileno, naftaleno, tolueno e xileno, dentre outros.

Conforme o programa *Clean Air Act Amendments (CAA)* do órgão ambiental americano EPA-*Environment Protection Agency*, os VHAP-*Volatile Hazardous Atmospheric Pollutants* devem ser controlados, assim como qualquer fluido que contenha mais de 5% de VAHP.

A lista original dos compostos VHAPs pode ser encontrada no *site* <http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html>.

Essa listagem oficial da EPA atualmente inclui aproximadamente 188 compostos químicos e grupos de compostos.

Os principais poluentes tóxicos emitidos pelas refinarias de petróleo, petroquímicas e plantas químicas incluem os compostos.

- Orgânicos voláteis: por exemplo, acetaldeído, benzeno, 1,3-butadieno, formaldeído, toluenos e xilenos;
- Orgânicos voláteis precursores para a formação de Ozônio;
- Orgânicos semivoláteis e não voláteis: por exemplo, benzo (a) pireno, dioxina/furanos clorados, cresóis e naftaleno;
- Metálicos: por exemplo, compostos contendo arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, níquel e chumbo;
- Minerais como amianto ou asbesto;
- Inorgânicos: por exemplo, cloro, sulfureto de hidrogênio e cloreto de hidrogênio;
- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>);
- Material Particulado;
- Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S).
- Cloreto de metileno, que é usado como solvente e removedor de tinta por uma série de indústrias.

De maneira geral, os efeitos dos gases poluentes tóxicos na saúde humana estão intimamente associados à sua solubilidade nas paredes do aparelho respiratório, fato este que determina a quantidade do poluente capaz de atingir as regiões mais distais dos pulmões.

Exemplos de malefícios causados à vida humana são:

- a. Há evidências de que o dióxido de enxofre agrava as doenças respiratórias pré-existentes e contribui para seu aparecimento.
- b. O dióxido de nitrogênio, devido à sua baixa solubilidade, é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem às nitrosaminas, algumas das quais podem ser carcinogênicas. Também é um poderoso irritante, podendo causar sintomas que lembram aqueles de enfisema.

- c. A presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera tem sido associada à redução da capacidade pulmonar e ao agravamento das doenças respiratórias, como a asma.
- d. Os efeitos da exposição ao monóxido de carbono estão associados à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue.
- e. Altos índices de poluentes em áreas de fluxo intenso de veículos têm sido apontados como causa adicional de acidentes de trânsito.
- f. Materiais e poeiras em suspensão no ar afetam a capacidade de o sistema respiratório remover as partículas do ar inalado, retendo-as nos pulmões; quanto mais finas as partículas, mais profundamente penetram no aparelho respiratório. As poeiras em suspensão também potencializam os efeitos dos gases presentes no ar.
- g. O sulfeto de Hidrogênio–H<sub>2</sub>S, também conhecido por Gás Sulfídrico, Gás de Ovo Podre, Gás de Pântano é um dos mais temidos agentes de riscos aos humanos. É um gás inflamável, tóxico perigoso encontrado em muitas indústrias e ocorre naturalmente em petróleo bruto e gás natural.

Mesmo em baixas concentrações causa problemas de saúde e em altas concentrações pode ser letal.

A inalação é a principal via de exposição ao sulfeto de Hidrogênio. As pessoas geralmente podem sentir cheiro de sulfeto de Hidrogênio a baixas concentrações no ar, pois tem odor de ovos podres e carne em decomposição, mas pode adormecer o olfato (fadiga olfativa) tão rapidamente que os trabalhadores podem não perceber o odor.

O sulfeto de Hidrogênio é ligeiramente mais pesado que o ar e pode se acumular em áreas fechadas, mal ventiladas e baixas.

O gás H<sub>2</sub>S pode aumentar a níveis perigosos se não houver movimentação do ar. Por isso, trabalhadores que entram em um espaço confinado, como tanque ou esgoto, podem ser surpreendidos pelo H<sub>2</sub>S, que tem tendência natural de se estabelecer nos estratos inferiores da atmosfera.

Cigarros, fósforos acesos e outras fontes de calor intenso podem desencadear explosão grave de H<sub>2</sub>S e fogo.

Usar lentes de contato pode representar risco, pois podem absorver o gás H<sub>2</sub>S e manter irritantes os olhos.

#### **4. Como a indústria de óleo&gás lida com a questão das emissões fugitivas**

As discussões, a nível internacional, dos problemas oriundos das emissões de gases causadores do aquecimento global, que nos estão levando à sequência dos horrores climáticos previstos, já incluem as emissões de gases e vapores poluentes-COVs e VHAPs- que envenenam o nosso meio ambiente, e, em grande parte, gerados na indústria de óleo&gás.

No Brasil, ainda de forma incipiente em algumas indústrias, e já consolidado e implantado em outras, o controle das emissões poluentes, contendo os fluidos classificados como COVs e VHAPs- que envenenam o nosso meio ambiente, e, em grande parte, gerados na indústria de óleo&gás. - Compostos Orgânicos Voláteis (COVs- *Volatile Organic Compound*) e Poluentes Atmosféricos Voláteis Perigosos (VHAPs- *Volatile Hazardous Air Pollutants*) ou fluidos tóxicos, se tornou em anos recentes um dos focos principais para proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Particularmente, nas instalações industriais de processamento de petróleo, refinarias e petroquímicas, a preocupação dominante é com o pessoal de operação e de manutenção dessas plantas, diretamente expostos e afetados, e por extensão com as comunidades vizinhas.

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs ou VOCs) são emitidos por milhares de produtos químicos como gases de certos sólidos ou líquidos.

Os COVs incluem uma variedade de substâncias químicas, algumas das quais podem ter efeitos adversos a curto e em longo prazo sobre a saúde.

As concentrações de COVs são consistentemente maiores em ambientes fechados ou no interior de casas e estabelecimentos do que ao ar livre.

Essas substâncias químicas orgânicas são amplamente utilizadas como ingredientes nos produtos domésticos, como tintas, vernizes, ceras, solventes, produtos de limpeza, desinfecção, cosméticos, desengordurantes, etc., semelhantemente, os combustíveis contêm compostos químicos orgânicos, que podem ser liberados enquanto utilizados e quando armazenados.

O risco é ainda maior, pois ao se usar produtos que contêm compostos químicos orgânicos, além de se expor, a si próprio, a concentrações elevadas, expõem-se outros, pois os poluentes podem persistir no ar mesmo depois que a atividade foi concluída.

Os compostos orgânicos voláteis possuem características intrínsecas (por exemplo: são odoríferos, irritantes, cancerígenos...) que podem causar efeitos específicos na saúde, a depender: da natureza do contaminante, do organismo que está sendo exposto e do padrão de exposição (em termos de quantidade e frequência).

Algumas substâncias COVs também são classificadas como VHAPs, que são os poluentes atmosféricos mais perigosos, também conhecidos como poluentes atmosféricos tóxicos ou tóxicos para o ar, e a exposição aos VHAPs pode causar câncer ou outros efeitos graves para a saúde, como desequilíbrio reprodutivo ou defeitos congênitos.

A geração dos COVs e dos VHAPS é consequência inevitável do processamento da matéria prima, que são os compostos das cadeias de hidrocarbonetos provenientes do petróleo, logo compete, principalmente, à indústria de óleo&gás cercar e controlar os possíveis vazamentos, evaporações e emissões desses venenos tóxicos.

Isto envolve um programa de inspeção periódica, monitorando e medindo a emissão em cada fonte potencial de vazamento, ou seja, o conjunto de equipamentos e acessórios de tubulação, que compõem as unidades industriais; os terminais marítimos de recebimento e exportação de óleo e gás; os oleodutos e gasodutos que transportam petróleo e derivados; as estações de carregamento e bases terrestres de distribuição de derivados; e até mesmo os postos de venda de combustíveis nas cidades e rodovias.

Como aconteceu inicialmente em âmbito mundial, no Brasil alegou-se, que este programa não é economicamente atrativo, mas, na realidade, se justifica quando se computa os ganhos ao se evitar os custos com a conservação e preservação do meio ambiente, o aumento de segurança e a prevenção de doenças, de grande impacto à manutenção da espécie humana.

As avaliações de campo nas empresas químicas em geral, sejam refinarias e petroquímicas, termoelétricas, siderúrgicas, fábricas de papel, celulose, tintas, mostram que mesmo os vazamentos considerados desprezíveis são relevantes, tanto quanto aos aspectos econômicos, quanto à segurança, poluição ambiental e danos à saúde.

O custo&benifício desse processo de monitoramento e controle dos vazamentos e emissões está diretamente relacionado com:

a) Custos das perdas

O custo total correspondente à quantidade de produto perdido nos vazamentos e emissões, além dos custos do reparo, multas ambientais, seguros e atendimentos médicos.

b) Custos de segurança

Providências e ações de prevenção de vazamentos de produtos inflamáveis, com riscos de incêndio, e nocivos ao homem e ao meio ambiente.

c) Custos da qualidade do ar

Monitoramento da qualidade do ar e da água, bens necessários à vida no planeta Terra.

Com o advento de maiores restrições ambientais, nas instalações e plantas de processamento de óleo&gás, passou a ser necessário o controle mais rigoroso dos vazamentos, e o que era acompanhado visualmente, por medição do número de gotas por minuto, passou a ser controlado em ppm (partes por milhão) com instrumentos sofisticados e critérios muito apertados.

Os vazamentos menores ou imperceptíveis, até pouco tempo usualmente tolerados, durante a operação dessas plantas, não são mais admitidos, e uma nova categoria de vazamentos, as emissões fugitivas, são agora objeto de prevenção, detecção, monitoramento, controle e reparo.

Evidentemente, as iniciativas mais importantes estão nas maiores indústrias, como as refinarias e petroquímicas, porém a legislação ambiental brasileira já contempla esse tipo particular de vazamentos, desde que limita os teores máximos desses contaminantes no ar, e as indústrias potenciais poluidoras já estão em processo de adequação.

Na realidade, há no meio industrial uma crescente conscientização dos males causados pelas emissões: quer dos gases de efeito estufa quer dos compostos orgânicos voláteis.

## **5. Legislações específicas de controle da fuga desses materiais tóxicos**

Como referência internacional há a legislação americana da EPA- *Environmental Protection Agency* e a nível nacional a legislação ambiental brasileira que também cuida da qualidade mínima do ar que respiramos e impõe limites às emissões das indústrias.

Há legislação brasileira pertinente ao controle das emissões poluentes, mas ainda carece de complementações, não abordando o controle específico das emissões fugitivas de COVs em equipamentos e componentes que compõem os sistemas industriais.

São leis a nível federal, (CONAMA), estadual (CETESB, FEEMA, INEA, IAP,...) e municipais, que determinam padrões primários (valem para as grandes cidades) e os secundários (valem para o meio rural).

Os controles de vazamento e emissão, através de um programa de medições e reparos, são os requisitos legais que regem a limitação dos poluentes lançados na atmosfera.

Eles são definidos para se alcançar padrões de qualidade do ar e para proteger a saúde humana. Os padrões de emissão estabelecem limites quantitativos sobre a quantidade permitida de poluentes atmosféricos específicos, que podem ser liberados de fontes específicas e em prazos específicos.

### **5.1. Legislação americana: EPA- *Environmental Protection Agency***

Os EUA foram o primeiro país a estabelecer parâmetros para controle efetivo sobre as Emissões Fugitivas através do programa *Clean Air Act Amendments - CAA*, estabelecido em 1970 pela EPA- *Environmental Protection Agency* em conjunto com as indústrias, quando se definiu a relação dos VHAPs, que é periodicamente revisada, e a metodologia da medição de emissões.

Nos EUA, os requisitos específicos para identificação e controle das emissões em refinarias e parques de tanques de armazenamento de petróleo e derivados são apresentados nos documentos da EPA-CFR Title 40, Code of Federal Regulations (40 CFR):

1. Part 60, New Source Performance Standards (NSPS) - Novos Padrões de Desempenho de Novas Instalações,
  - Subpart J - Standards of Performance for Petroleum Refineries - Padrões de Desempenho para Refinarias de Petróleo;
  - Subpart Ja - Standards of Performance for Petroleum Refineries for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced After May 14, 2007 - Padrões de desempenho para refinarias de petróleo em que construção, reconstrução ou modificação começaram após 14 de maio de 2007;
  - Subpart K - Standards of Performance for Storage Vessels for Petroleum Liquids for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced After June 11, 1973, and Prior to May 19, 1978 - Padrões de desempenho para tanques de armazenamento de líquidos de petróleo em que construção, reconstrução ou modificação começaram após 11 de junho de 1973 e antes de 19 de maio de 1978;
  - Subpart Ka - Standards of Performance for Storage Vessels for Petroleum Liquids for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced After May 18, 1978, and Prior to July 23, 1984 - Padrões de desempenho para tanques de armazenamento de líquidos de petróleo em que construção, reconstrução ou modificação começaram após 18 de maio de 1978 e antes de 23 de julho de 1984;
  - Subpart Kb - Standards of Performance for Volatile Organic Liquid Storage Vessels (Including Petroleum Liquid Storage Vessels) for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced After July 23, 1984 - Padrões de desempenho para de armazenamento de Líquidos Orgânicos Voláteis (incluindo tanques de armazenamento de Líquidos de Petróleo) em que construção, reconstrução ou modificação começaram após 23 de julho de 1984.
2. Parts 61 and 63, National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) - Partes 61 e 63 Padrões nacionais de emissão de poluentes atmosféricos perigosos;



- Subpart CC - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Petroleum Refineries - Subparte CC - Normas Nacionais de Emissão de Poluentes Atmosféricos Perigosos de Refinarias de Petróleo;
- Subpart HH - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Oil and Natural Gas Production Facilities - Subparte HH - Normas nacionais de emissão de poluentes atmosféricos perigosos das instalações de produção de petróleo e gás natural.
- Subpart UUU - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Petroleum Refineries: Catalytic Cracking Units, Catalytic Reforming Units, and Sulfur Recovery Units – Subparte UUU - Normas nacionais de emissão de poluentes atmosféricos perigosos para refinarias de petróleo: Unidades de Craqueamento Catalítico, Unidades de Reforma Catalítica e Unidades de Recuperação de Enxofre.

## 5.2. Legislação brasileira: Resoluções do CONAMA

No Brasil, temos as Resoluções do CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente, que são semelhantes a algumas normas da EPA.

A legislação sobre estabelecimento de referência nacional de limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos é responsabilidade do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, que é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA.

O CONAMA foi instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 e pertence ao Ministério do Meio Ambiente.

As principais Resoluções do CONAMA sobre controle da poluição atmosférica são:

- [Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989](#)

Criou o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.

A fixação de parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e materiais particulados (materiais sólidos pulverizados) por fontes fixas começou a ser efetuada por meio dessa Resolução, que determinou a necessidade de se estabelecer limites máximos de emissão e a adoção de padrões nacionais de qualidade do ar.

- [Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990](#)

Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Teve como base normas (ou recomendações) da Organização Mundial da Saúde, que levam em conta limites de concentração compatíveis com a saúde e o bem-estar humanos. Em seu art. 1º, a Resolução nº 3/1990 define que são padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

- [Resolução CONAMA nº 8, de 6 de dezembro de 1990](#)

Estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes de poluição. Esta resolução complementou o PRONAR estabelecendo limites para a concentração de determinados poluentes no ar.

- [Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006](#)

Estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.

Cabe ressaltar que a Resolução CONAMA nº 382/2006 representou uma mudança de abordagem do tema. Nas resoluções anteriores do PRONAR, considerava-se a qualidade do ar como parâmetro básico, admitindo-se emissões maiores onde as condições atmosféricas fossem mais favoráveis. Pela Resolução nº 382/2006, fixam-se limites específicos de emissão para cada tipo de fonte ou combustível utilizado. Ela se aplica a todas as fontes fixas instaladas a partir da sua vigência, ou seja, 2007.

- [Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011](#)

Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 2 de janeiro de 2007, complementando assim a Resolução nº 436/2006, impondo às fontes antigas novos limites. Para a maioria dos segmentos da indústria, os limites foram igualados, ou seja, as fábricas antigas terão que se modernizar e diminuir substancialmente suas emissões, equiparando-se às fábricas novas.

Esta Resolução induziu uma revolução tecnológica no Brasil, sendo uma das medidas de maior impacto ambiental que o CONAMA aprovou nos últimos anos, trazendo uma profunda mudança tecnológica ao nosso parque industrial e diminuindo de forma expressiva as emissões destas indústrias, que por serem as mais antigas, são justamente as que se localizam dentro das áreas urbanas mais consolidadas, com maior impacto poluidor. A Resolução restringe as emissões de



poluentes de treze dos principais setores da indústria nacional, determinando limites de emissão dos principais poluentes e com prazos fixos para a implementação das mudanças.

- [Resolução CONAMA Nº 18, de 6 de maio de 1986](#)

Além da legislação de controle de emissões em refinarias, petroquímicas e fábricas de produtos químicos, há, no Brasil, a Resolução CONAMA Nº 18, que regula a emissão de poluentes gerados por veículos automotores, particularmente motores a diesel, causa de grande preocupação das autoridades ambientais em todo o mundo.

Essa resolução legisla sobre as emissões de veículos automotores dos ciclos Otto e Diesel, que são fontes relevantes de emissão evaporativa de combustível, com poluentes como monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, fuligem e aldeídos, que contribuem para a contínua deterioração da qualidade do ar, especialmente nos centros urbanos.

Com o objetivo de reduzir e controlar a contaminação atmosférica e a emissão de ruído por fontes móveis (veículos automotores) o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA instituiu, em caráter nacional, os Programas de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores:

PROCONVE (automóveis, caminhões, ônibus e máquinas rodoviárias e agrícolas) e PROMOT (motocicletas e similares) fixando prazos, limites máximos de emissão e estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados.

O conjunto de normas em vigência atualmente é o sistema EURO 5, que é um conjunto de normas regulamentadoras que visa a diminuição da emissão de poluentes de veículos movidos a diesel..

O nome EURO 5 é uma alusão à legislação europeia que tem essa mesma finalidade.

Oficialmente, no Brasil, ele é chamado de Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, o PROCONVE P-7.

Sua principal meta é diminuir as emissões de Óxido de Nitrogênio (NOx) em até 60%.

Dentro da classificação de óxidos de nitrogênio há três tipos de gases – o óxido nítrico (NO), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), todos danosos ao meio ambiente pelo alto potencial de retenção do calor do Sol no planeta, mais conhecido como efeito estufa.

Para viabilizar essa Resolução, o COMAMA estabeleceu em 2008 a adoção do diesel S50, que possui 50 ppm de Enxofre, para o abastecimento de veículos pesados (caminhões e ônibus) em todo o Brasil. Recentemente, para o atendimento à fase P7 do PROCONVE se estabeleceu a adoção do diesel S-10, com 10 ppm de Enxofre, desde 2012.

Adotado nos Estados Unidos desde 2012 e na Europa há o padrão Euro 6 de restrição a emissões de poluentes por veículos a diesel, que só se deve tornar realidade no Brasil a partir de 2022.

O Brasil ainda segue as normas do Euro 5, dentro da fase 7 do PROCONVE – Programa de Controle de Poluição de Ar por Veículos Automotores, do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, que está em vigor desde 2012.

Em contrapartida, já há uma tendência mundial de adoção dos motores elétricos automotivos, para automóveis, ônibus e caminhões.

Visando a qualidade do ar e a saúde da população a legislação ambiental se preocupa com os padrões de qualidade do ar e limites de emissão.

De forma sucinta, os padrões de qualidade do ar são concentrações máximas permitidas, de determinados poluentes na atmosfera, visando o bem-estar e a saúde da população e a preservação do meio ambiente.

Já os limites de emissão são valores máximos permitidos para o lançamento de poluentes na atmosfera.

A legislação ambiental do Brasil não estabelece limites de emissão ou padrões de qualidade do ar para COVs. Estas emissões são reguladas indiretamente pelos padrões de qualidade do ar estabelecidos para o Ozônio.

É importante ressaltar que não há limites de emissão para Ozônio, uma vez que este poluente é formado na atmosfera através das reações entre COVs e NOx, o que se regula é a presença de Ozônio na atmosfera ambiente.

Quanto mais saturada em Ozônio for uma determinada região, como consequência maiores são as restrições ambientais para a emissão de COVs.

Assim, não é difícil perceber que grandes centros urbanos e regiões de alta industrialização são locais onde, possivelmente, as restrições relativas às emissões de COVs são maiores.

A Resolução CONAMA/Nº 003 de 28 de junho de 1990 determina que são padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a

segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Essa resolução estabelece os Padrões de Qualidade do Ar para várias substâncias e com relação ao Ozônio fixa a concentração média de 1 (uma) hora, de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Para comparação, há o trabalho “Padrões de qualidade do ar Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia” do Instituto de Energia e Meio Ambiente, no *site*

[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Apres\\_IEMA\\_Zamboni.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Apres_IEMA_Zamboni.pdf).

Neste trabalho há uma tabela sobre as recomendações da OMS sobre as concentrações de Ozônio, médias de 8 horas diárias e os efeitos decorrentes.

[file:///C:/Users/Patty/Downloads/Estudo\\_Padroes\\_Qualidade\\_Ar%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Patty/Downloads/Estudo_Padroes_Qualidade_Ar%20(1).pdf).

**Tabela 5 - Recomendações da OMS para concentrações ambientais de médias de ozônio (O<sub>3</sub>) - médias de 8h**

FASE	MÁXIMA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 8H DIÁRIA (µg/m <sup>3</sup> )	FUNDAMENTAÇÃO PARA O NÍVEL INDICADO
Altos níveis	240	Efeitos significantes à saúde; substancial proporção de populações vulneráveis afetadas.
IT-1	160	Efeitos significantes à saúde; não proporciona proteção adequada à saúde pública. A exposição a este nível de ozônio está associada com: • Efeitos fisiológicos e pulmonares em jovens adultos saudáveis se exercitando e expostos por períodos de 6,6 horas; • Efeitos sobre a saúde de crianças (baseado em vários estudos de campos de verão nos quais estas estavam expostas ao ozônio ambiente); • Um aumento estimado de 3 a 5% na mortalidade diária (baseado em estudos de séries temporais diárias).
AQG	100	Proporciona proteção adequada à saúde pública, embora possa ocorrer algum efeito abaixo deste nível. A exposição neste nível é associada com: • Um aumento estimado de 1 a 2% na mortalidade diária (baseado em estudos de séries temporais diárias); • Extrapolação de estudos de laboratório e de campo baseada na probabilidade de repetição da exposição na vida real, considerando que os estudos de laboratório excluem sujeitos altamente sensíveis ou clinicamente comprometidos, ou crianças; • Probabilidade de que o ozônio ambiente seja um marcador de outros oxidantes associados.

\* Mortes atribuíveis ao ozônio. Estudos de séries temporais indicam um aumento da mortalidade diária na faixa de 0,3 a 0,5% para cada 10 µg/m<sup>3</sup> nas concentrações médias de 8 horas a partir de 70 µg/m<sup>3</sup>.

Fonte: WHO (2005)

O Estado de São Paulo, por exemplo, através dos seus Decretos das Bacias Aéreas Saturadas e de seu respectivo PREA - Programa de Redução de Emissões Atmosféricas, estabelece critérios para o crescimento industrial em regiões saturadas em Ozônio (ou em vias de saturação). Assim, a depender do empreendimento e de seu montante previsto de emissões, sua ampliação ou instalação está sujeita à compensação das emissões a serem acrescidas.

Como visto regras de conduta e controle não faltam, o que acontece é que não são difundidas ou acatadas no meio industrial.

Mas, na realidade, não há métodos ou parâmetros de controle padronizados na legislação ambiental brasileira, no âmbito municipal, estadual e federal, para as emissões fugitivas, ou seja, as emissões fugitivas não são abordadas.

A legislação atual do CONAMA, Resoluções 382 e 436, no Anexo VI, contemplam os limites de emissão para poluentes atmosféricos, provenientes dos seguintes fontes fixas de processos de refinarias de petróleo:

- Fornos e caldeiras, queimando gás de refinaria;
- Unidades de craqueamento catalítico (em caldeiras de monóxido de carbono ou recuperadoras dos gases dos regeneradores);
- Unidades de recuperação de enxofre;
- Conversores de amônia a nitrogênio.

Para estas emissões é requerido o monitoramento semestral, nas fontes fixas, por empresa credenciada, através da Norma Operacional NOP-INEA – 01 – Programa de Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas para a Atmosfera – PROMON AR.

O controle da poluição oriunda de fontes fixas está basicamente condicionado ao processo de obtenção do licenciamento ambiental, obrigatório às atividades potencialmente poluidoras.

Por exemplo, no Estado do Rio de Janeiro, todas as atividades efetivas ou potencialmente poluidoras do ar, listadas nas Resoluções do CONAMA, instaladas ou a ser instalada, devem atender a Norma Operacional NOP-INEA-01 Programa de Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas para a Atmosfera – Promon-Ar, aprovada por Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONEMA nº 26 em 22/11/2010.

No Brasil, há ainda na legislação brasileira a Norma Regulamentadora NR-15 Atividades e Operações insalubres, da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, do Ministério do Trabalho, que no Anexo XIII-A Benzeno define, para as indústrias de óleo&gás, a concentração máxima de benzeno (e outros hidrocarbonetos aromáticos como tolueno e xileno), a média de 1,0 (um) ppm no ar ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 (oito) horas, obtida na zona de respiração dos trabalhadores.

<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>

**Nota:**

Conversão de ppm para mg/m<sup>3</sup> é: 1ppm = 3,19 mg/m<sup>3</sup> nas condições de 25° C e 101 kPa ou 1 atm.  
mg/m<sup>3</sup> - miligramas por metro cúbico de ar.

Internacionalmente, há normas ou códigos de projeto e construção de equipamentos pressurizados e sistemas das tubulações, respectivamente ASME Sec VIII e ASME B31.3, que especificam os requisitos técnicos ou padrões adicionais para os equipamentos e tubulações em serviço com fluido tóxico ou letal. Esses padrões são utilizados em refinarias e petroquímicas nos projetos das instalações que operam ou produzem fluidos tóxicos.

O “serviço com fluido tóxico ou letal” é definido como o serviço em que “a simples exposição pessoal a uma bem pequena quantidade de um fluido tóxico, causada por vazamento, pode produzir danos irreversíveis por respiração ou contato corporal”.

## **6. Refinarias de petróleo e petroquímicas versus emissões fugitivas**

As refinarias de petróleo e as petroquímicas são fontes significativas de emissões de poluentes nocivos, tanto na escala global (gases de efeito estufa) quanto na escala regional ou local (contaminantes e poluentes tóxicos do ar), resultando no grave impacto desta poluição no meio ambiente e na saúde pública.

Os gases de efeito estufa são emissões que contribuem para a mudança climática global.

O termo "gases de efeito estufa" geralmente se refere aos seguintes:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),
- Metano (CH<sub>4</sub>),
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Cada um desses poluentes é emitido pelas refinarias de petróleo e petroquímicas e resulta da combustão de combustíveis fósseis.

Já os poluentes tóxicos do ar, os VHAPs, também conhecidos como contaminantes tóxicos do ar, têm impactos localizados, que podem resultar em graves riscos para a saúde humana. Os poluentes tóxicos geralmente são emitidos em quantidades muito menores do que os gases de efeito estufa e podem variar consideravelmente em sua toxicidade relativa, ou seja, alguns causam impactos na saúde em concentrações mais baixas que outros.

Nas refinarias de petróleo e as petroquímicas é constante a preocupação com o monitoramento das fontes potenciais de vazamento e emissão dos gases de efeito estufa e de poluentes tóxicos.

Na Petrobras, por exemplo, o corpo técnico sempre se pautou pelo monitoramento e controle de possíveis vazamentos, pois dentre outras auditorias, como dos Sindicatos de Petroleiros e da DRT-Delegacia Regional do Ministério do Trabalho, há ainda as Inspeções das Empresas de Seguro Patrimonial das instalações.

É uma preocupação que permeia a construção de equipamentos e sistemas de tubulações, das refinarias e petroquímicas, desde o projeto básico. Tradicionalmente, esses projetos foram, e ainda são baseados em normas e padrões norte-americanos, do código ASME - *The American Society of Mechanical Engineering*, que estabelecem requisitos para prevenir a segurança das instalações e os vazamentos decorrentes de falhas estruturais de equipamentos como vasos de pressão; e das normas do API-*American Petroleum Institute*, para a construção das instalações de armazenamento e distribuição de petróleo, gás e derivados.

As refinarias de petróleo e petroquímicas são importantes geradoras dos produtos COVs, portanto de possíveis de emissões fugitivas a partir de componentes de equipamentos e de tubulações de processo. Por conseguinte, preventivamente devem ser construídas, operadas e mantidas, com o objetivo de reduzir essas emissões, para atendimento às exigências à obtenção das licenças ambientais requeridas para partida e operação das instalações. As indústrias tipo refinarias e petroquímicas são o campo perfeito para contribuir com o esforço brasileiro e mundial de redução da poluição atmosférica.

Os principais problemas advindos das emissões fugitivas de COVs em refinarias e petroquímicas, a serem prevenidos, dentro dos limites das instalações são:

- a. Poluentes tóxicos e precursores de Ozônio (na presença de NOx);
- b. Riscos de incêndio e explosão;
- c. Perdas de produtos e matéria prima;
- d. Aumento do prêmio do seguro.

A forma de atuar proativamente é identificar, monitorar e controlar as fontes contribuintes mais importantes das emissões perigosas e poluentes, principalmente, nos seguintes sistemas operacionais:

- a. Fornos e caldeiras, queimando óleo e gases: SOx, NOx e CO<sub>2</sub>;
- b. Unidades de Craqueamento Catalítico e de Hidrogenação: CO<sub>2</sub>, NOx, SOx, H<sub>2</sub>S;
- c. Flares para queima de gases ácidos: SOx, NOx, CO<sub>2</sub>, CO.

É sabido que a liberação sistemática de COVs para o meio ambiente se faz através de tubulações e equipamentos, dentro e fora das plantas de processamento de óleo&gás, e engloba as perdas provenientes das seguintes principais fontes das emissões fugitivas:

- a. Componentes de tubulações e equipamentos: válvulas e acessórios roscados;
- b. Conexões flangeadas;
- c. Componentes de máquinas de fluxo, por exemplo: selos de bombas, compressores e turbinas a gás;
- d. Válvulas de segurança e alívio de pressão abrindo diretamente para a atmosfera;
- e. Ações operacionais de amostragem, drenagem ou purga de equipamentos.

Quando o vazamento é de porte ou visível, a avaliação das perdas e as providências para reparo, tradicionalmente, costumam ser imediatas.

Conforme o código americano, Federal Code of Regulations, Title 40, Part 60, Sub-part VV – “Standards of performance for equipment leaks of VOCs ( Volatile Organic Compounds) in synthetic organic chemicals manufacturing industry”, consideram-se vazamentos quando a leitura do instrumento indicar acima de 10.000ppm e emissão fugitiva ou não detectável visualmente quando a leitura for cerca de 500ppm.

No entanto, quando o vazamento é a emissão fugitiva, praticamente imperceptível, pois é de pequena monta e invisível, à primeira vista, a tendência seria desconsiderar esse vazamento. Porém, há dois argumentos fundamentais que desaprovam essa tendência:

- a. É característica das emissões fugitivas o grande número de fontes, que contabilizadas levam às enormes perdas de produtos valiosos e as consequentes perdas financeiras;
- b. Outro fator é que a maior parte das emissões fugitivas é de fluidos que contêm agentes poluentes, COVs e VHAPs, que são produtos tóxicos de consequências funestas ao ambiente e à saúde das pessoas.

Além dos poluentes emitidos nas unidades de processo, também há liberação dos COVs no ar durante o armazenamento, as movimentações e transporte de petróleo e produtos derivados, por exemplo, em:

- a. Tanques de armazenamento de produtos;
- b. Estações de carregamento de produtos;
- c. Separadores API de água e óleo;
- d. Transferência entre tanques na refinaria ou em bases de distribuição ou em terminais;
- e. Sistema de tratamento de efluentes e rejeitos industriais-ETDIs;
- f. Lagoas de aeração (“land farming”).

Fora da área industrial da refinaria ou petroquímica, ainda se tem:

- a. Operações de carregamento/descarregamento entre vagões - tanques ou caminhões - tanques de bases de distribuição, terminais ou empresas de frotas de veículos;
- b. Descarregamento de caminhões - tanques para tanques subterrâneos em postos de abastecimento de combustíveis;
- c. Bombeio de combustíveis para os veículos em postos de abastecimento.

Embora a emissão fugitiva de uma simples válvula, conexão flangeada ou outro componente, possa ser muito pequena, o grande número destes componentes torna o volume de perdas por emissões fugitivas apreciável, como fonte dos compostos orgânicos voláteis e tóxicos no ambiente das indústrias de refinarias, petroquímicas e plantas químicas.

Essas emissões correspondem, em média, a cerca de 50-60% dos vazamentos e perdas operacionais das plantas industriais e mais da metade dessas emissões ocorrem nas válvulas.

Principais fontes de emissões fugitivas	% estimada em relação às emissões totais
Válvulas	60%
Válvulas de alívio de pressão	15%
Bombas e Compressores	10%
Tanques	10%
Ligações flangeadas	5%

## 7. Programa de monitoramento, detecção e reparo de emissões fugitivas

O cumprimento da legislação, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos, obriga a um intenso trabalho de acompanhamento e monitoramento das fontes em potencial de vazamentos.

Na Petrobras, por exemplo, para a execução e gestão desse monitoramento, as refinarias decidiram aplicar o Método de Detecção e Reparo de vazamento, conforme a metodologia do LDAR- *Leak Detection and Repair*, indicado pelo *Clean Air Act*, que é a lei americana sobre ar limpo, em que o objetivo é melhorar a qualidade do ar, de formas a identificar locais de fugas de produtos químicos orgânicos voláteis e os reparar imediatamente ou assim que possível.



Enfim, o objetivo é a inspeção das instalações, detecção e reparo de locais de vazamentos e emissões.

Leak Detection and Repair - A Best Practices Guide

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-02/documents/ldarguide.pdf>

Os procedimentos do LDAR geralmente incluem as seguintes fontes de emissões

- Selos de bomba;
- Selos de compressor;
- Selos de turbina a gás;
- Engaxetamento de agitador e de misturador;
- Válvulas;
- Flanges;
- Conectores;
- Linhas abertas;
- Dispositivos de alívio de pressão;
- Conexões de amostragem.

Este monitoramento é realizado com inspeção e medição das fontes de possíveis vazamentos, previamente identificadas e cadastradas, baseado no Método 21 da EPA- *Method 21*, através de um aparelho analisador de chama ionizante, equipado com um dispositivo de coleta de dados.

EPA - *Method 21 - Determination of Volatile Organic Compound Leaks*

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/m-21.pdf>

A escala total desse aparelho de medição de COVs deve variar entre 0,5 a 20 000 ppm, permitindo assim que os padrões de emissão sejam precisamente caracterizados e que os vazamentos sejam identificados. Este instrumento deve ser aprovado e certificado por entidade reconhecida para uso em ambiente classificado, isto é, em que há a presença de vapores e gases inflamáveis, por exemplo a certificação *Senelec Gas Group II C*, Zona 1 e Zona 2, garantindo assim uma operação segura.

O reparo dos componentes, que apresentam emissões acima dos limites, deve ser o mais rápido possível, geralmente 5 dias para uma primeira tentativa de reparo e 15 dias para a tentativa final de reparo, após o vazamento ser detectado.

As primeiras tentativas de reparação incluem as práticas de manutenção de execução imediata, sempre que possível e apropriado.

Por exemplo, no caso de válvulas:

- Apertar os parafusos do castelo da válvula;
- Substituição dos parafusos do castelo da válvula;
- Apertar a porca da caixa de gaxetas da haste da válvula;
- Injeção de lubrificante em caixa de gaxetas lubrificadas.

Se o reparo de qualquer componente for tecnicamente inviável sem a parada da unidade de processo, o componente pode ser colocado na lista Atraso de Reparo *Delay of Repair*, com número de identificação e uma explicação de porque o componente não pode ser reparado imediatamente, e uma data estimada para reparar o componente deve ser incluída nos registros.

O componente é considerado como reparado somente depois de ter sido monitorado e mostrado que não está vazando acima do limite de vazamento aplicável.

O aspecto nevrálgico desse monitoramento é o estabelecimento do limite máximo de vazamento em cada fonte de emissão fugitiva.

O estabelecimento do limite de vazamento ou de emissão merece algumas considerações.

As definições de vazamento variam de acordo com a regulamentação, com o tipo de componente, com o serviço (por exemplo, líquido leve, líquido pesado, gás/vapor) e intervalo de monitoramento. Muitos regulamentos sobre vazamento de equipamentos definem um vazamento com base em inspeções e observações visuais (como vazamento de fluidos, pulverização, névoa ou obstrução de ou em torno de componentes), som (como sibilos) e cheiro.

Porém, no caso vazamento por emissão fugitiva de Poluentes Orgânicos Perigosos do Ar, as normas apresentam uma definição de vazamento a partir de ppm - partes por milhão, medidos diretamente na fonte da emissão.

Um vazamento é detectado sempre que a concentração medida excede o padrão adotado como limite, para aquele equipamento ou componente, conforme a norma ou regulamentação adotada.

Porém, há dificuldades para a utilização prática no controle dos vazamentos e emissões, por fonte de vazamento, tendo em vista que as Resoluções do CONAMA apresentam os limites totais de emissão para poluentes atmosféricos, emitidos em algumas fontes fixas nos processos de refinarias de petróleo, não especificamente por fonte individual de emissão.

A saber, são nomeadas as seguintes fontes fixas dos processos listados nas Resoluções 382 e 436, Anexo VI, do CONAMA:

- Fornos e Caldeiras queimando gás de refinaria: contempla o controle do SOx e NOx, nos gases efluentes da chaminé;
- Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido: contempla o controle de monóxido de carbono CO em Caldeiras ou Recuperadoras térmicas dos gases efluentes do Regenerador;
- Unidade de Recuperação de Enxofre - URE: contempla o controle da eficiência de recuperação mínima de enxofre;
- Conversor de Amônia: contempla o controle da eficiência de destruição de amônia.

Por outro lado, para agentes químicos perigosos, na legislação brasileira há a Norma Regulamentadora NR-15 - Atividades e Operações Insalubres que define no Quadro nº 1 do Anexo Nº 11 a Tabela de Limites de Tolerância no ar ambiente de agentes químicos insalubres, válidos para jornadas de trabalho de até 48 (quarenta e oito) horas por semana.

**Nota:**

NR 15 - Atividades e Operações Insalubres

Anexo nº 11 Agentes Químicos cuja Insalubridade é Caracterizada por Limite de Tolerância e Inspeção no Local de Trabalho

Quadro nº1 Tabela de Limites de Tolerância

[https://www.unifal-mg.edu.br/segurancadotrabalho/files/file/nr\\_15\\_anexo11.pdf](https://www.unifal-mg.edu.br/segurancadotrabalho/files/file/nr_15_anexo11.pdf)

- Nas atividades ou operações nas quais os trabalhadores ficam expostos a agentes químicos, a caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes do Quadro nº1.
- Todos os valores fixados no Quadro n.º1 - Tabela de Limites de Tolerância são válidos para absorção apenas por via respiratória.
- Conforme a NR-15, a avaliação das concentrações dos agentes químicos deve ser medida ao nível respiratório do trabalhador e não discrimina o limite junto à fonte do vazamento ou emissão.

E, como já visto, para controle da concentração de COVs, através da presença do Ozônio no ar, a Resolução CONAMA/Nº 003 determina o limite máximo da concentração de Ozônio no meio ambiente, como a concentração média de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, durante uma hora, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Ambas as legislações, CONAMA e NR-15, determinam limitações de poluentes no ar, no nível de respiração das pessoas, para emissões globais e não de emissões fugitivas.

Portanto, para se estabelecer um Programa de Monitoramento de emissões fugitivas e exercer o controle efetivo nas emissões de COVs, em cada fonte potencial, é preciso estabelecer que limite máximo de vazamento adotar junto à fonte de emissão fugitiva, para se garantir o padrão de qualidade do ar.

Recorreu-se, então, às normas nacionais dos EUA, de emissão de poluentes atmosféricos perigosos, listadas e detalhadas no documento 40 CFR Part 63, Subpart H - *National Emission Standards for Organic Hazardous Air Pollutants for Equipment Leaks* (Padrões Nacionais de Emissão de Poluentes Orgânicos Perigosos do Ar para Vazamentos de Equipamentos), onde se tem os seguintes limites para as emissões fugitivas de COVs:



- Limite de fluxo máximo de 500 ppm para válvulas e flanges monitorados e controlados trimestralmente;
- Limite de fluxo máximo de 1000 ppm para bombas monitoradas e controladas mensalmente.

Na Petrobras, por exemplo, a orientação é pelo uso dos limites definidos na lei americana, para as emissões fugitivas, com a consideração de que em qualquer vazamento, seja ou não emissão, sempre há a dissipação no ambiente, assim controlando a emissão junto à fonte, como prescreve o Método 21 da EPA, em concentrações baixas, o nível respiratório do trabalhador está garantido.

Dessa forma, para os limites de vazamentos por emissões fugitivas dos fluidos COVs e VHAPs, se adotou os seguintes valores, variáveis a depender do equipamento ou componente:

- Máximo de 500 ppm: válvulas, conexões flangeadas e linhas abertas,
- Máximo de 1 000 ppm: dispositivos de alívio de pressão, bombas, compressores e turbinas a gás;
- Máximo de 10 000 ppm: eixos de agitadores e misturadores de reservatórios e tanques.

A medição de vazamento é conforme o documento 40 CFR Parte 60, Apêndice A, *Method 21* e quando detectado, se deve reparar o local o mais rápido possível para remover o vazamento.

Após o 1º ciclo de medições e o devido reparo, em todas as fontes de potencial vazamento, se estabeleceu a seguinte frequência de monitoramento:

- Mensalmente: bombas, agitadores, misturadores;
- Trimestralmente: válvulas, conexões flangeadas, sistemas de instrumentação e dispositivos de alívio de pressão;
- Semestralmente: compressores e turbinas a gás.

O prazo para o reparo foi definido da seguinte forma:

- Vazamento de líquido leve ou pesado, gás e vapor superior a 500 ppm, mas abaixo de 10 000 ppm

5 dias de calendário

- Vazamento de líquido leve ou pesado, gás e vapor superior a 10 000 ppm, mas abaixo de 25 000 ppm

2 dias de calendário

- Vazamento de líquido leve ou pesado superior a 3 gotas por minuto

1 dia do calendário

- Qualquer vazamento superior a 20 000 ppm

1 dia do calendário

O Programa LDAR- *Leak Detection and Repair* consiste, pois, em uma rotina de medições em equipamentos (estáticos e dinâmicos), instrumentos e acessórios de tubulações, que trabalham com compostos orgânicos voláteis (COVs), para que sejam identificados pontos com emissão acima de uma concentração de COVs, pré-estabelecida como limite de vazamento.

Para medir as Emissões Fugitivas é utilizado o Método 21 da EPA, com analisadores de gases portáteis, conhecidos como OVA-*Organic Vapour Analyzer*, que funcionam por ionização de chama, e mede, individualmente, o vazamento de cada fonte.

É uma metodologia bastante intensiva em mão-de-obra e tem custo elevado, uma vez que exige o monitoramento individual e periódico de milhares de componentes existentes em uma planta industrial, para a detecção de possíveis vazamentos.

Por outro lado, uma refinaria contém milhares de pontos para se realizar a inspeção com o aparelho portátil e isso exige grande compromisso e dedicação exclusiva de equipes de manutenção para a efetiva execução do LDAR.

A própria EPA ciente dessas dificuldades reconheceu a necessidade de práticas alternativas para este trabalho.

Por isso, a EPA propõe o emprego da nova metodologia chamada de “*Smart* LDAR”, que é o recurso adicional da utilização de imagens óticas, para a detecção de vazamentos de gás. No “*Smart* LDAR” a detecção do COVs requer um tipo específico de câmera, que seja capaz de fazer uma varredura em grades áreas, com imagens panorâmicas, e identifique a localização dos pequenos vazamentos, os quais podem depois ser inspecionados individualmente com os analisadores de gases portáteis, para fazer a quantificação do vazamento, sem que haja necessidade de medição de todos os componentes da instalação.

A câmera é portátil, leve e robusta, própria e segura, para utilização em áreas industriais classificadas, isto é com a presença de vapores e gases inflamáveis, que utiliza o princípio de termografia infravermelha para detecção de emanações de determinados gases.

Visivelmente, tais emanações são imperceptíveis, mas, quando observadas com câmera de infravermelho se mostram como nuvens de vapor ou vazamentos de origem bem definida. Esse esquema permite agilizar o monitoramento com uma redução mais efetiva das emissões fugitivas em menor tempo e com custos menores.

As equipes de execução do monitoramento têm a programação estabelecida, com uma varredura por rotas definidas pela planta industrial.

O controle é a partir de um programa automático com software próprio, em que é feito o cadastro de todos os pontos de monitoramento, são registrados os valores das medições e as condições requeridas para os reparos.

Os prazos máximos de atendimento dependem da quantidade do vazamento e são rigidamente atendidos.

No Brasil já há empresas especializadas, como por exemplo, a TEADIT, com pessoal qualificado e equipamento próprio para a execução desses serviços de inspeção, monitoramento e medição. Normalmente, os trabalhos de reparo e o suprimento do material necessário são responsabilidade do pessoal da Manutenção da refinaria ou petroquímica.

Quando respeitadas as diretrizes do Programa LDAR, os reparos a executar nos pontos com emissões, normalmente, são de pequena monta, e se consegue reduções reais das perdas fugitivas de 50% a 75%, nos equipamentos e tubulações que operem com fluidos COVs, com as seguintes providências.

<b>Válvulas</b>	Na selagem das hastes de válvulas de bloqueio e de controle, usar gaxetas de baixa emissão. Especificar, sempre que possível, as válvulas tipos esfera e macho, cujo fechamento ocorre por movimento de 90°, com sede confeccionada de material resiliente e dupla selagem.
	Uso preferencial de gaxetas feitas de Grafite ou Teflon (PTFE), a depender de o serviço ser “fire safe”.
	Nas caixas de gaxetas, usar molas especiais que promovem o aperto de compressão constante sobre as gaxetas.
<b>Conexões flangeadas</b>	Substituição da junta de vedação e adotar o procedimento de aperto controlado de montagem e de reaperto na etapa inicial da partida para operação.
<b>Conexões roscadas</b>	Selar com solda de selagem as conexões roscadas.
<b>Maquinas de fluxo</b>	Utilização de selo mecânico em equipamentos rotativos.
<b>PSVs</b>	Instalação de disco de ruptura à montante das válvulas de segurança e alívio ou interligação da descarga com a Tocha de segurança da planta, sempre que possível.
<b>Extremidades abertas de tubulações</b>	Colocação de válvula de bloqueio e/ou tampão em extremidades abertas de tubulações.
<b>Pontos de alívio, drenagem e amostragem</b>	Interligação desses pontos com um sistema de recuperação ou queima das perdas por vazamentos ou emissões.

## 8. Atuação em outras frentes de combate à poluição

Nas instalações industriais, como as refinarias de petróleo e petroquímicas, há um enfoque muito específico e plenamente compreensível ao controle das emissões fugitivas, como medida de redução de emissão de gases causadores de poluição e do efeito estufa.

Porém, a atitude de pronto atendimento e controle às emissões deve ser estendida aos vazamentos em geral, evaporações e emanações, que também são tão perigosos à segurança e saúde dos trabalhadores.

A depender do tipo de fluido e da quantidade perdida para a atmosfera, os vazamentos e emissões se classificam como: emissões, emissões fugitivas, evaporações ou emanações, hidrocarbonetos não queimados e vazamentos propriamente ditos.

### a. Emissões

São perdas por vazamento da ordem de até 10000 ppm, toleradas no caso de fluidos não tóxicos. Por não provocarem dano ao meio ambiente ou ao homem, é possível a convivência durante a operação com as emissões, porém assumem importância econômica pela grande quantidade de pontos de vazamento, como exemplo as inúmeras válvulas e ligações flangeadas, existentes em uma planta industrial.

### b. Emissões fugitivas

Por emissões fugitivas entendem-se os vazamentos de compostos voláteis COVs, dos fluidos de processo, provenientes da operação dos equipamentos e tubulações nas instalações industriais.

### c. Evaporações ou emanações

São as provenientes de: Tanques de armazenamento; ETDI Estação de Tratamento de Despejos Industriais; SAO-Separadores de Água e Óleo; Lagoas de aeração ou *Landfarmings*.

### d. Hidrocarbonetos não queimados

São provenientes de queima incompleta de óleo e gases em: Caldeiras; Fornos; Incineradores; Turbinas a gás; Flares ou Tochas.

### e. Vazamento propriamente dito

Normalmente, os vazamentos identificados visualmente correspondem a concentrações acima de 10 000 ppm e ocorrem por perda de estanqueidade em ligações flangeadas, falha estrutural do equipamento ou tubulação como trinca ou furo. Na prática, o vazamento é reparado imediatamente, devido à magnitude e ao risco envolvido.

Os efeitos maléficos dos vazamentos e emissões sobre o meio ambiente e à saúde das pessoas aponta para a necessidade de melhoria da vedação dos equipamentos e tubulações, particularmente de válvulas; recolhimento das evaporações e emanações dos tanques de armazenamento; e cobertura dos ETDI- Estação de Tratamento de Despejos Industriais e SAO-Separadores de Água e Óleo.

Considerando-se a refinaria ou petroquímica como uma instalação única e integrada, se deve monitorar além da qualidade do ar e da água efluentes, também a forma de descarte de materiais inservíveis e produtos degradados, nos limites da refinaria, controlando-se todo o inventário de poluição.

A seriedade do compromisso ambiental deve ser um valor da empresa.

-X-