

---

## EMISSÕES FUGITIVAS EM BASES DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE PETRÓLEO

Marcelo Bittencourt Rosa<sup>1</sup>, Kátia Góes M. de Oliveira<sup>2</sup>

**Resumo:** *As atividades de armazenamento e distribuição de combustíveis derivados de petróleo contribuem para o total de poluentes emitidos pela indústria. Emissões do tipo fugitivas, embora pontualmente irrelevantes, tornam-se significativas em função da existência de diversos pontos possíveis de fuga. Utilizando-se de pesquisa quali-quantitativa baseada em revisão bibliográfica, verificou-se que os contaminantes formados ou diretamente emanados dos produtos armazenados nas bases de distribuição podem impactar diretamente a saúde dos trabalhadores e do meio ambiente. Este trabalho teve como foco relacionar as principais fontes de emissões fugitivas oriundas das atividades de distribuição de combustíveis derivados de petróleo bem como ações preventivas de redução das emissões. Verificou-se que somente pelo estabelecimento de planos de detecção e controle de vazamentos obtém-se efetividade na redução das emissões, em detrimento de ações que não resolvem o problema, como o enclausuramento das fontes ou a utilização de equipamentos de proteção individual.*

**Palavras-Chaves:** *Emissões fugitivas; Trabalhador; Meio Ambiente; Derivados de Petróleo.*

---

<sup>1</sup> Engenheiro Químico. Especialista em Higiene Ocupacional – UFBA. Graduando do curso de Especialização em Soluções e Tecnologias Ambientais – SENAI – CIMATEC (marcelobrosa@uol.com.br).

<sup>2</sup> Bióloga. Mestre em Meio Ambiente, Água e Saneamento - UFBA. Coordenadora do NUMA- Núcleo de Monitoramento Ambiental da Área de Meio Ambiente –AMA – SENAI- CIMATEC (katiagmo@fieb.org.br e katiagoes62@gmail.com).

---

## FUGITIVE EMISSIONS IN DISTRIBUTION BASES OF OIL FUELS

**Abstract:** *The storage and distribution activities of fuels oil derivatives contribute to the total pollutants emitted by the industry. Fugitive emissions, although punctually irrelevant, become significant due to the existence of many leakage points. Using qualitative and quantitative search based on a literature review, it was verified that contaminants formed or directly emanated from the products stored in the distribution bases can directly impact workers health and the environment. This work had focused to relate the main sources of fugitive emissions from the activities of distribution of fuels oil derivatives as well as preventive actions to reduce emissions. It was verified that only by the establishment of leak detection and control plans one obtains effectiveness in the reduction of the emissions, to the detriment of actions that do not solve the problem, like the sources enclosure or the use of equipment of individual protection.*

**Keywords:** *Fugitive Emissions; Worker; Environment; Oil Derivates.*

## 1 INTRODUÇÃO

Com a descoberta dos combustíveis derivados de petróleo no século XIX, ocorreu um grande desenvolvimento nos meios de transporte e produção de energia, trazendo mais conforto e segurança às pessoas, com a vantagem de impactar menos o meio ambiente do que o carvão mineral, até então tido como o principal combustível.

Segundo Costa, Damasceno e Santos (2012), a partir do início da década de 50 do século XX, “os impactos da industrialização sobre o meio ambiente já começavam a ser percebidos”, o que gerou questionamentos dos modelos de desenvolvimento existentes e culminando, em 1972, com a Conferência de Estocolmo, um marco na questão ambiental.

A Conferência de Estocolmo começou a estabelecer regras para países poluidores. O Brasil, à época, ficou de fora do Acordo pois pretendia “desenvolver primeiro e pagar os custos da poluição mais tarde”, conforme declaração do então Ministro Costa Cavalcanti (MELGAÇO; ALVIM, 2008, p. 17).

Grandes instalações para produção e distribuição de produtos derivados de petróleo foram construídas. Somente na década de 80 o Brasil deu ênfase à proteção ao meio ambiente com edição da Política Nacional sobre o tema, representada pela Lei 6938/81 (BRASIL, 1981).

Os EUA, país mais industrializado do mundo, tem tomado diversas ações para a redução da poluição, pois regulamentaram os padrões de desempenho de terminais de distribuição de gasolina, limitando emissões de poluentes (SOUZA, 2004).

As emissões oriundas das operações de produção e armazenamento de combustíveis derivados de petróleo, notadamente as classificadas como fugitivas, tornaram-se fontes potenciais de contaminação do ambiente de trabalho e natural, além de contribuírem para a redução da segurança das plantas de processo e proporcionarem perdas econômicas consideráveis para a indústria. (PEREIRA, 2015).

Segundo Mattos (2000, p.2), emissões atmosféricas podem ser caracterizadas como poluição do ar se estiverem sendo liberadas para a atmosfera “em condições ou concentrações que, de alguma forma, prejudiquem o meio ambiente.”

Dentre os produtos armazenados em bases de distribuição que contribuem para as emissões, destaca-se a gasolina, em função de sua volatilidade (baixo ponto de fulgor) e, segundo a Resolução ANP Nº 684 da ANP – Agência Nacional do Petróleo [ANP] (2017), presença de benzeno, este considerado carcinogênico confirmado para humanos e com evidências suficientes para animais experimentais (IARC, 2012).

Segundo Ueda (2010), além da gasolina, as emissões de etanol podem trazer danos à saúde e meio ambiente em função da formação de ozônio

troposférico. Nesse sentido, as emissões de diesel também contribuem para a formação de ozônio troposférico com efeitos deletérios à saúde (Netto *et al.*, 2017).

No sentido de reduzir a exposição de trabalhadores e do meio ambiente intra e extras muros das instalações de armazenamento dos combustíveis derivados de petróleo ações devem ser tomadas, técnicas e/ou administrativas.

## 1.1 Objetivo geral

Relacionar a ocorrência de emissões fugitivas em atividades de distribuição de combustíveis derivados de petróleo e com ações de minimização dos impactos à saúde e meio ambiente.

Para atender ao Objetivo Geral fez-se necessário estabelecer os seguintes Objetivos Específicos:

- Analisar as ocorrências de emissões fugitivas nas instalações de distribuição de combustíveis.
- Analisar a exposição ocupacional e seus efeitos potenciais na saúde dos trabalhadores.
- Avaliar potenciais efeitos das emissões no meio ambiente intra e extramuros.
- Definir ações para minimizar as emissões fugitivas e seus efeitos baseando-se em padrões previamente estabelecidos em documentações técnicas brasileiras e norte-americanas ou Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (BRASIL).
- Apresentar soluções e tecnologias ambientais existentes para minimizar emissões fugitivas.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa qualitativa e quantitativa baseado em revisão bibliográfica a qual foi realizada na literatura especializada (livros/periódicos/documentos técnicos) para obtenção de dados que englobam: possíveis origens das emissões fugitivas em bases de distribuição de combustíveis, constituintes dos produtos armazenados com potencial confirmado de dano, forma de mensuração das emissões fugitivas, potenciais efeitos nos trabalhadores e meio ambiente e possibilidades de redução de suas exposições aos contaminantes.

As informações pesquisadas, parte em quadros e gráficos, possibilitarão posterior análise, discussão e conclusão acerca da origem dos contaminantes, sua forma de propagação, formas de contaminação e contribuição dos contaminantes no impacto aos trabalhadores e ao meio ambiente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Emissões Fugitivas

Segundo a US-EPA (Agência de Proteção Ambiental – EUA), compostos orgânicos voláteis (COV's), são compostos orgânicos que vaporizam à temperatura ambiente e lideram as causas de formação do ozônio ao nível do solo (poluição do ar, também conhecida como “smog”). (US-EPA, 2005, p. 2)

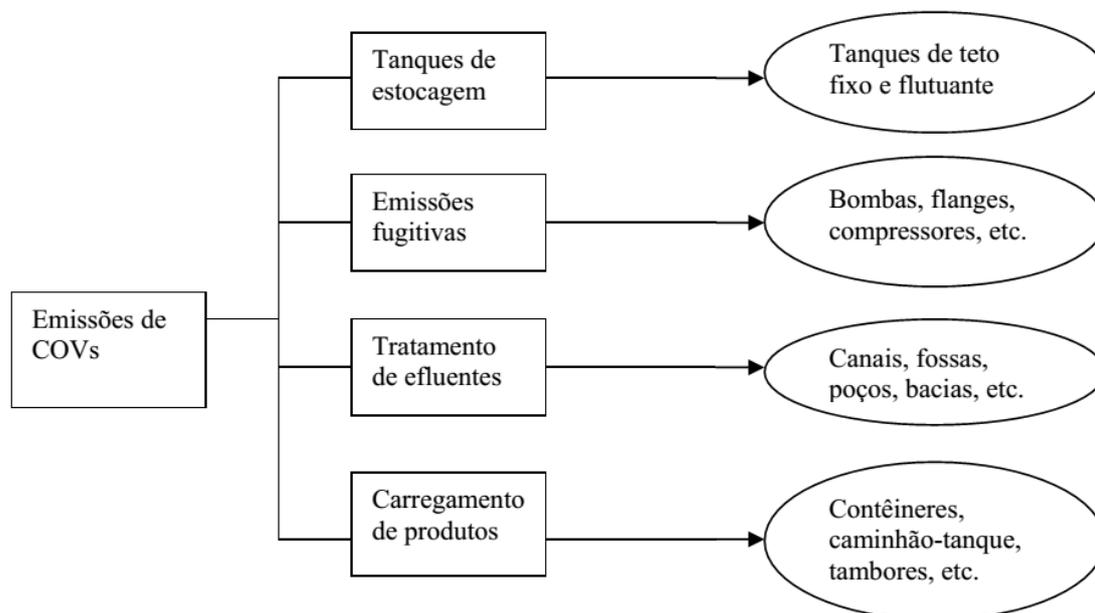
Além disso, a US-EPA cita, ainda, em seu *Memorando “Interpretação da Definição de Emissões Fugitivas nas Partes 70 e 71”* a definição dada pela seção 70.2 – “*Definições do Código de Regulações Federais*” (CFR, 2017a), emissões *fugitivas* são aquelas que não poderiam sair normalmente através de chaminés, ventilações, ou outra abertura funcionalmente equivalente (US-EPA, 1999a, p.1).

A Resolução 382/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) assim define emissões fugitivas: “lançamento difuso na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuado por uma fonte desprovida de dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo” (CONAMA, 2006, p. 2).

Também o Ministério do Trabalho – MTb (BRASIL), na seção *Glossário*, da Norma Regulamentadora 20 (NR 20) – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, define emissões fugitivas (MTb, 2012, p. 16):

Liberações de gás ou vapor inflamável que ocorrem de maneira contínua ou intermitente durante as operações normais dos equipamentos. Incluem liberações em selos ou gaxetas de bombas, engaxetamento de válvulas, vedações de flanges, selos de compressores, drenos de processos.

Martins (2004), em sua dissertação “Estudo do Controle de Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis em Tanques de Armazenamento de Produtos Químicos” apresenta as principais fontes de COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) na indústria:



Fonte: MARTINS, 2004

A partir destes conceitos e da Figura 1 podemos afirmar que as emissões fugitivas são liberações não programadas e/ou involuntárias de produtos sólidos, líquidos ou gasosos na atmosfera a partir de componentes existentes nas instalações industriais, excetuando as emissões atmosféricas resultantes da operação de tanques de armazenamento.

Particularmente nos deteremos nas emissões fugitivas gasosas em unidades de distribuição de combustíveis derivados de petróleo em função de sua importância econômica e de sua potencial capacidade de impactar pessoas e meio ambiente devido à natureza de seus produtos e das grandes quantidades movimentadas no processo de distribuição.

### 3.2 Bases de Distribuição e seus componentes

Segundo a ANP (2016a), Base de Distribuição (Base) é uma instalação preparada para receber, armazenar e distribuir derivados de petróleo, etanol, biodiesel e mistura óleo diesel/biodiesel.

Dentre os produtos armazenados pelas Bases destacam-se a gasolina “A” (pura, sem adição de álcool carburante), óleo diesel, álcool anidro (a ser adicionado à gasolina “A”) e álcool hidratado (ANP, 2016b).

Seus processos podem envolver o recebimento por modal rodoviário, ferroviário, dutoviário e por cabotagem. A entrega aos clientes (distribuição dos combustíveis) normalmente é realizada através de caminhões-tanque (FIGUEIREDO, 2006).

Segundo Martins (2004), os tanques para estocagem de compostos orgânicos líquidos mais comumente usados na indústria podem ter três tipos de cobertura: teto fixo, teto flutuante externo e teto flutuante interno (estes dois últimos acompanham o nível do produto armazenado para reduzir perdas).

Nas indústrias químicas, de petróleo e petroquímicas o conjunto de equipamentos e componentes constitui a rede de transporte de produtos. Estes equipamentos podem ser bombas, compressores e sopradores, e os componentes principais são flanges, válvulas de controle, drenos e válvulas de alívio de pressão (MARTINS, 2004).

Através do capítulo 5, volume 1 da quinta edição da *AP-42: Compilação de Fatores de Emissões ao Ar*, 1995, a US-EPA inclui entre as fontes de emissões fugitivas em uma refinaria de petróleo válvulas de todos os tipos, flanges, vedações de bombas e compressores, drenos de processo, separadores de água / óleo. Em uma instalação de distribuição de combustíveis podemos encontrar todas as fontes acima descritas mas nos deteremos apenas naquelas que de fato mais podem contribuir para as emissões fugitivas pela sua ocorrência, ou seja, válvulas, flanges e bombas de processo (particularmente seus selos mecânicos e gaxetas).

O “Código de Regulações Federais”<sup>1</sup> (CFR, 2017b) traz, sob o título “Padrão Nacional de Emissão para Vazamentos em Equipamentos – Fontes de Emissão Fugitiva” valores considerados como limites para emissões fugitivas em bombas de processo, compressores, flanges e válvulas.

A US-EPA (2007), através de “*Deteção de Vazamentos e Reparo – Guia de Melhores Práticas*”, também apresenta valores que devem ser adotados como máximos em um programa de detecção e reparos de vazamentos. Outra publicação de relevância da US-EPA é “*Padrões de Emissão Nacionais para Poluentes Perigosos do Ar – NESHAP*”, que determina os valores máximos de poluentes perigosos a serem aceitos por tipologia de processo (US-EPA, 2017a).

### 3.3 Emissões Fugitivas em Bases de Distribuição

De maneira geral, nas indústrias de petróleo e petroquímica, as principais emissões de COV’s estão relacionadas ao carregamento, descarga e armazenamento de produtos (MARTINS, 2004). Conforme Souza (2004, p. 8), “as emissões de VOC nos processos industriais variam com as atividades de produção, estocagem e manuseio”.

<sup>1</sup>Código de Regulações Federais. EUA (2017b). Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 61, Subparte V.

A contribuição das emissões de processos de carregamento e descarga de produtos em unidades de distribuição de combustíveis, em função das características das operações – com abertura direta para a atmosfera, é mais expressiva do que as emissões possíveis nos componentes. Segundo Souza (2004):

As perdas no carregamento em operações com caminhões-tanque, vagões-tanque e navios-tanque são fontes primárias de emissões evaporativas. Essas perdas ocorrem à medida que vapores orgânicos são lançados para a atmosfera, quando o combustível líquido é carregado nos tanques.

Quanto às emissões fugitivas, os pontos de fuga de contaminantes em bases de distribuição também são conhecidos; de fato, existe na literatura disponível protocolos de cálculo das emissões por componente em determinado período de tempo.

Mas seriam relevantes para a saúde humana e meio ambiente as emissões oriundas de componentes?

A ABNT-NBR 15724-4 – “Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Bases e terminais de distribuição de combustíveis — Métodos de avaliação quantitativa de emissões de compostos orgânicos voláteis no armazenamento e movimentação de produtos. Parte 4: Emissões fugitivas” (ABNT, 2009, p. 3), baseada no documento *Protocolo para Estimativas de Emissões de Vazamento em Equipamentos, 1995, US-EPA-453/R-95-017*, apresenta em seu bojo fatores de emissão em componentes bem conhecidos do processo de distribuição de combustíveis conforme podemos ver no Quadro 1 abaixo:

**Quadro 1.** Fatores específicos de emissões fugitivas

Equipamento ou componente	$F_{fugi}$ [kg/h]
Válvulas	$4,3 \cdot 10^{-5}$
Vedadores de bombas (selos mecânicos, gaxetas etc.)	$5,4 \cdot 10^{-4}$
Flanges e conexões de tubulações	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Outros componentes e equipamentos	$1,3 \cdot 10^{-4}$

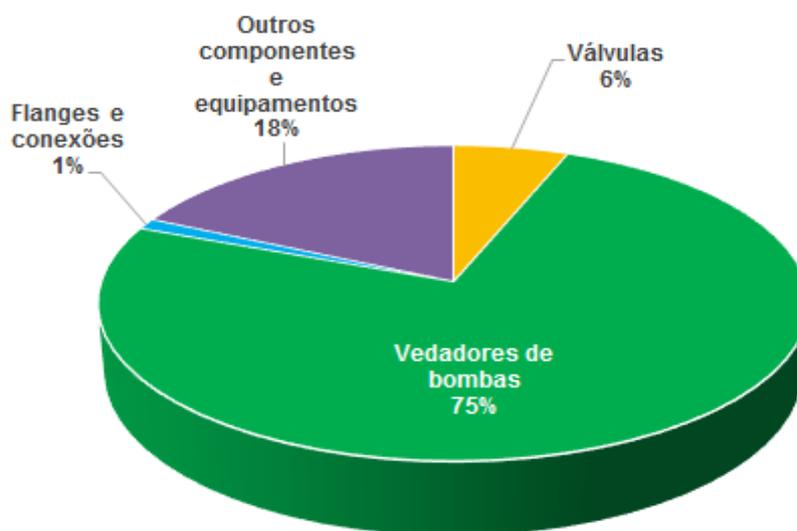
**Fonte:** ABNT-NBR 15724-4:2009

**Notas:**

$F_{fugi}$  é o fator global de emissões fugitivas dos equipamentos e acessórios de um terminal de distribuição de líquidos combustíveis, expressa em quilogramas por hora (kg/h).

“Outros componentes e equipamentos” é qualquer componente ou acessório operando normalmente em um terminal de distribuição, que não seja válvula, bomba, conexão ou flange, e que por dentro dele os líquidos combustíveis escoem.

**Gráfico 1.** Contribuição de componentes nas emissões fugitivas



**Fonte:** Elaboração própria (baseado no QUADRO 1), 2017.

Analisados unitariamente, os vedadores de bombas (selos mecânicos e gaxetas) são os que contribuem de maneira mais incisiva para o total de emissões fugitivas para a atmosfera da instalação (GRÁFICO 1).

É esperado que a operação de uma base de distribuição gere vibrações, dilatações e contrações de tubulações e componentes em função da movimentação dos produtos (recebimento e expedição). Os equipamentos responsáveis por esta movimentação, as bombas de processo, possuem eixos centrados circundados por elementos de vedação do tipo selo mecânico. Segundo Carvalho (2016), os vazamentos em bombas de processo ocorrem no selo onde o eixo da bomba entra em sua carcaça.

Afirma ainda Carvalho (2016) que, para os flanges de linhas de processo, as principais causas de vazamentos são o torque inadequado nos parafusos que unem as duas faces, deterioração da junta, estresse térmico ou vibração na linha. Portanto, após algum tempo de operação, provavelmente ocorrerá fuga de contaminantes para a atmosfera, uma vez que, segundo Santos (2009), não existe vazamento zero quando se utiliza juntas e gaxetas.

A ESA (Associação Europeia de Selagem) em seu documento “Tecnologia de Selagem – (Melhores Técnicas Disponíveis) notas de orientação” estabelece que os valores de emissões fugitivas dependerão do desenho (ou projeto) do equipamento, idade e qualidade do equipamento,

padrão de instalação, pressão de vapor do fluido em processo, temperatura e pressão do processo, número e tipos de fontes de emissão, rotina de inspeção e manutenção e taxa de produção (ESA, 2009).

### 3.4 Potenciais efeitos das emissões fugitivas

Particularmente em uma base de distribuição, a gasolina e o diesel, por serem os produtos mais movimentados (ANP, 2016a) são os principais responsáveis pela emissão de contaminantes prejudiciais aos seres humanos e meio ambiente.

Estes combustíveis são basicamente uma mistura de hidrocarbonetos. Segundo a página “Combustíveis Líquidos” (ANP, 2016b), os hidrocarbonetos presentes na gasolina pertencem, principalmente, às classes das parafinas (normal ou ramificadas), olefinas, naftênicos e aromáticos, formados por cadeias de 4 a 12 átomos de carbono, com pontos de ebulição variando de 30 °C a 215 °C. A mesma página também define o óleo diesel como sendo composto por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 16 carbonos e, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio. (ANP, 2016b). Segundo Carvalho (2016, p. 29):

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados quanto à forma como são gerados e alcançam a atmosfera em poluentes primários e secundários. Os poluentes primários são aqueles que ocorrem naturalmente na atmosfera ou são lançados diretamente de fontes de emissão, permanecendo na atmosfera na forma em que são emitidos. Os poluentes secundários são formados na atmosfera a partir de interações químicas entre os poluentes primários e constituintes normalmente encontrados na atmosfera.

As emissões fugitivas de gasolina na atmosfera contêm o poluente primário benzeno, podendo, por si só, causar danos à saúde humana e a animais. Quanto a outro químico de interesse, o ozônio troposférico, considerado poluente secundário, necessita de uma reação de formação a partir dos compostos orgânicos voláteis catalisada pela luz solar ultravioleta (UEDA, 2010).



Reação Global de Formação de ozônio troposférico.

Fonte: UEDA, 2010.

Negligenciar os efeitos dos contaminantes oriundos das emissões fugitivas apenas por se tratarem de fontes pequenas seria um erro primário, uma vez que somados todos os componentes que podem existir em uma base de distribuição, a contribuição para o total de emissões torna-se significativa.

Segundo Carvalho e França (2015, p. 6), “embora as emissões fugitivas em componentes de tubulação sejam individualmente pequenas, em conjunto são grandes e precisam ser controladas.”.

Martins (2004) afirma que de 40 a 60 % do total de emissões de COV na indústria são representados pelas emissões fugitivas.

De fato, Mattos (2000, p. 9), quando da análise de dados de emissões totais de seis refinarias (origem dos produtos derivados de petróleo movimentados em bases de distribuição), coloca:

É notável a maior participação das emissões fugitivas na composição das emissões totais da planta. Nesse caso, estão sendo chamadas de emissões fugitivas todas as emissões de VOC provenientes de equipamentos e componentes das redes de transferência de fluido, ou seja, bombas, compressores, válvulas, conexões, etc.

Ainda segundo Mattos (2000), existe forte tendência de que as emissões fugitivas superem as emissões de outras fontes quando analisados os mesmos dados de emissões totais citados acima. Portanto, levando-se tal fato em consideração, podemos supor que as emissões fugitivas podem contribuir mais para os efeitos à saúde do trabalhadores e meio ambiente do que as originadas de fontes conhecidas.

De acordo com a US-EPA (1975) as emissões fugitivas, pela sua própria natureza, ocorrem ao nível do solo e lá permanecem, onde o impacto nas pessoas trabalhando na área é maior.

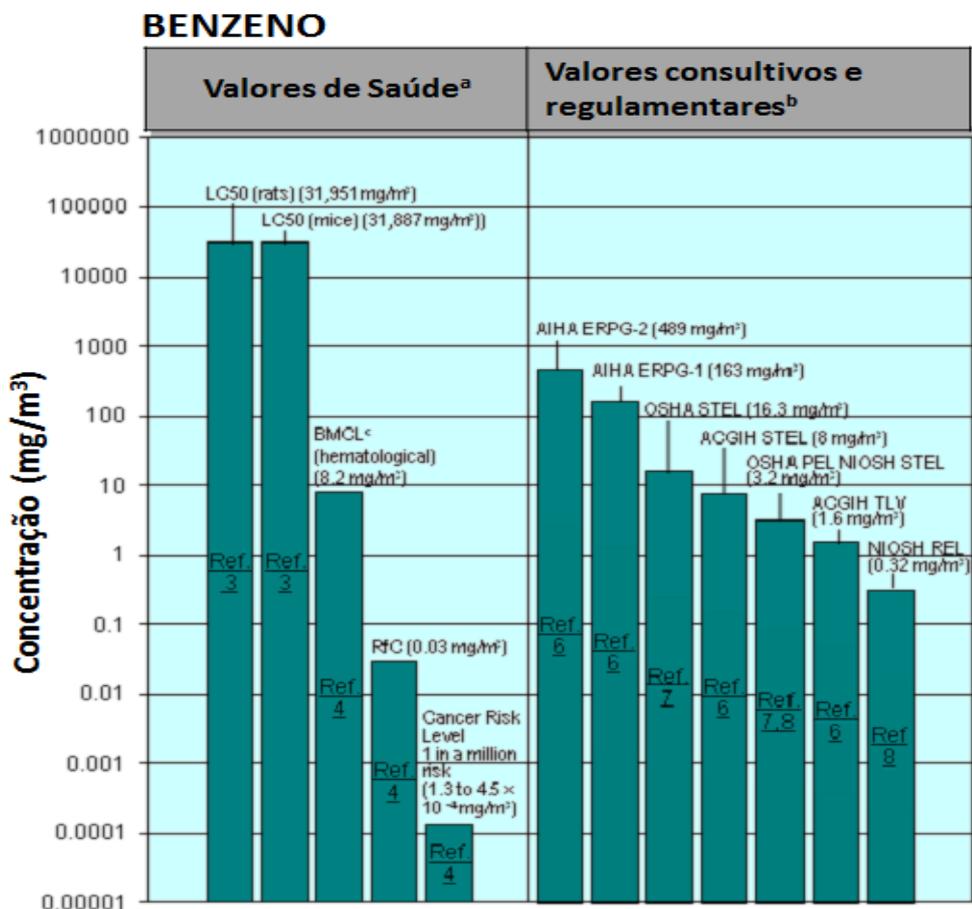
### 3.4.1 Benzeno

Segundo a ATSDR – *Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças* (EUA) o benzeno é um líquido incolor com odor adocicado e que evapora no ar muito rapidamente e dissolve-se ligeiramente em água. É altamente inflamável e é formado a partir de processos naturais e atividades humanas (ATSDR, 2011).

De acordo com a US-EPA (2012), o benzeno é encontrado no ar, proveniente de queima de carvão e óleo, postos de gasolina e escapamento de veículos. É ainda classificado como carcinogênico humano conhecido por todas as rotas de exposição.

Da mesma forma, a *Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer – IARC* (2012), classifica o benzeno como carcinogênico confirmado para humanos e em animais experimentais. Neste trabalho será considerada apenas a rota de exposição por inalação (apesar da possibilidade de contaminação dérmica), por tratar-se de exposição a emissões fugitivas.

**Gráfico 2.** Dados de saúde de exposição ao benzeno por inalação



Fonte: US-EPA, 2012

Notas:

<sup>a</sup> **Números de Saúde** são dados toxicológicos de testes em animais ou valores de avaliação de risco desenvolvidos pela US-EPA.

<sup>b</sup> **Números regulamentares** são valores que foram incorporados nos regulamentos governamentais, enquanto **Consultivos** são valores não-regulatórios fornecidos pelo governo ou outros grupos como conselhos. Valores “OSHA” são regulamentares, enquanto os valores NIOSH, ACGIH e AIHA são consultivos (portanto, não regulamentares).

*BMCL* (“benchmark concentration lower bound”): Limite de confiança inferior da concentração de referência, ou “benchmark”. COMO LEGENDA DO GRÁFICO 1 ?

*RfC* (“reference concentration”): concentração de exposição inalatória abaixo da qual os efeitos adversos para a saúde não deverão ocorrer.

Ref 3,4,6,7,8: efeitos, limites e instituições que estabelecem tais limites.

O gráfico acima demonstra a relação entre os níveis de exposição ao benzeno por inalação e os seus possíveis efeitos determinados por diferentes agências de vigilância à saúde nos EUA (US-EPA, 2012).

O Ministério do Trabalho – MTb (BRASIL) através da Norma Regulamentadora 15 (NR 15) define *Limite de Tolerância* (LT) como “a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.” (MTb, 2015, p. 1). Para agentes químicos, o MTb estabelece quadro com diversos valores LT na NR 15. Portanto, o Limite de Tolerância é um limite para exposição crônica do trabalhador a agentes nocivos.

No Brasil, a legislação para controle de exposição ocupacional ao benzeno é realizada pelo MTb, o qual, pela edição das Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho, determina que quando não houver Limite de Tolerância para um agente químico na legislação nacional, deve-se recorrer aos limites propostos pela ACGIH (Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais – EUA). A NR 15 não aponta Limite de Tolerância para o benzeno, mas apenas um Valor de Referência Tecnológico (VRT), definido como “concentração de benzeno no ar considerada exequível do ponto de vista técnico, definido em processo de negociação tripartite.” (MTb, 2015, p. 79). Importante informar que o VRT não exclui risco à saúde.

Portanto, enquanto a ACGIH estabelece 0,5 ppm (partes por milhão) como Limite de Tolerância para a exposição ocupacional ao benzeno no ar (NIOSH, 2011), a legislação brasileira (NR 15) nada determina como valor de exposição máximo do trabalhador, Esta limita-se a estabelecer o VRT pois entende haver risco à saúde de pessoas independentemente de haver LT em legislação estrangeira de referência, por tratar-se de carcinogênico confirmado (MTb, 2015).

O MTb publica, entretanto, metodologia de cálculo que contempla número de amostras ocupacionais no trabalhador e frequência de amostragem para o agente químico benzeno através da Instrução Normativa N.º 1 de 20 de Dezembro de 1995 (MTb,1995). Também determina a elaboração de um documento técnico denominado PPEOB (Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno) para empresas que possuam misturas contendo benzeno a partir de 1% (um por cento) em volume, valor não atingido em bases de distribuição de combustíveis pois a gasolina no Brasil não pode exceder tal valor segundo a Resolução ANP nº 684/2017 (ANP, 2017).

Mais recentemente, o MT adicionou o Anexo 2 à Norma Regulamentadora 9 (NR 9) – Exposição Ocupacional ao Benzeno em Postos Revendedores de Combustíveis, que estabelece regras de saúde e segurança para os trabalhadores dos chamados PRC – Postos Revendedores de Combustíveis, demonstrando a preocupação dos órgãos fiscalizadores quanto à presença do benzeno no ambiente laboral (MTb, 2016).

### 3.4.2 Ozônio

A US-EPA define ozônio troposférico como aquele não emitido diretamente no ar, mas como sendo o resultado de reações químicas entre óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis na presença de luz solar (US-EPA, 2017b).

Segundo a US-EPA em seu “Alerta de Fiscalização”, compostos orgânicos voláteis são aqueles que contribuem para o ozônio ao nível do solo, um dos principais componentes do *smog*, o qual pode causar significantes problemas de saúde e ambientais” (US-EPA, 1999b, p.1).

A NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica – EUA) define *smog* fotoquímico como “a poluição do ar contendo ozônio e outros compostos químicos reativos formados pela reação de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos na presença de luz solar” (NOAA, 2009).

Portanto, a formação de ozônio troposférico está também diretamente relacionada com as emissões fugitivas de compostos orgânicos voláteis, ocasionando poluição do ar ao nível do solo e consequentes efeitos em pessoas e meio ambiente.

O ozônio torna mais difícil e doloroso respirar profunda e vigorosamente, além de causar dor de garganta, inflamação e danos às vias aéreas, aumento dos ataques de asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (US-EPA, 2017c).

Quanto à vegetação, quando o ozônio penetra nas folhas de plantas sensíveis, ele pode reduzir a fotossíntese, diminuir a velocidade de crescimento da planta, além de aumentar o risco de doenças e ataques de insetos e o efeito de outros poluentes e os danos de clima severo (US-EPA, 2017d).

Tais efeitos à vegetação sensível traz consequências negativas para o ecossistema como perda de variedades de espécies (plantas, animais, insetos e peixes), mudanças nas espécies encontradas nas florestas, na qualidade do *habitat* das espécies e ciclo da água e nutrientes (US-EPA, 2017d).

Segundo Pimenta (2010), o ozônio pode causar em plantas sintomas agudos (morte celular, apresentados como manchas) e crônicos (aparecem em plantas sensíveis ao longo de dias e semanas - manchas, quedas ou senescência prematuras de folhas) impactando no crescimento da planta.

Em humanos, sintomas respiratórios são comuns, como tosse, dor torácica ventilatória dependente (dores no peito), falta de ar, sibilância (“chieira”) e produção de fleuma (muco). Esses sintomas aparecem mais frequentemente em crianças, principalmente asmáticas, e reduzem à medida que a idade aumenta (PIMENTA, 2010).

Para o ambiente laboral, há limite de exposição ao ozônio estabelecido pela NR 15 (0,08 ppm ou 0,16 mg/m<sup>3</sup>) (MTb, 2015). Além disso, foram observados limites de agências de vigilância à saúde do trabalhador nos EUA, a exemplo da própria ACGIH, NIOSH - Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional e OSHA - Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (estes dois últimos fixando como máximo o valor de 0,1 ppm ou 0,2 mg/m<sup>3</sup>) (OSHA, 2012).

**Quadro 2.** Efeitos da exposição de ozônio em função da concentração

Concentração (mg/m <sup>3</sup> )	Efeitos do Ozônio quando inalado
0,2	Lacrimejamento e irritação no trato respiratório superior.
0,2	Rinite, tosse, cefaléia, náuseas. Pessoas predispostas podem desenvolver asma.
4-10 (10 a 20 min)	Aumento progressivo de dispneia.
10 (60min)	Edema agudo de pulmão e ocasionalmente paralisia respiratória.
20	Morte dentro de 4 horas.
100	Morte em minutos.

**Fonte:** Associação Brasileira de Ozonioterapia, 2017

Importante salientar que o primeiro e segundo valores do Quadro 2 é justamente o Limite de Tolerância apontado por NIOSH e OSHA. Ao atingirmos o máximo aceitável pela legislação norte-americana, já percebemos efeitos deletérios nos indivíduos expostos. A legislação nacional, portanto, é mais conservativa em relação à saúde do trabalhador quanto à exposição ao ozônio.

### 3.5 Identificação, estimativa e medição das emissões fugitivas

Monitorar significa observar, acompanhar, medir. Monitorar é, segundo Mattos (2000), o acompanhamento periódico das emissões fugitivas de uma instalação ou equipamento. Prossegue Mattos (2000, p. 5), “algumas vezes, essas emissões podem ser visualmente detectadas, porém, na maioria das vezes, só são localizadas com auxílio de instrumentos de detecção.”

Monitorar as emissões fugitivas é parte de um processo maior para reduzi-las e que envolve estimativa ou medição das emissões e ações de manutenção ou engenharia para contê-las.

O Ministério do Trabalho – MTb (BRASIL), através da NR 20 determina especificamente que o empregador deve elaborar plano que contemple a identificação das emissões fugitivas em locais de atividade de trabalhadores nas plantas de processo e que tal plano deve ser parte de um prontuário da instalação. (MTb, 2012).

Podemos afirmar que existem duas formas de determinação das emissões fugitivas: a direta e a por estimativa. No método direto, utiliza-se de equipamento específico atendendo a método provado para medir as emissões nos componentes. No método por estimativa um protocolo conhecido e provado é utilizado de forma a estimar as emissões.

### 3.5.1 Método Por Leitura Direta

As emissões de vazamentos em equipamentos podem ser controladas pela implementação de um programa de detecção de vazamentos e reparo (LDAR – Detecção de Vazamentos e Reparo) ou modificando/repondo os equipamentos com vazamento por outros tipos de equipamentos com componentes à prova de vazamentos (US-EPA, 2007).

O LDAR é um programa de detecção e reparo de vazamentos conhecido internacionalmente que visa identificar vazamentos em equipamentos para que as emissões sejam reduzidas através de reparos. Um componente que estiver no programa LDAR deve ser monitorado em intervalos regulares para determinar se está vazando. Qualquer componente que apresentar vazamento deve ser reparado ou substituído (US-EPA, 2007).

O Apêndice D do Detecção de Vazamentos e Reparo – Guia de Melhores Práticas da US-EPA (2007) na condução de um programa de identificação, medição e reparo de emissões fugitivas apresenta o Método 21, o qual orienta quanto à execução de medições das emissões fugitivas utilizando-se de equipamento de leitura direta em válvulas, flanges e outras conexões, compressores, equipamentos de alívio de pressão, drenos de processo, dentre outros. A leitura no equipamento mostra a concentração emitida de poluente na superfície do componente de processo, indicando, caso ultrapasse valores previamente assumidos como máximos, a necessidade de manutenção no componente. O supracitado Guia de Melhores Práticas ainda apresenta o Método 22 – Determinação Visual de Emissões Fugitivas, o qual é um simples procedimento que usa o olho humano para determinar o tempo total que uma atividade industrial causa emissões visíveis.

### 3.5.2 Método Por Estimativa

As instalações de distribuição que não possuam equipamentos de leitura direta para quantificar as emissões fugitivas em seus componentes de processo podem valer-se de método por estimativa da norma ABNT-NBR 15724-4:2009.

Tal norma, baseada em valores médios obtidos na norma americana US-EPA-453/R-95-017 (1995), estabelece forma de cálculo através da adoção de fatores médios de emissão para cada tipo de componente existente na

instalação, obtendo-se como valor final a totalidade de emissões na planta de distribuição no período de um ano (ABNT, 2009).

Importante salientar que a norma US-EPA-453/R-95-017 (1995) orienta que os fatores de emissão médios se destinam a serem utilizados em um grupo de componentes e não somente em um componente isoladamente e durante um curto período de tempo (US-EPA, 1995).

Embora não tão precisos como os números obtidos através de leitura direta, o método por estimativa é um método com custo inferior ao método direto, uma vez que para utilizá-lo necessita-se apenas do levantamento do número de cada tipo de componente existente na instalação de distribuição.

Os valores estimados médios são direcionadores quanto às ações a serem tomadas pela instalação, uma vez que são obtidos os totais emitidos em cada componente ou grupos de componentes anualmente por setor da planta industrial.

Portanto, a obtenção de valores médios de emissão facilita a visualização das perdas e conseqüentemente permite direcionar os investimentos a serem realizados em manutenção preventiva para a redução das emissões.

### **3.6 Formas de redução da exposição às emissões fugitivas**

Conforme visto anteriormente, pode-se verificar se existe um vazamento ou emissão através de inspeção visual, por estimativa das emissões por componente ou por medição das emissões através de equipamento específico, sendo esta última forma a melhor maneira de quantificar as emissões.

Nos EUA, a legislação determina que as refinarias devem implantar o programa *LDAR* (CARVALHO E FRANÇA, 2015). No Brasil, a Resolução CONAMA 382/06 estabelece limites para a emissão de poluentes como óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, material particulado e outros em fontes fixas para processos de produção distintos, como por exemplo o de uma refinaria de petróleo. Define que os sistemas de exaustão das fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos deverão ser projetados e operados de modo a evitar as emissões fugitivas desde a fonte geradora até a chaminé (CONAMA, 2006).

No Brasil, o Ministério do Trabalho – MTb (MTb, 2012, p. 4), através da NR 20 determina especificamente que:

No processo de transferência de inflamáveis e líquidos combustíveis, deve-se implementar medidas de controle operacional e/ou de engenharia das emissões fugitivas, emanadas durante a carga e descarga de tanques fixos e de veículos transportadores, para a eliminação ou minimização dessas emissões.

Além disso, o MTb impõe ações às instalações para minimização dos riscos, de acordo com a sua viabilidade técnica.

Embora para a redução da exposição dos trabalhadores possam ser adotadas medidas de engenharia, como o enclausuramento das fontes, ou administrativas, através da adoção de procedimentos ou até alternando o trabalhador no seu posto de trabalho de modo que este tenha o menor contato possível com a atmosfera laboral ou ainda, como último recurso, estabelecer a utilização de EPI's – Equipamentos de Proteção Individual (máscaras contra vapores orgânicos), não há garantias, segundo o MTb, de que o trabalhador não será afetado, uma vez que Limite de Tolerância, no caso específico do benzeno, não se trata de limite seguro (MTb, 2015).

Além disso, tais ações, não caracterizadas como de engenharia, (não contém o contaminante), não protegem a todos pois não impedem a propagação do agente até os receptores. Existe ainda a possibilidade de a empresa verificar a inviabilidade técnica de implantação das medidas de engenharia, devendo-se valer então de ações não caracterizadas como de engenharia ou controle (MTb, 2016)

A US-EPA, através da AP-42 (US-EPA, 1995) afirma que, normalmente, o controle de emissões fugitivas envolve a minimização de vazamentos através de substituição de equipamentos, mudança de procedimentos e a implementação de monitoramento, limpeza e organização e práticas de manutenção. Além disso, estabelece fatores de emissão para cada tipo de operação e componentes definidos como emissores de COV's fugitivos e cita tecnologias de controle aplicáveis a cada operação considerada.

Portanto, acredita-se que somente a implantação de planos de controle e ação sobre as emissões, a exemplo do *LDAR* desenvolvido pela US-EPA e utilizado internacionalmente, pode atender a dispositivos legais cada vez mais restritivos e tornarem-se efetivos na preservação de pessoas e meio ambiente, por reduzir e até impedir a emissão dos poluentes e posterior contaminação de todos os possíveis receptores, intra e extramuros das instalações industriais.

### 3.6.1 Planos de Controle e Ações

Normalmente a redução da exposição de trabalhadores e meio ambiente aos efeitos de emissões provenientes dos processos de produção pode ser realizada através da adoção de medidas que visem à mitigação ou eliminação das emissões (medidas de engenharia e controle) ou de medidas administrativas e até a utilização de EPI's, conforme a hierarquia estabelecida na NR 9 (MTb, 2016).

No entanto, sempre que após análise da empresa a adoção de medidas de engenharia tornarem-se inviáveis tecnicamente, a implementação de um programa provado eficaz para identificação e reparo de vazamentos pode ser

adotado, a exemplo do LDAR desenvolvido pela US-EPA (2007), hoje utilizado mundialmente.

Segundo Pereira (2015, p. 5) em seu “Manual de Detecção, Controle e Reparo de Emissões Fugitivas em Refinarias de Petróleo”:

Os efeitos maléficos dos vazamentos e emissões sobre o meio ambiente e à saúde das pessoas aponta para a necessidade de melhorar a vedação dos equipamentos e tubulações, particularmente de válvulas.

Assim, como exemplo de plano de controle, podemos citar o LDAR estabelecido pela US-EPA aplicável às válvulas de processo e executado após o levantamento inicial das emissões (PEREIRA, 2015, p. 5):

Para vazamentos acima de 250 ppm:

- a) Ação de reparos em 5 dias corridos;
- b) Incluir a válvula em um plano de manutenção preventiva ou substituindo a válvula por outra com certificado de baixa emissão ou usando trocando o sistema de engaxetamento por outro com certificado de baixa emissão;
- c) Monitorar a válvula mensalmente.

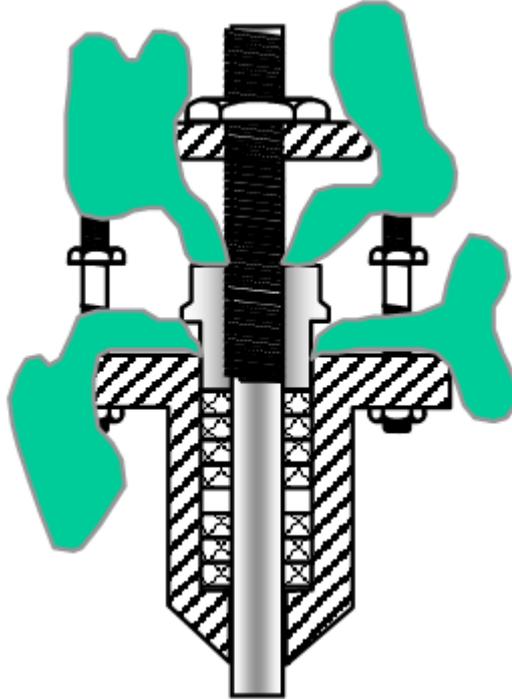
Para vazamentos entre 100 ppm e 250 ppm:

- a) Atuar no preme-gaxeta na tentativa de reduzir para abaixo de 100ppm;
- b) Incluir a válvula em um plano de manutenção preventiva ou substituindo a válvula por outra com certificado de baixa emissão ou usando trocando o sistema de engaxetamento por outro com certificado de baixa emissão;
- c) Monitorar a válvula mensalmente.

Para vazamentos abaixo de 100 ppm:

- a) Após dois anos consecutivos com desempenho de vazamento inferior a 100 ppm passar a monitoramento para anual.

Figura 2. Esquema do vazamento em haste de válvulas



Fonte: Pereira, 2015

## 4 CONCLUSÃO

A presente pesquisa relacionou a ocorrência de emissões fugitivas em unidades de distribuição de combustíveis com os efeitos deletérios de tais emissões na saúde de trabalhadores e meio ambiente de trabalho e natural.

A identificação das fontes de emissões e seus limites, valores máximos para exposição de trabalhadores e tecnologias disponíveis para minimização de emissões permitiu conhecer medidas que possibilitam a mitigação das emissões e conseqüente redução dos seus efeitos.

Os efeitos do benzeno e do ozônio troposférico no organismo humano e de animais foram demonstrados por vários autores. Nos organismos expostos manifestam-se geralmente de maneira crônica, o que muitas vezes dificulta o estabelecimento de ações para a redução da exposição. Constatou-se que a melhor forma de evitar seus efeitos ao longo do tempo é evitar que tais agentes sejam lançados ao ambiente.

As emissões fugitivas, embora aparentemente irrelevantes unitariamente, passam a ter significância ocupacional, ambiental e econômica ao considerarmos todos os componentes de um sistema, conjuntamente.

Vários autores apontam para a necessidade do estabelecimento de ações para minimizar os efeitos e até reduzir tais emissões, como a implantação de medidas de engenharia, administrativas ou o uso de EPI's. Verificou-se, no entanto que medidas de engenharia do tipo enclausuramento da fonte apenas evitam a propagação das emissões após sua fuga e o uso de EPI's não impedem que o contaminante atinja os receptores, apenas servindo para evitar efeitos deletérios nos trabalhadores sem, contudo evitar efeitos prejudiciais ao meio ambiente.

Apenas ações preventivas podem evitar o envio de contaminantes ao ar, sendo os Planos de Controle associados à manutenção de componentes dos sistemas operacionais, a melhor opção para a redução das emissões.

A utilização de normas como a AP-42 (US-EPA) e limites constantes em manuais da US-EPA (EUA) são bons direcionadores para os Planos de Controle. Embora o estabelecimento de concentrações máximas para emissões nas normas acima contribua para a redução das mesmas, pois direcionam as ações de prevenção, não se pode afirmar que se trata de reduções para limites seguros, pois, pelo menos no caso do benzeno, constatou-se não haver limite seguro de sua concentração no ar.

Não foram encontrados documentos técnicos na legislação brasileira que tratem de forma exclusiva das emissões fugitivas do ponto de vista dos limites a serem seguidos. Apenas a Resolução CONAMA 382/06 apresenta valores de emissões de processos como um todo, e, mesmo assim, de forma limitada quanto ao número de processos contemplados. Ponto positivo é a existência de protocolo de cálculo para as emissões constante em norma ABNT.

Do ponto de vista da saúde do trabalhador e do meio ambiente, trata-se de lacuna que deve ser rapidamente preenchida, visto serem as emissões fugitivas, para além das perdas econômicas, bastante significativas tanto do ponto de vista ocupacional como ambiental.

---

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2016**. Rio de Janeiro, 2016a.

Disponível em:

<[http://www.anp.gov.br/WWWANP/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/WWWANP/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)> Acesso em: 8 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Combustíveis Líquidos**. Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-e-derivados2/combustiveis>> Acesso em: 8 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Resolução ANP Nº 684, de 29.6.2017**. Rio de Janeiro, 2017.

Disponível em:

<<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>> Acesso em: 8 ago. 2017.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **BENZENE**. EUA, 2011. Disponível em:

<<https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=14>> Acesso em: 3 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15724-4**:

Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis: bases e terminais de distribuição de combustíveis: métodos de avaliação quantitativa de emissões de compostos orgânicos voláteis no armazenamento e movimentação de produtos: emissões fugitivas. Rio de Janeiro, p. 3. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE OZONIOTERAPIA. **A Ozonioterapia**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.aboz.org.br/ozonioterapia/>> Acesso em: 10 ago. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 382**, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília, 2006. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, 1981. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/leis/L6938compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L6938compilada.htm). Acesso em: 9 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Instrução Normativa nº 1**, de 20 de dezembro de 1995. Avaliação das concentrações de benzeno em ambientes de trabalho. Brasília, 1995. Disponível em:  
<[http://acesso.mte.gov.br/data/files/FF8080812BD96D6A012BDA74DD71230F/in\\_19951220\\_01.pdf](http://acesso.mte.gov.br/data/files/FF8080812BD96D6A012BDA74DD71230F/in_19951220_01.pdf)>. Acesso em: 6 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **NR 15** – Atividades e Operações Insalubres. Brasília, 2015. Disponível em:  
<<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR-15.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **NR 9** – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília, Ministério do Trabalho, 2016. Disponível em: <  
<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **NR 20** – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. Brasília, Ministério do Trabalho, 2012. Disponível em: <  
<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

CARVALHO, Adriana Vidal França de. **Controle de Emissões Fugitivas de Compostos Orgânicos Voláteis em Componentes de Linhas de Processo de Refinarias de Petróleo**. Niterói: Universidade Federal Fluminense – Departamento de Engenharia de Produção, 2016. Disponível em:  
<<http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/2800/1/Dissert%20Adriana%20Vidal%20Fran%C3%A7a%20de%20Carvalho.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2017.

CARVALHO, Adriana; FRANÇA, Sérgio. **Controle de Emissões Fugitivas de Compostos Orgânicos Voláteis em Componentes de Linhas de Processo**. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <  
[http://www.inovarse.org/sites/default/files/T\\_15\\_524.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_524.pdf)>. Acesso em: 1 ago. 2017.

CENTER FOR DISEASE CONTROL. NIOSH. **BENZENE : Systemic Agent**. EUA, 2011. Disponível em:

---

<[https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard\\_29750032.html](https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750032.html)>  
Acesso em: 31 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. NIOSH. **Pocket Guide to Chemical Hazards, Ozone**. EUA, 2016.  
Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0476.html>> Acesso em:  
31 jul. 2017.

COSTA, Letícia Gozzer; DAMASCENO, Marcos Vinícius Nogueira; SANTOS, Roberta de Souza. **A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 105, out 2012. Disponível em: <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=12292](http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=12292)>. Acesso em: 9 ago 2017.

EUROPEAN SEALING ASSOCIATION. **Sealing Technology – BAT guidance notes**. França, 2009. N. 14/09. Disponível em:  
<[http://europeansealing.com/uploads/resources/publications/ESA-Sealing-BAT-014\\_09\\_ENG\\_rev1.pdf](http://europeansealing.com/uploads/resources/publications/ESA-Sealing-BAT-014_09_ENG_rev1.pdf)>. Acesso em: 2 ago. 2017.

FIGUEIREDO, Renata. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPEAD, 2006. Disponível em: <[http://www.coppead.ufrj.br/pt-br/upload/publicacoes/ArtLog\\_MAI\\_2006.pdf](http://www.coppead.ufrj.br/pt-br/upload/publicacoes/ArtLog_MAI_2006.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Chemical Agents and Related Occupations – A Review of Humans Carcinogens**. França, 2012. vol. 100F. Disponível em:  
<<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

MARTINS, Dirceu de Oliveira. **Estudo do Controle de Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis em Tanques de Armazenamento de Produtos Químicos**. Salvador: Universidade Federal da Bahia – Departamento de Engenharia Ambiental, 2004. Disponível em:  
<[http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_dirceu\\_de\\_o\\_martins.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_dirceu_de_o_martins.pdf)> Acesso em: 7 ago. 2017.

MATTOS, Mauro Vieira de. **Controle de Emissões Fugitivas em válvulas e bombas**. Salvador: Universidade Federal da Bahia – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2000. Disponível em:

---

<[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/monografias/mono\\_mauro\\_v\\_de\\_mattos.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_mauro_v_de_mattos.pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2017.

MELGAÇO, Cássia Maria Melo da Silva; ALVIM, Dower Rios Freitas. **O Poder Legislativo e a Agenda 21**. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas - Instituto de Educação Continuada, 2008. Disponível em: <[https://www.almg.gov.br/export/sites/default/educacao/sobre\\_escola/banco\\_cornhecimento/arquivos/pdf/poder\\_legislativo\\_agenda21.pdf](https://www.almg.gov.br/export/sites/default/educacao/sobre_escola/banco_cornhecimento/arquivos/pdf/poder_legislativo_agenda21.pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2017.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **National Weather Service Glossary**. EUA, 2009. Disponível em: <<http://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=p>> Acesso em: 8 ago. 2017.

NETTO, Fabiola Dayane et al. **Formação de Ozônio Troposférico: Uma Revisão da Literatura**. XXV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, 2017. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/formao-de-oznio-troposfrico-uma-revisao-da-literatura-26558>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Ozone, Exposure Limits and Health Effects**. EUA, 2012. Disponível em: <[https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_259300.html](https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_259300.html)>. Acesso em: 31 jul. 2017

PEREIRA, João Bosco Santini. **Manual de Detecção, Controle e Reparo de Emissões Fugitivas em Refinarias de Petróleo**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.petroblog.com.br/wp-content/uploads/Manual-de-controle-das-emiss%C3%B5es-fugitivas1.pdf>>. Acesso em 4 ago. 2017.

PIMENTA, Mariana Antunes. **Ozônio Troposférico – Os Efeitos na Saúde e no Meio Ambiente e Diretrizes para a Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia da UFMG, 2010. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9AYH93/monografia\\_mariana\\_antunes\\_pimenta.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9AYH93/monografia_mariana_antunes_pimenta.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 29 jan. 2018.

SANTOS, Eliezer. Emissões fugitivas: condutas que resultam em ganho ambiental, segurança e redução de custos. **TN Petróleo**, Brasil, n.61, p.196-

199, 2009. Disponível em:

<[http://www.clean.com.br/Menu\\_Imprensa/Emissoes\\_Fugitivas.pdf](http://www.clean.com.br/Menu_Imprensa/Emissoes_Fugitivas.pdf)> Acesso em: 5 ago. 2017.

SOUZA, Ângela Martins de. **Estudo de emissões de vapores orgânicos no carregamento de gasolina em caminhões-tanque**. Salvador: Universidade Federal da Bahia - Departamento de Engenharia Ambiental, 2004. Disponível em:

<[http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_angela\\_m\\_de\\_souza.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_angela_m_de_souza.pdf)>. Acesso em: 2 ago. 2017.

UEDA, Ana Cláudia. **Estudo de Compostos Orgânicos Voláteis na Atmosfera da Região Metropolitana de Campinas**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Química, 2010. Disponível em: <<http://reposit.unicamp.br/handle/REPOSIP/266929>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 5: Petroleum Industry**. EUA, 1995. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/index.html>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **BENZENE**. EUA, 2012. Disponível em:

<<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/benzene.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Enforcement Alert: Proper Monitoring Essential to Reducing 'Fugitive Emissions' Under Leak Detection and Repair Programs**. EUA, 1999b. v. 2, n. 9, p. 1. Disponível em:

<<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/500003SW.PDF?Dockkey=500003SW.PDF>> Acesso em: 4 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Fugitive Emissions and Fugitive Dust Emissions**. EUA, 1975.

Disponível em:

<<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91005WNB.PDF?Dockkey=91005WNB.PDF>> Acesso em: 30 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Archive Document**. EUA, p. 2, 2005. Disponível em: <

<https://archive.epa.gov/airquality/community/web/pdf/glossary.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Basic Information about Ozone.** EUA, 2017b. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ozone-pollution/basic-information-about-ozone>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Ecosystem Effects of Ozone Pollution.** EUA, 2017d. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ozone-pollution/ecosystem-effects-ozone-pollution>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Health Effects of Ozone Pollution.** EUA, 2017c. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ozone-pollution/health-effects-ozone-pollution>> Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Leak Detection and Repair – A Best Practice Guide.** EUA, 2007. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/201402/documents/ldarguide.pdf>>. Acesso em 31 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Memorandum: Interpretation of the Definition of Fugitive Emissions in Parts 70 and 71.** EUA, 1999a, p.1. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/fug-def.pdf>>. Acesso em 31 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Method 22 – Visual Determination of Fugitive Emissions.** EUA, 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/emc/method-22-visual-determination-fugitive-emissions>> Acesso em 31 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP).** EUA, 2017a. Disponível em: <<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9>> Acesso em 31 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Protocol for Equipment Leak Emission Estimates.** EUA, 1995. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnchie1/efdocs/equiplks.pdf>> Acesso em 31 jul. 2017.

U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE. **Electronic Code of Federal Regulations – Definitions.** EUA, 2017a. Tit. 40. § 70.2. Disponível em:

---

<[https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=715e09f71747eae11343e455ab24efdd&mc=true&node=se40.17.70\\_12&rgn=div8](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=715e09f71747eae11343e455ab24efdd&mc=true&node=se40.17.70_12&rgn=div8)> Acesso em: 8 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. **Electronic Code of Federal Regulations – National Emission Standard for Equipment Leaks (Fugitive Emission Sources)**. EUA, 2017b. Tit. 40. § 61.V. Disponível em: <[https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=5f686c9c1f650f48531127c196e53af8&mc=true&n=sp40.10.61.v&r=SUBPART&ty=HTML#se40.10.61\\_1242\\_68](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=5f686c9c1f650f48531127c196e53af8&mc=true&n=sp40.10.61.v&r=SUBPART&ty=HTML#se40.10.61_1242_68)> Acesso em: 8 ago. 2017.