

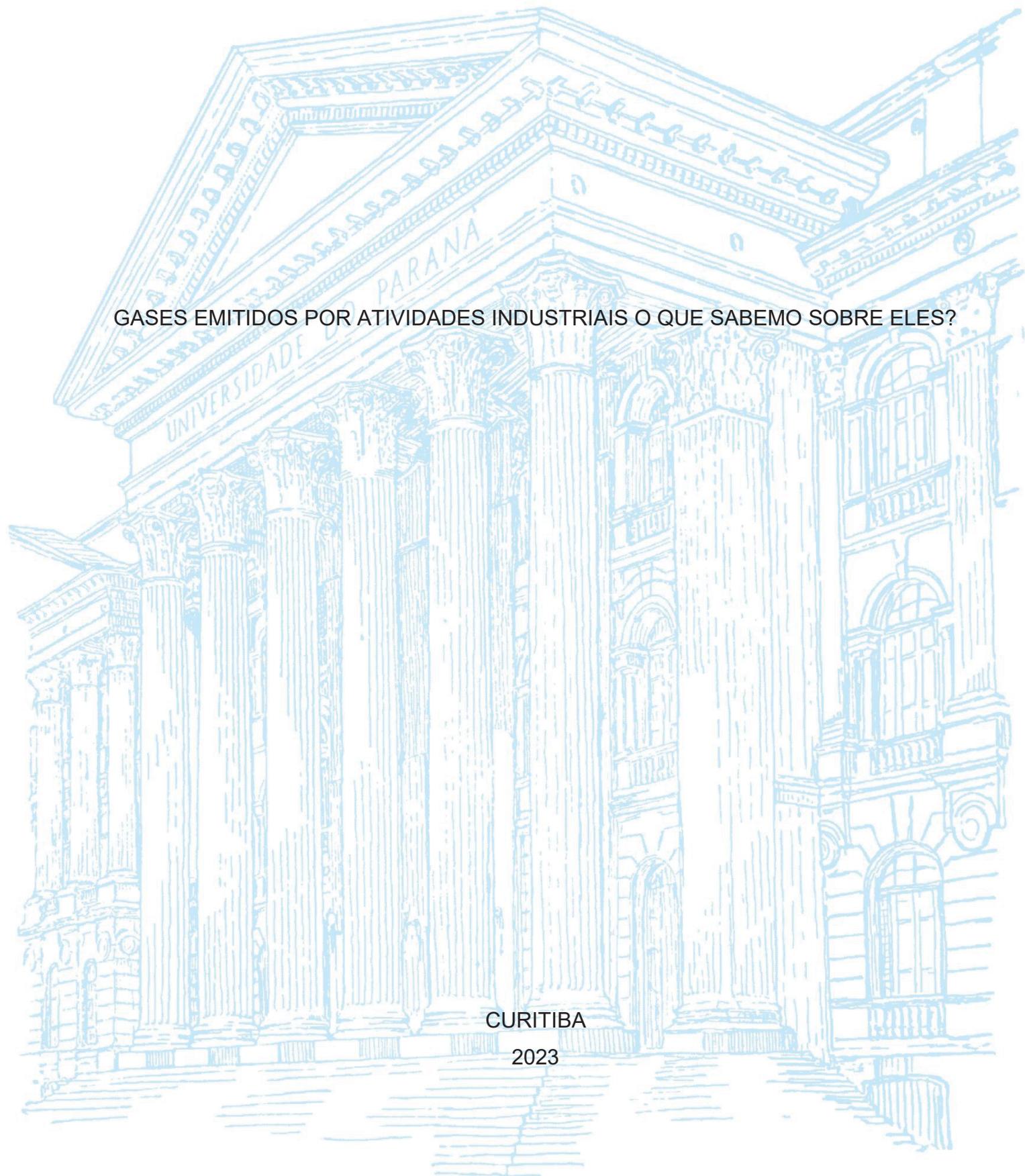
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS POPOLIN

GASES EMITIDOS POR ATIVIDADES INDUSTRIAIS O QUE SABEMO SOBRE ELES?

CURITIBA

2023



VINICIUS POPOLIN

GASES EMITIDOS POR ATIVIDADES INDUSTRIAIS O QUE SABEMO SOBRE ELES?

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão de  
MBA Gestão Ambiental, Setor de Programa de Educação  
Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Malheiros

CURITIBA

2023

# ARTIGO - GASES EMITIDOS POR ATIVIDADES INDUSTRIAIS O QUE SABEMO SOBRE ELES?<sup>1</sup>

VINICIUS POPOLIN  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

## Resumo

O presente trabalho aborda o problema dos gases odoríferos gerados em processos industriais e seus impactos no meio ambiente e na saúde humana. O objetivo geral é investigar as características, as fontes, os efeitos e os métodos de medição dos gases odoríferos, bem como as leis e regulamentos relacionados ao controle das emissões. Os objetivos específicos são como: identificar os principais gases odoríferos; avaliar sua toxicidade e as concentrações nas quais se tornam nocivos; revisar os métodos existentes para medir gases odoríferos, incluindo unidades de odor e métodos analíticos; e discutir as normas técnicas e legais nacionais e internacionais sobre o assunto. Para tanto, a metodologia utilizada é a revisão de literatura, baseada em pesquisas consolidadas sobre o tema. As conclusões apontam para a necessidade de desenvolver normas técnicas e legais que definam limites de concentração de odor, métodos de medição e procedimentos de gestão dos odores, bem como a urgência de se adotar medidas para prevenir, tratar e monitorar as emissões de gases odoríferos nos processos produtivos, buscando minimizar os impactos negativos sobre a saúde e o bem-estar da população e do ecossistema.

**Palavras-chave:** Gases odoríferos industriais; Medição de gases; Monitoramento de gases; Legislação.

## Abstract

This paper addresses the problem of odorous gases generated in industrial processes and their impacts on the environment and human health. The primary objective is to investigate the characteristics, sources, effects, and measurement methods of odorous gases, as well as the laws and regulations related to emission control. The specific objectives include: identifying the main odorous gases; evaluating their toxicity and the concentrations at which they become harmful; reviewing existing methods for measuring odorous gases, including odor units and analytical methods; and discussing national and international technical and legal standards on the subject. To achieve these objectives, a literature review methodology is mobilized, based on consolidated research on the topic. The conclusions highlight the need to develop technical and legal standards that define odor concentration limits, measurement methods, and odor management procedures. It also emphasizes the urgency of adopting measures to prevent, treat, and monitor emissions of odorous gases in production processes, aiming to minimize negative impacts on the health and well-being of the population and the ecosystem.

**Keywords:** Industrial Odorous Gases; Gas Measurement; Gas Monitoring; Legislation.

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias. Orientador: Prof. Dr. André Malheiros.

## 1 Introdução

Os odores desagradáveis provenientes de processos industriais implicam em uma problemática ambiental relevante, uma vez que afetam não apenas o bem-estar das comunidades vizinhas das indústrias, mas também a saúde e o conforto dos trabalhadores envolvidos. Embora os odores desagradáveis sejam subjetivos, suas consequências podem ser objetivamente avaliadas em termos de sua composição química, intensidade e efeitos sobre o ambiente e a saúde humana. Portanto, é fundamental investigar as fontes e características dos gases geradores de odor em processos industriais, a fim de compreender seus efeitos e desenvolver estratégias eficazes de controle e mitigação (NI, 2021; BRUGAH, 2014; GUIDOTTI, 2015; PALMIOTO, 2018; HANG, 2018). À vista do observado por Perazzoli (2022), entende-se que o odor é um tipo de poluente que precisa ser avaliado por vários aspectos, como a Frequência, a Intensidade, a Duração, a Ofensividade e a Localização (FIDOL).

Existem diversas metodologias de avaliação de odor, como: Monitoramento Analítico Ambiental; Olfatometria de Campo; Olfatometria Dinâmica; Pesquisas de Percepção; Modelagem de Dispersão Atmosférica, entre outras. A relação entre a unidade odorífera e a concentração da substância depende do tipo de substância e do odor que ela produz, de modo que a sensibilidade ao odor depende da concentração química da substância. Por exemplo, para sentir o éter etílico, é necessária uma concentração de 5,8 mg/litro mas para o metil mercaptano bastam apenas 0,5 ng/litro.

Outros exemplos significativos são: o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) é um gás incolor e inflamável que tem um odor característico de ovos podres. A concentração letal de  $H_2S$  é de cerca de 1000 ppm (partes por milhão) e pode ser detectada pelo olfato em concentrações tão baixas quanto 0,5 ppm; o metano ( $CH_4$ ) é um gás incolor e que é altamente inflamável. A concentração letal de  $CH_4$  é de cerca de 50.000 ppm e pode ser detectada pelo olfato em concentrações tão baixas quanto 1 ppm; o amoníaco ( $NH_3$ ) é um gás incolor com um odor pungente e irritante. A concentração letal de  $NH_3$  é de cerca de 500 ppm e pode ser detectada pelo olfato em concentrações tão baixas quanto 5 ppm; e o metilmercaptano ( $CH_3SH$ ), que é um gás incolor com um forte odor semelhante ao enxofre. A concentração letal de  $CH_3SH$  é desconhecida, mas pode ser detectada pelo olfato em concentrações tão baixas quanto 0,001 ppm (CHOU, 2003; YOUSUF, 2012; WYER, 2022; KWAK, 2019).

Medir o odor é diferente de medir gases porque o odor é uma sensação que resulta da recepção de estímulos do sistema nervoso e olfativo, enquanto a medição de gases é a detecção de substâncias químicas específicas presentes no ar. A percepção do odor pelos seres humanos depende de diversos fatores, como intensidade e frequência, e cada organismo percebe o odor de uma maneira diferente, tornando difícil a sua mensuração. Por outro lado, a medição de gases pode ser feita com instrumentos específicos que detectam a presença e concentração de determinados gases no ar. Além disso, existem muitas maneiras diferentes de medição de odores, dependendo do odor, fonte, orçamento disponível e a finalidade da medição.

Considerando o desafio legislativo (PEREIRA, 2021; NABESHIMA, 2019) inerente este assunto, é essencial que pesquisadores investiguem as problemáticas provocadas pelos gases odoríferos, ancorando-se em pesquisas consolidadas sobre o tema, a fim de lançar luz sobre os impactos e os desafios, apresentando soluções para a prevenção, o tratamento e o monitoramento. Com o presente trabalho, almeja-se contribuir com o arcabouço teórico, oferecendo reflexões para o avanço do debate sobre o tema.

O objetivo geral é investigar o problema dos gases odoríferos em processos industriais e seu impacto no meio ambiente e na saúde humana. A partir disso, desdobram-se os objetivos específicos: identificar os principais gases odoríferos gerados em processos industriais; investigar as fontes e características desses gases; avaliar os efeitos desses gases no meio ambiente e na saúde humana, incluindo sua toxicidade e as concentrações nas quais se tornam prejudiciais; revisar os métodos existentes para medir gases odoríferos, incluindo unidades de odor e métodos analíticos; e discutir leis e regulamentos com relevância nacional e internacional relacionados ao controle das emissões de gases odoríferos.

## **2 Gases odoríferos em processos industriais**

Os gases odoríferos são aqueles que emitem cheiro desagradável, como o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), o metano ( $CH_4$ ), a amônia ( $NH_3$ ) e o metilmercaptano ( $CH_3SH$ ). Esses gases podem ser produzidos por processos industriais, como a refinação de petróleo, a produção de papel e celulose, a fabricação de fertilizantes e a decomposição de resíduos orgânicos. Sabe-se que os gases odoríferos podem causar diversos impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Entre os principais impactos estão a poluição do ar, ou seja, os gases odoríferos podem contribuir para a formação de chuva ácida, smog e ozônio troposférico, que afetam a qualidade do ar e prejudicam a vegetação, os animais e as construções.

O efeito estufa é outra consequência, haja vista que alguns gases odoríferos, como o metano e o gás sulfídrico, são potentes gases de efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Ademais, esses gases são prejudiciais à saúde humana, uma vez que eles podem causar irritação nos olhos, nariz, garganta e pulmões, além de dores de cabeça, náuseas, vômitos e tonturas. Em altas concentrações, podem provocar asfixia, perda de consciência, convulsões e até morte (ROSSATI, 2020).

## 2.1 Métodos e aplicações

Brancher e Lisboa (2014) investigaram o problema dos odores desagradáveis emitidos pelas indústrias, que são uma das principais fontes de insatisfação da população com a qualidade do ar junto aos órgãos ambientais. Esse problema é cada vez mais frequente, principalmente em países com alto grau de industrialização. Para lançar luz sobre essa problemática, os autores realizaram um estudo de caso para medir as emissões odorantes de um biofiltro aberto, cujo objetivo é tratar os gases produzidos na estação de tratamento de águas residuárias de uma indústria têxtil.

A amostragem foi feita no duto de entrada do biofiltro, ancorando-se na amostragem direta e na superfície emissora (saída) com o uso de uma campânula. A seguir, guardou-se as amostras em sacos plásticos de fluoreto de polivinila, que foram transportados para o laboratório, onde a concentração odorante (em UO/m<sup>3</sup>) foi calculada por olfatomia de diluição dinâmica (EN 13725:2003). Desse modo, a vazão volumétrica (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) do efluente gasoso no duto de entrada do biofiltro foi medida de acordo com as normas da ABNT e, assim, determinada a taxa de emissão odorante (em UO/h<sup>1</sup>) (BRANCHER; LISBOA, 2014).

Brancher e Lisboa (2014) avaliaram a eficiência de um biofiltro para remover odores de uma estação de tratamento de esgoto, atendendo à legislação ambiental. Malheiros *et al.* (2014) estudaram o impacto da poluição atmosférica por odores em um complexo industrial de alimentos, usando quatro metodologias diferentes e propondo uma análise integrada dos resultados. O olfatômetro de campo foi recomendado como uma técnica de monitoramento do odor.

Perazzoli (2022) propõe uma estratégia de avaliação de impacto de odor para o Brasil, baseada em uma análise de metodologias técnicas e legislações internacionais e nacionais. O objetivo é estabelecer critérios quantitativos e um protocolo de avaliação que considerem os fatores FIDOL: Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização do odor. Para isso, a autora revisitou métodos de Olfatomia de Diluição Dinâmica, Olfatomia de Campo,

Modelagem de Dispersão atmosférica e inspeções de campo, bem como as abordagens regulatórias de Padrão de Máximo Impacto, Padrão de Distâncias Mínimas de Separação, Padrão de Máxima Emissão, Padrão de Máximo Incômodo e Padrão de Tecnologia de Controle. Constatou-se que a abordagem mais adotada internacionalmente é o Padrão de Máximo Impacto, usando um Critério de Impacto de Odor composto por um valor de concentração, um valor de percentil e um valor de fator pico-média. À luz de 15 trabalhos técnicos realizados no Brasil, verificou-se que os métodos mais frequentes foram a Olfatometria Dinâmica, a Modelagem de Dispersão e a Olfatometria de Campo.

O trabalho de Perazzoli (2022) também apresenta uma ferramenta de baixo custo e versátil para avaliar o impacto de odores no ambiente, chamada olfatometria de campo (OC). A ferramenta pode ser utilizada para monitorar, fiscalizar e estudar as atividades odoríferas. Perazzoli (2022) sugere uma estratégia multi-ferramenta para avaliar o odor, composta por três categorias: preditiva; observacional/empírica e mitigação; e controle. Além disso, propõe-se critérios de avaliação de impacto baseados na abordagem de Padrão de Máximo Impacto (PMIm), compatíveis com as metodologias OC, olfatometriadinâmica (ODD) e modelagem de dispersão de odor (MD). Os critérios são distintos para dois tipos de área (residencial/comercial e agrícola/industrial) e se aplicam apenas a odores ofensivos. Perazzoli (2022) inclui um critério de distância mínima de separação (PDMS) e um critério de tecnologia de controle (PTC) para fontes fugitivas de odor. A autora propõe uma regulamentação legal para o Brasil baseada em critérios de impacto e em um protocolo de boas práticas operacionais e sistemas de controle, a fim de prevenir e resolver conflitos entre as fontes emissoras de odor e as comunidades afetadas, com o objetivo de alcançar a harmonia na convivência cotidiana.

Outro desafio, de acordo com Perazzoli *et al.* (2019), é o problema dos odores gerados pelas estações de tratamento de esgoto (ETEs) - uma questão ambiental e social que afeta a qualidade de vida das populações vizinhas. Para avaliar a extensão da área impactada pelos odores, é necessário utilizar métodos que considerem as características das fontes emissoras, as condições meteorológicas e a percepção dos receptores. À vista disso, Perazzoli *et al.* (2019) propõem uma técnica que integra quatro metodologias: medição de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), olfatometria, modelagem de dispersão atmosférica e calibração das taxas de emissão.

Malheiros *et al.* (2018) investigam a olfatometria de campo como uma ferramenta de avaliação de impacto ambiental relacionado ao odor, aplicada em um estudo de caso de uma indústria no Paraná. A partir do observado, Malheiros *et al.* (2018) destacam a limitação da legislação ambiental brasileira, que não define um método específico para o monitoramento e a avaliação do

odor. Sugere-se que a olfatometria de campo seja adotada pelos órgãos ambientais como um método confiável e internacionalmente reconhecido para esse fim, recomendando o uso dos Níveis de Avaliação de Odor, baseados em critérios internacionais, para classificar o impacto do odor em três faixas: Desejável, Tolerável e Incômodo.

Schraier *et al.*, (2019) avaliaram e classificaram as fontes de emissão de odor em uma fábrica de processamento animal, localizada próxima a uma área residencial, usando métodos quantitativos e qualitativos. Para isso, foram realizadas medições de olfatometria de campo nos receptores e olfatometria dinâmica nas fontes, além de modelagem de dispersão atmosférica usando o modelo AERMOD. Os resultados elencados por Schraier *et al.*, (2019) mostram que o biofiltro apresentava baixa eficiência e variação nas características do gás tratado, devido ao design e operação incorretos. O estudo sugere medidas de controle e mitigação para melhorar o desempenho do biofiltro e reduzir as emissões fugitivas, tais como: implementação de um sistema eficiente de exaustão e coleta de gás; análise custo-benefício da fase pré-tratamento antes do biofiltro; homogeneização do fluxo dos processamentos suíno e avícola; avaliação da necessidade e aplicabilidade de um pré-umidificador antes do biofiltro; melhoria da distribuição de gás dentro do leito do biofiltro e ajuste da umidade e porosidade da mídia do biofiltro.

Outro estudo (MALHEIROS *et al.*, 2016) observou as taxas de emissão de odor de um abatedouro de suínos e sua estação de tratamento de águas residuais, usando olfatometria de campo e modelagem reversa com o modelo AERMOD. Escolheu-se critérios para prevenir reclamações de odor, como manter a intensidade do odor abaixo de 8 OU/m<sup>3</sup> em 99% dos casos, ou abaixo de 6 OU/m<sup>3</sup> em 98% dos casos. Constatou-se que na comunidade próxima à indústria o odor pode atingir valores acima de 30 OU/m<sup>3</sup>, que são considerados incômodos. A extensão da pluma do odor foi de 1600m para o percentil 99º e 1100m para o percentil 98º. Estas áreas foram identificadas como as mais impactadas pelo odor. Apesar da incerteza das estimativas, o estudo indica que a integração das duas técnicas reproduziu bem as condições observadas em campo (MALHEIROS *et al.*, 2016).

Recentemente, um estudo de Perazzoli *et al.* (2022) apresentou um caso sobre o monitoramento de odor de longo prazo com a olfatometria de campo em uma indústria no Paraná, entre 2018 e 2021. Os resultados apontados por Perazzoli *et al.* (2022) mostram que houve uma melhoria da qualidade ambiental no entorno da indústria, com redução dos valores do IPO ao longo dos anos. À vista disso, conclui-se que o monitoramento de longo prazo com a olfatometria de campo é uma ferramenta importante para acompanhar os impactos ambientais e avaliar as ações das indústrias.

Freitas (2013) investigou o impacto de substâncias odoríferas geradas a partir da emissão de gases oriundos de uma indústria química, que causam incômodo aos moradores do bairro vizinho. O sugere algumas recomendações para trabalhos futuros, como a realização de um estudo mais aprofundado dos pontos de fuga de gás sulfídrico na plantada indústria e a substituição do aparelho detector de gases por um mais preciso.

Destaca-se a importância do tema do odor na Engenharia Sanitária e Ambiental, que ainda é pouco estudado no Brasil, mas que tende a ganhar mais relevância no cenário internacional. É o caso das graxarias cujo principal poluente é o odor, que pode ser gerado em vários pontos da planta, mas principalmente no recebimento e no digestor térmico. O odor não é tóxico, mas é incômodo e pode levar a restrições de funcionamento da atividade.

No contexto das graxarias, Barros e Licco (2007) apresentam algumas medidas gerenciais que podem ser tomadas para evitar ou diminuir a geração de odores, como: trabalhar com matéria-prima em bom estado de conservação e refrigerada no transporte; manusear adequadamente os resíduos de origem animal (ROA) no recebimento e processá-los rapidamente; limpar e higienizar constantemente a unidade fabril e os equipamentos; controlar o processo de digestão térmica e evitar picos de superaquecimento;

dimensionar, operar e selar corretamente os equipamentos de tratamento de efluentes; projetar coletores de gases e vapores em todas as áreas onde possa ocorrer emissão de odores; promover a mudança da digestão térmica de batelada para contínua, se possível; seguir um plano de manutenção preventiva nos equipamentos; e estudar o layout de produção para obter a melhor circulação de matéria-prima e material em processamento.

Barros e Licco (2007) ressaltam a importância das graxarias para o meio ambiente, pois elas proporcionam um destino adequado a produtos potencialmente perigosos e incompatíveis com as técnicas normalmente utilizadas no tratamento de resíduos sólidos urbanos. Alerta-se que os odores provenientes da putrefação dos tecidos cárneos, que não seriam processados, são tão ou mais impactantes que os gerados por uma graxaria, além de atraírem insetos, aves e roedores que podem ser nocivos ao ser humano. Portanto, as boas práticas de engenharia e gestão devem ser empregadas para o bom convívio entre essas unidades industriais e a sociedade.

Oliveira (2022) avaliou o impacto da emissão de  $H_2S$  na qualidade do ar e no bem-estar da comunidade próxima a uma refinaria de petróleo, usando um modelo matemático chamado AERMOD. Para isso, adaptou-se o modelo para considerar as características específicas da tocha química e da respiração humana. Concluiu-se que o CFD pode ser usado para melhorar a

eficiência da tocha e que o AERMOD pode ser usado para prevenir reclamações da população, desde que se usem os parâmetros adequados para cada situação. O estudo recomenda a metodologia do AER para modelar a emissão de gás bruto em tochas químicas.

O AERMOD também foi instrumentalizado por Santos (2022) a fim de analisar o impacto do odor de uma estação de tratamento de água têxtil. O odor foi medido e simulado em 2019 e 2020, e os resultados mostraram que a concentração média de odor estava acima dos limites de segurança de alguns países. O estudo destaca a importância de estudar a dispersão de gases odoríferos para a gestão da qualidade do ar e a proteção do meio ambiente. Nesse sentido, Santos (2022) reconhece as limitações do modelo de dispersão atmosférica e sugere a necessidade de mais análises de qualidade do ar para H<sub>2</sub>S.

Com o objetivo de conhecer as principais fontes de odores em diversas atividades, Da Cunha (2021) verificou que os compostos de enxofre e os compostos orgânicos voláteis são os mais emitidos. Outro elemento relevante é o gás tolueno, como apontam Ferrazzo *et al.* (2021), que investigaram os métodos de tratamento desse poluente tóxico e mutagênico. Os métodos incluem biodegradação, absorção, adsorção e oxidação catalítica e fotocatalítica, bem como a combinação dessas técnicas. Conclui-se que a adsorção associada à oxidação catalítica ou fotocatalítica é a alternativa mais atrativa do ponto de vista ambiental, técnico e econômico, mas que a escolha do método depende de vários fatores operacionais e da indústria.

González Alé (2020) investigou as emissões de gases odoríferos e gases de efeito estufa (GEE) gerados durante o processo de compostagem do lodo de esgoto (SS) em um reator em escala bancada. Observou-se que as emissões dos compostos odoríferos e dos GEEs, exceto o óxido nítrico, são maiores nas primeiras 48 horas da compostagem, quando a temperatura e a atividade biológica do material são mais altas. Em relação à modelagem da emissão e dispersão do gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), que é um indicador de odor produzido pelo tratamento anaeróbico de águas residuais, Augusto *et al.* (2020) utilizaram os modelos WATER9 e AERMOD para analisar dois eventos distintos ocorridos em duas instalações de recuperação de recursos hídricos (WRRF) no Brasil. O estudo indica que a metodologia aplicada é viável e realista para fins de planejamento e gestão da WRRF.

Burgués (2021) pesquisou o uso de um drone com sensores de gás para mapear as emissões odoríferas em uma estação de tratamento de águas residuais. O drone usou um sistema de amostragem inovador que permitiu coletar dados perto das fontes de emissão sem ser afetado pelo vento ou pelo *downwash* das hélices. O sistema mostrou-se útil para identificar os principais

pontos críticos de odor em plantas industriais, especialmente a chaminé desodorizante.

Em relação a compostos orgânicos odoríferos e voláteis, Xue (2022) investigou dois métodos de secagem de lodo, de modo que um total de 37 compostos químicos foram identificados e quantificados nos gases liberados da secagem de lodo por método de secagem indireta. Altas emissões foram encontradas no gás de exaustão liberado da oficina de secagem que usou o método de secagem direta: dióxido de enxofre, aromáticos e compostos clorados foram dominantes. Com base na análise do efeito olfativo e na avaliação do risco de câncer, os principais poluentes gasosos causadores de odor foram metil mercaptano e metil sulfeto (para o processo de secagem de lodo indireto) e SO<sub>2</sub> (para o processo de secagem de lodo direto), enquanto os carcinógenos dominantes foram benzeno, tetracloreto de carbono, clorofórmio e metileno.

Yang *et al.* (2019) identificaram os compostos que causam o odor da fermentação industrial de eritromicina, um antibiótico produzido por micro-organismos. Analisaram-se os principais odorantes do gás de exaustão da produção de eritromicina por fermentação microbiana, de modo que observaram dois compostos principais, o 2- metilisoborneol (2-MIB) e a geosmina, responsáveis pelo forte odor mofado ou terroso do gás. Esses compostos têm limiares de odor muito baixos e começaram a ser produzidos no início da fermentação. Observou-se que aldeídos como hexanal, octanal, decanal e benzaldeído também contribuíram para o odor, o que levou à sugestão de que processos mais eficazes são necessários para eliminar o odor do gás de exaustão da fermentação de eritromicina.

## 2.2 Métodos integrados

De acordo com Malheiros *et al.* (2018), uma alternativa para a avaliação de impactos de odores é a instrumentalização de metodologias e análises integradas. Um dos objetivos é alcançar uma visão mais completa e precisa sobre a problemática dos odores, além de propor soluções eficientes. No Brasil, somente algumas substâncias odoríferas possuem um limite de percepção de odor (LPO) definido por lei. Desse modo, a emissão de odores perceptíveis fora da propriedade da fonte emissora é proibida sem especificar o modo como essa percepção deve ser medida. Sendo assim, o desenvolvimento de critérios mais elaborados é necessário.

À vista disso, Malheiros *et al.* (2018) abordam a avaliação de impactos de odores à luz de três metodologias: a Olfatometria de Campo; a Modelagem de Dispersão Atmosférica; e uma integração entre as dois métodos anteriores. A primeira consiste em medir a intensidade e a

qualidade dos odores no ambiente, usando um instrumento chamado de olfatômetro de campo e um painel de avaliadores treinados. A segunda consiste em simular a trajetória e a concentração da pluma de odor, usando um modelo matemático baseado nas condições meteorológicas e nas características da fonte emissora.

A análise integrada é uma forma de avaliar o impacto dos odores emitidos por atividades poluentes, a partir de dois métodos: a Olfatometria de Campo, que mede os odores no entorno das fontes; e a Modelagem de Dispersão Atmosférica, que simula a propagação dos odores no tempo e no espaço. Desse modo, esses métodos ajudam a identificar as fontes mais críticas, acompanhar as medidas mitigadoras, comparar com os limites legais e estimar as emissões.

No entanto, Malheiros *et al.* (2018) apontam os desafios e limitações para o uso desses métodos, como a qualidade dos dados, a implementação do modelo, a calibração dos resultados e a fiscalização dos órgãos ambientais. Ademais, destaca-se a necessidade de atualizar a legislação e criar critérios específicos para o monitoramento do odor no Brasil.

### **3 Padrões de medição**

Brancher (2017) compara diferentes padrões de medição da concentração de odor, usados em vários países e regiões do mundo. Os métodos e padrões visam medir a concentração de odor, que é a quantidade de odor presente em uma determinada quantidade de ar. A concentração de odor é geralmente expressa em unidades de odor por metro cúbico (ou  $m^{-3}$ ), mas existem diferentes tipos de unidades de odor, dependendo do método e do padrão usados. Um dos métodos mais comuns para medir a concentração de odor é a olfatometria de diluição dinâmica, que consiste em apresentar amostras de ar odorífero a um grupo de pessoas treinadas, chamadas de avaliadores, que devem indicar se podem ou não detectar o odor. O ar odorífero é diluído com ar limpo até que o odor não seja mais detectável pelos avaliadores. A concentração de odor é então calculada com base na razão entre o volume de ar limpo e o volume de ar odorífero usados na diluição.

Um dos padrões amplamente utilizados para esse método é o padrão europeu EN 13725:2003, que especifica os requisitos técnicos e os procedimentos para realizar a olfatometria de diluição dinâmica. Esse padrão, utilizado por muitos países, usa a unidade de odor europeia por metro cúbico (UO/ $m^3$ ) para distinguir entre as concentrações de odor determinadas por esse padrão e outros padrões. No entanto, nem todos os países seguem o mesmo padrão.

Alguns países adotaram outros padrões que usam diferentes unidades de odor ou diferentes

métodos para medir a concentração de odor. Por exemplo, nos EUA, o padrão ASTM E679-04 é usado para determinar a concentração de odor em condições de laboratório usando a olfatosmetria de diluição dinâmica. Esse padrão usa a unidade de UO/m<sup>3</sup>, que é conceitualmente equivalente à unidade UO/m<sup>3</sup>, mas pode haver diferenças na concentração medida devido às diferenças nos detalhes técnicos do método, como a taxa de fluxo de ar ou a forma do porto do olfatômetro. Além disso, nos EUA, também se usa a unidade de diluições ao limiar (D/T) para avaliar os odores em campo usando um método chamado *sniff test*, que consiste em caminhar ao longo da borda da propriedade da fonte do odor e contar quantas vezes o odor é detectado.

Outros países da Ásia, como Japão, China, Coreia do Sul e Taiwan, também usam unidades D/T derivadas de medições de odor usando um método chamado método japonês do saco de odor triangular. Esse método consiste em apresentar três sacos de odor a um avaliador, um dos quais contém uma amostra desconhecida e os outros dois contêm ar limpo. O avaliador deve identificar qual saco contém o odor desconhecido. A concentração de odor é calculada com base na proporção de respostas corretas e incorretas. Esse método é considerado mais simples e rápido do que os métodos de olfatosmetria de diluição dinâmica, mas também menos preciso e confiável.

Na Holanda, há uma abordagem única que envolve a determinação da concentração de odor (em UOE/m<sup>3</sup>) associada a um valor de tom hedônico (H), que é uma relação entre a concentração supralimiar do odor e o grau de (des)agrado. Isso significa que os resultados são expressos em UOE/m<sup>3</sup> de acordo com o padrão holandês NVN 2818:2005. Esse padrão leva em consideração não apenas a intensidade, mas também a qualidade do odor. Na Dinamarca, há outra unidade de odor chamada LL/m<sup>3</sup>, que é usada para medir a concentração de odor usando um método semelhante ao padrão europeu EN 13725:2003.

Como Brancher (2017) demonstra, há uma grande variedade de métodos e padrões para medir a concentração de odor no mundo. Isso pode dificultar a comparação e a harmonização dos resultados entre diferentes países e regiões. Portanto, é importante conhecer as características e as limitações de cada método e padrão, bem como as unidades de odor usadas, para poder interpretar corretamente os dados e tomar decisões informadas sobre o gerenciamento dos odores.

#### **4 Desafio legislativo**

A Resolução CONAMA Nº 491 (2018) estabelece os padrões de qualidade do ar no Brasil, revogando a resolução de 1990. A normativa tem como objetivo preservar o meio ambiente e a saúde da população em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica. De

acordo com a resolução, os padrões de qualidade do ar são valores de concentração de um poluente específico na atmosfera, associados a um intervalo de tempo de exposição, que devem ser cumpridos para garantir a proteção ambiental e da saúde humana. A resolução define quatro níveis de padrões: N1 (Boa), N2 (Moderada), N3 (Ruim) e N4 (Péssima). Esses níveis são baseados nos valores definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2005. A resolução também estabelece padrões intermediários (PI) e finais (PF) para cada poluente, que devem ser atingidos em etapas, conforme o artigo 3º e o anexo I da resolução.

Os poluentes atmosféricos considerados na resolução são: material particulado (MP10 e MP2,5), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), fumaça, monóxido de carbono (CO), partículas totais em suspensão (PTS) e chumbo (Pb). Cada poluente tem um período de referência para a medição da sua concentração, que pode ser horário, diário ou anual. A resolução especifica os valores dos padrões intermediários e finais para cada poluente e período de referência, conforme o anexo I da resolução.

Nesse sentido, o índice de qualidade do ar é um indicador numérico que representa a situação da qualidade do ar em uma determinada área, considerando os poluentes MP10, MP2,5, O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>. O cálculo do índice é feito com base nos valores dos padrões intermediários para cada poluente e período de referência, conforme o anexo III da resolução. O índice é obtido pela seguinte fórmula:

**Figura 1** – Fórmula para obter o índice de qualidade do ar

$$IQA = \frac{I_{mp10} + I_{mp2,5} + I_{O3} + I_{CO} + I_{NO2} + I_{SO2}}{6}$$

Fonte: CONAMA (2018)

De acordo com a fórmula:

- IQA: índice de qualidade do ar;
- IMP10: subíndice referente ao MP10;
- IMP2,5: subíndice referente ao MP2,5;
- IO3: subíndice referente ao O3;
- ICO: subíndice referente ao CO;
- INO2: subíndice referente ao NO2;
- ISO2: subíndice referente ao SO2.

Cada subíndice é calculado pela seguinte fórmula:

**Figura 2** – Fórmula para calcular o subíndice

$$I_i = \frac{C_i - P_{I_i}}{P_{I_f} - P_{I_i}} \times 100$$

Fonte: CONAMA (2018)

Assim:

- $I_i$ : subíndice referente ao poluente  $i$ ;
- $C_i$ : concentração média do poluente  $i$  no período de referência;
- $P_{I_i}$ : valor do padrão intermediário inicial para o poluente  $i$  no período de referência;
- $P_{I_f}$ : valor do padrão intermediário final para o poluente  $i$  no

O índice de qualidade do ar é classificado em quatro categorias, conforme a tabela abaixo:

**Tabela 1** - Categorias de classificação da qualidade do ar

Categoria	Faixa do IQA
Boa	0 – 40
Moderada	41 – 80
Ruim	81 – 120
Péssima	> 120

Fonte: CONAMA (2018)

Brancher (2017) explica que a regulação de odores visa limitar a exposição a níveis que protejam a amenidade, mas que isso depende de muitos fatores que afetam a percepção e a avaliação dos odores. À vista disso, Pullen e Vawda (2007) resumem esses processos em quatro etapas: estimativa do valor de liberação de odor; modelagem de dispersão; correlação com o grau de incômodo; e correlação com comportamentos negativos.

Desse modo, observa-se dificuldades na estimativa de taxas de emissão de odores, que são cruciais para a calibração de critérios de exposição contra métricas de incômodo, como reclamações. Existem diversos fatores que podem tornar essas medições difíceis de serem aferidas, como a natureza frequentemente fugitiva ou difusa das emissões, as variações temporais devido a variações de processo e clima, a variabilidade nos resultados dependendo do equipamento usado para amostragem, a falta de equipamento disponível para monitorar as emissões em tempo real e os níveis significativos de incerteza no processo de medição da concentração por olfatométrica dinâmica.

Nesse sentido, outro desafio são as incertezas na modelagem da dispersão. Brancher (2017), à luz de Pullen e Vawda (2007), elenca diferentes métodos usados, as dificuldades em alguns modelos em lidar com condições meteorológicas particulares, a sensibilidade da saída do modelo às configurações do modelo, as diferenças na física assumida pelos modelos regulatórios e as diferenças no tratamento das considerações pico-média para a modelagem do odor.

A correlação entre exposição e incômodo, que depende da ligação entre exposição e reclamações, também é um aspecto relevante. Brancher (2017) destaca que um dos maiores desafios está relacionado ao limiar e aos percentis dos OICs usados para avaliações de modelagem da dispersão. Sendo assim, os OICs abordam apenas as dimensões *Frequência e Intensidade* do FIDOL, por meio dos parâmetros percentil e limiar, e que algumas jurisdições aplicam ajustes ao parâmetro limiar ou às emissões para acomodar o tom hedônico (ofensividade) e os ajustes da sensibilidade do receptor para a dimensão Localização. Nesse sentido, ressalta-se que as respostas individuais à exposição ao odor são altamente pessoais e subjetivas, de modo que os fatores que influenciam as respostas vão além das simples dimensões FIDOL do odor incômodo.

Após analisar a política de odores em 28 países, Brancher (2017) elenca cinco abordagens principais: padrão de impacto máximo; padrão de distância de separação; padrão de emissão máxima; padrão de incômodo máximo; e padrão de tecnologia. A abordagem mais comum é o padrão de impacto máximo, que usa limites de concentração de odor no ar ambiente definidos pelos critérios de impacto do odor OIC. Esses critérios variam muito entre as jurisdições e demonstram a falta de harmonização, de modo que os procedimentos de avaliação do impacto visam minimizar o efeito incômodo dos odores em níveis aceitáveis para os receptores sensíveis.

Brancher (2017) discute os desafios da regulamentação do odor e como as evidências das comunidades, reguladores e outros países são usadas para determinar os limites aceitáveis do odor

no ar ambiente. O autor sugere que uma estratégia integrada multi-ferramenta, que combine ferramentas preditivas, observacionais/empíricas e de mitigação/controle, é mais eficaz do que métodos individuais para avaliar o impacto de novas propostas, instalações existentes e planos de mitigação e controle. Desse modo, observa-se a necessidade da implementação de regulamentos claros e objetivos baseados em uma estratégia integrada cujo objetivo deve ser o sucesso a longo prazo do gerenciamento dos odores ambientais, com benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Ainda em relação à medição de odor, destaca-se o acetato de isoamila, um composto orgânico que tem um odor semelhante ao de banana ou pera. É usado como um flavorizante em alimentos e cosméticos, e também como um padrão de odor para testar a eficácia de respiradores ou máscaras de gás. A intensidade do odor é uma medida da força com que um odor é percebido pelo nariz humano. Existem diferentes métodos para avaliar a intensidade do odor, mas um dos mais usados é o método da escala dinâmica, que utiliza um olfátmetro com um fluxo contínuo de um odorante padrão (butanol) para apresentar ao avaliador. O avaliador compara a intensidade observada de uma amostra de odor com um nível específico de concentração do odorante padrão do olfátmetro (MCGINLEY; MCGINLEY, 2000).

O acetato de isoamila é formado pela reação de esterificação entre o álcool isoamílico e o ácido acético, catalisada por ácido sulfúrico ou outro ácido forte. O acetato de isoamila tem um odor forte e característico, que pode ser medido por uma escala de intensidade do odor. A escala de intensidade do odor do padrão acetato de isoamila (UESIPA) é uma escala que foi desenvolvida para avaliar a intensidade do odor de diferentes substâncias, comparando-as com o odor do acetato de isoamila. A UESIPA é baseada na percepção olfativa humana, que varia de acordo com a concentração da substância no ar, a sensibilidade individual e o treinamento dos avaliadores. A UESIPA é composta por nove níveis de intensidade, que vão desde o nível 0 (sem odor) até o nível 8 (odor muito forte). Cada nível corresponde a uma faixa de concentração do acetato de isoamila no ar, expressa em partes por milhão (ppm).

Para usar a UESIPA, é necessário preparar uma solução padrão de acetato de isoamila em água destilada, na concentração de 100 ppm. Essa solução é usada para gerar amostras de ar com diferentes concentrações de acetato de isoamila, usando um gerador de odor padrão. As amostras são então apresentadas aos avaliadores, que devem classificar a intensidade do odor em um dos níveis da UESIPA. O mesmo procedimento é repetido para as substâncias que se deseja avaliar, usando as mesmas concentrações de acetato de isoamila como referência. Assim, é possível comparar a intensidade do odor das substâncias com o padrão acetato de isoamila.

A UESIPA é uma escala útil para medir a intensidade do odor de compostos orgânicos voláteis, que podem causar impactos ambientais e à saúde humana. A UESIPA também pode ser usada para avaliar a qualidade de produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos, que dependem do odor como um atributo sensorial importante. A UESIPA é uma escala simples, prática e confiável, que pode ser aplicada em laboratórios ou em campo (FERREIRA *et al.*, 2019; VERQUÍMICA, 2021).

A CETESB, que é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, é o órgão responsável por fiscalizar e controlar a qualidade do ar e as emissões atmosféricas no estado. A CETESB utiliza o método de olfatométrica dinâmica para determinar as unidades odoríferas de uma amostra de ar, que consiste em diluir a amostra com ar limpo até que o odor não seja mais percebido por um painel de avaliadores treinados. A unidade odorífera é definida como a razão entre o volume total da mistura e o volume da amostra, ou seja, quantas vezes a amostra foi diluída para atingir o limiar de detecção do odor. Por exemplo, se uma amostra de ar foi diluída 100 vezes para não ser mais detectada pelo painel, ela tem 100 unidades odoríferas. Quanto maior a unidade odorífera, mais forte é o odor da fonte emissora. A CETESB estabelece limites máximos de unidades odoríferas para diferentes tipos de fontes emissoras, como abatedouros, curtumes, fábricas de papel e celulose, entre outras. Esses limites variam de acordo com o tipo de atividade, a localização da fonte e o horário de emissão. Desse modo, a CETESB também realiza monitoramento e modelagem da dispersão dos odores no ar, para avaliar o impacto das emissões nas áreas receptoras e prevenir ou minimizar os problemas de poluição atmosférica por odores (CETESB, 2009).

O Instituto Estadual do Ambiente (Inea) é o órgão responsável por fiscalizar e monitorar as emissões odoríferas no estado do Rio de Janeiro, de acordo com a legislação vigente. O Inea utiliza um sistema de informações geoespaciais chamado Portal GeoInea, que permite o compartilhamento de dados geoespaciais produzidos pelo Inea e parceiros, como os dados sobre as unidades odoríferas das fontes poluidoras. O Portal GeoInea também disponibiliza dados recortados por município, auxiliando a gestão municipal e a integração das informações em nível local, regional e estadual (INEA, 2023).

Outro órgão relevante é o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), responsável pelo licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais. O IMA possui diversas instruções normativas (IN) que estabelecem critérios, conceitos e procedimentos para o licenciamento ambiental, incluindo aspectos relacionados aos odores. Por exemplo, a IN 01 trata do comércio de combustíveis líquidos e gasosos e define que

as emissões atmosféricas devem atender aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que inclui limites para as unidades odoríferas (IMA, 2023).

O IAT (Instituto Água e Terra) é o órgão responsável pela gestão ambiental do estado do Paraná, que inclui o monitoramento e o controle da poluição atmosférica e dos odores. O IAT (2018) utiliza a olfatometria dinâmica para avaliar as unidades odoríferas, metodologia que consiste em diluir uma amostra de ar contaminado com ar limpo em diferentes proporções, até que o odor deixe de ser percebido por um painel de avaliadores treinados. A unidade odorífera é definida como a quantidade de ar limpo necessária para diluir um metro cúbico de ar contaminado até o limiar de detecção do odor.

O IAT estabelece padrões de qualidade do ar e limites de emissão de unidades odoríferas para as fontes poluidoras, de acordo com a legislação vigente. O IAT também realiza fiscalizações e inspeções nas fontes emissoras de odores, aplicando sanções administrativas em caso de descumprimento dos padrões. Além disso, o IAT promove a educação ambiental e a participação social na gestão dos odores, buscando prevenir e minimizar os impactos negativos na saúde e no bem-estar da população (IAT, 2018).

Internacionalmente, destaca-se a Agência Europeia do Ambiente (EEA), um órgão da União Europeia que fornece informações independentes e confiáveis sobre o ambiente para aqueles envolvidos no desenvolvimento, adoção, implementação e avaliação da política ambiental, e também para o público em geral. A EEA publica a cada cinco anos o relatório Estado e Perspectivas do Ambiente na Europa (SOER), que é uma avaliação abrangente do estado, tendências e perspectivas do ambiente europeu em um contexto global.

Um dos temas abordados pelo SOER é a qualidade do ar na Europa, que é afetada por vários poluentes atmosféricos, incluindo os compostos orgânicos voláteis (COV), que são responsáveis por grande parte dos odores desagradáveis. Os COV podem ter efeitos adversos na saúde humana, como irritação das vias respiratórias, dores de cabeça, náusea e redução da capacidade pulmonar. Além disso, os COV contribuem para a formação de ozônio troposférico e de partículas finas (PM<sub>2.5</sub>), que são poluentes secundários que também prejudicam a saúde e o meio ambiente.

De acordo com o SOER 2020, a qualidade do ar na Europa melhorou nas últimas décadas, graças às políticas e medidas adotadas em nível nacional e europeu para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos. No entanto, ainda há desafios a serem enfrentados, pois muitos países europeus não cumprem os padrões legais ou as diretrizes da Organização Mundial da Saúde

(OMS) para a proteção da saúde humana e dos ecossistemas. Além disso, as mudanças climáticas podem aumentar a exposição aos poluentes atmosféricos, especialmente ao ozônio troposférico e às partículas finas.

O relatório Estado e Perspectivas do Ambiente na Europa (SOER) 2020 é um documento publicado pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) que avalia a situação ambiental e climática da Europa e propõe soluções para enfrentar os desafios urgentes que se colocam. O relatório é baseado em dados científicos e evidências fornecidas pelos países membros da AEA e por outras fontes.

Um dos temas abordados pelo relatório é a qualidade do ar e os seus impactos na saúde humana e nos ecossistemas. O relatório destaca que as emissões de alguns poluentes atmosféricos, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM), diminuíram significativamente na Europa entre 1990 e 2017, graças às políticas e medidas implementadas a nível nacional e europeu. No entanto, as emissões de outros poluentes, como o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), o ozônio troposférico (O<sub>3</sub>) e as partículas finas (PM<sub>2.5</sub>), permanecem elevadas ou até aumentaram em alguns casos, devido ao aumento do tráfego rodoviário, à dependência dos combustíveis fósseis e à falta de controlo das fontes difusas.

O relatório recomenda que sejam adotadas medidas adicionais para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos, tais como: promover a transição para uma economia de baixocarbono, baseada em fontes de energia renováveis, eficiência energética e mobilidade sustentável; reforçar a implementação das normas de qualidade do ar e das limitações das emissões estabelecidas pela legislação europeia; melhorar o monitoramento, a modelação e a avaliação da qualidade do ar e dos seus impactos na saúde e no ambiente; sensibilizar o público para os benefícios da melhoria da qualidade do ar; e incentivar comportamentos individuais e coletivos que reduzam a exposição e as emissões de poluentes atmosféricos (SOER, 2020).

A nível global, a UNEP é o principal órgão das Nações Unidas voltado à proteção do meio ambiente e à promoção do desenvolvimento sustentável. Ela tem como objetivo coordenar as ações internacionais de proteção ao meio ambiente e de promoção do uso eficiente dos recursos naturais. A UNEP reconhece a importância de controlar e reduzir as emissões de odores que podem causar impactos negativos na saúde humana e na qualidade de vida das populações. Por isso, este órgão apoia iniciativas que visam monitorar, avaliar e mitigar os problemas de poluição odorífera, especialmente nas áreas urbanas e industriais.

Algumas das ações da UNEP nesse sentido são: desenvolver e disseminar metodologias e ferramentas para a medição e a gestão dos odores, incluindo as unidades odoríferas, os painéis sensoriais, os modelos de dispersão atmosférica e os sistemas de informação geográfica; promover o intercâmbio de experiências e boas práticas entre os países e as regiões sobre a regulação e a fiscalização das emissões de odores, bem como sobre as tecnologias e as medidas de prevenção e controle disponíveis; apoiar projetos pilotos e demonstrativos que visem reduzir as fontes de odores, tais como os resíduos sólidos, os esgotos, as atividades agropecuárias e as indústrias alimentícias, químicas, têxteis, entre outras; sensibilizar e capacitar os tomadores de decisão, os gestores públicos, os operadores privados, as organizações da sociedade civil e as comunidades locais sobre os benefícios ambientais, sociais e econômicos de combater a poluição odorífera (UNEP, 2016).

## **5 Considerações finais**

Os odores são uma forma de contaminação do ar que interfere na qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente, e que demanda uma análise abrangente, levando em conta aspectos como a frequência, a intensidade, a duração, a ofensividade e a localização (FIDOL) dos mesmos. Há vários métodos para analisar os odores, cada um com seus pontos fortes e fracos, como o monitoramento analítico ambiental, a olfatométrica de campo, a olfatométrica dinâmica, as pesquisas de percepção e a modelagem de dispersão atmosférica.

No Brasil, existe uma lacuna de critérios objetivos e uniformes para regular as emissões de odores pelas indústrias, o que dificulta o controle e a fiscalização dessa forma de poluição. Essa situação não é exclusiva do Brasil, mas também ocorre em outros países e regiões do mundo, onde há diferentes padrões de medição da concentração de odor, que é a quantidade de odor presente em uma determinada quantidade de ar.

Portanto, é necessário o desenvolvimento de normas técnicas e legais que definam limites de concentração de odor, métodos de medição e procedimentos de gestão dos odores. Além disso, é importante que as indústrias adotem medidas para prevenir, tratar e monitorar as emissões de gases odoríferos nos seus processos produtivos, buscando minimizar os impactos negativos sobre a saúde e o bem-estar da população e do ecossistema. Por fim, é essencial que haja uma conscientização da sociedade e das indústrias sobre a importância de reduzir a emissão de odores, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável.

## Referências

AUGUSTO, Matheus Ribeiro *et al.* Modeling of H<sub>2</sub>S dispersion in Brazil with Aermod: Case study of water resource recovery facility in south of Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 497-504, 2020.

BARROS, F. D.; LICCO, E. A. Graxaria e a geração de odores. **Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia**. Disponível em: < <http://www.maua.br/arquivos/artigo/h/85752aaed72>. Acesso em, v. 5, n. 1, p. 2010, 2007.

BRANCHER, Marlon. **Aprimoramento de estratégias regulatórias para gestão de odor ambiental**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

BRANCHER, Marlon; DE MELO LISBOA, Henrique. AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UM BIOFILTRO ABERTO. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 77-83, 2014.

BRUGHA, R.; GRIGG, J. Urban air pollution and respiratory infections. **Paediatric Respiratory Review**, v. 15, n. 2, p. 194–199, 2014.

BURGUÉS, Javier *et al.* Aerial mapping of odorous gases in a wastewater treatment plant using a small drone. **Remote Sensing**, v. 13, n. 9, p. 1757, 2021.

CETESB. **Decreto 54.487**. 2009. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>. Acesso em 30 ago.2023.

CHOU, C. H. *et al.* Hydrogen sulfide: human health aspects. **World Health Organization**, 2003.

CONAMA Nº 491. **Resolução CONAMA Nº 491 de 19/11/2018**. 2018. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369516>. Acesso em 29 ago. 2023.

DA CUNHA, Ana Rita Rodrigues. **Identificação de pontos críticos de emissão de odores em atividades industriais e não industriais**. Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2021.

FERRAZZO, Suéllen Tonatto; BRAGAGNOLO, Lucimara; KORF, Eduardo Pavan. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO TRATAMENTO DE GÁS TOLUENO. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v.14, n. 2, p. 933-959.

FERREIRA, J. P. *et al.* RENDIMENTO NA SÍNTESE DO ACETATO DE ISOAMILA. III Encontro de desenvolvimento de processos agroindustriais, UNIUBE, UFTM, IFTM. **Anais...** 2019.

FREITAS, CALB. **Avaliação do Impacto de Substâncias Odoríferas Geradas a partir da Emissão de Gases Oriundos de uma Indústria Química**. 2013. Tese de Doutorado.

Dissertação de Mestrado, Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida.

GONZÁLEZ ALÉ, Daniel. El compostatge de fangs d'estacions depuradores d'aigües residuals urbanes i les emissions gasoses associades: caracterització d'olors i gasos d'efecte hivernacle. **UAB divulga**, 2020.

GUIDOTTI, T. L. Hydrogen sulfide intoxication. **Handbook of Clinical Neurology**, v. 131, p. 111–133, 2015.

Han B, Liu YT, Wu JH, Feng YC. Characterization of industrial odor sources in Binhai New Area of Tianjin, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n.14, p. 14006–14017, 2018.

IAT. **Relatório Ambiental Simplificado**. 2018. Disponível em: [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/ras\\_terin.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/ras_terin.pdf). Acesso em 30 ago. 2023.

IMA. **Instruções Normativas**. 2023. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/>. Acesso em 30 ago. 2023.

INEA. **Legislação (Atos do INEA)**. 2023. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/inea-legislacao/>. Acesso em 30 ago. 2023.

KWAK, Dongwook; LEI, Yu; MARIC, Radenka. Ammonia gas sensors: A comprehensive review. **Talanta**, v. 204, p. 713-730, 2019.

MALHEIROS, André L.; NOCKO, Helder Rafael; ENGEL, Margret; PERAZZOLI, Debora Lia; FRANTZ, Diego. **Modelagem de dispersão, monitoramento ambiental, olfatométrica e pesquisa de percepção: análise integrada de diferentes metodologias na avaliação de poluição atmosférica por substâncias odoríferas em complexo industrial**. Pôster apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - XVIII CBMET, 2014.

MALHEIROS, André Luciano *et al.* ODOR EMISSION ESTIMATE AND IMPACT ASSESSMENT BASED ON INTEGRATION OF FIELD OLFACTOMETRY AND REVERSE DISPERSION MODELLING. XIX CBMET. Congresso Brasileiro de Meteorologia. João Pessoa (PB). **Anais...**, 2016.

MALHEIROS, André Luciano *et al.* OLFATOMETRIA DE CAMPO COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL RELATIVO AO ODOR. 3º SIMPÓSIO BRASIL ALEMANHA EM MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL QUALIDADE DO AR: GESTÃO E MONITORAMENTO. Curitiba (PR). **Anais...**, 2018.

MALHEIROS, André Luciano *et al.* **Odor: olfatométrica de campo e modelagem de dispersão atmosférica**. 2018. Disponível em: [https://www.prppg.ufpr.br/site/sba-maui/wp-content/uploads/sites/53/2018/04/15-20-apresentacao\\_envex\\_simposio\\_mau\\_i\\_2018\\_v5.pdf](https://www.prppg.ufpr.br/site/sba-maui/wp-content/uploads/sites/53/2018/04/15-20-apresentacao_envex_simposio_mau_i_2018_v5.pdf). Acesso em: 01 set. 2023.

MCGINLEY, Charles. MCGINLEY, Michael. Odor Intensity Scales for Enforcement, Monitoring, and Testing. 2000. Disponível em:

<https://www.fivesenses.com/Documents/Library/28%20%20Odor%20Intensity%20Scal es.pdf>. Acesso em 30 ago. 2023.

NABESHIMA, Alberto Hideki. Controle de odor na Indústria: legislação atual e as alternativas de tratamento. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 12, 2019.

NI, J. Q.. A critical review of advancement in scientific research on food animal welfare-related air pollution. **Journal of Hazardous Materials**, v. 408, 2021.

OLIVEIRA, Shyrlene Lima de Aquino. **Modelagem de dispersão atmosférica de gás odorífero (H<sub>2</sub>S) em tocha química: estudo de caso em uma refinaria de petróleo**. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2022.

PALMIOTTO, M.. Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. **Environment International**, v. 68, p. 6–24, 2014.

PERAZZOLI, Débora Lia *et al.* DELIMITAÇÃO DA ÁREA IMPACTADA POR ODORE ETE USANDO MEDIÇÃO DE H<sub>2</sub>S, OLFATOMETRIA E MODELAGEM DE DISPERSÃO. Seminário Nacional sobre Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto, Curitiba (PR), **Anais...**, 2019.

PERAZZOLI, Débora lia *et al.* MONITORAMENTO DE ODORE DE LONGO PRAZO COM OLFATOMETRIA DE CAMPO: UM ESTUDO DE CASO ENTRE 2018 E 2021. XI Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária. Curitiba (PR). **Anais...**, 2022.

PERAZZOLI, DÉBORA LIA. **Proposta de estratégias para avaliação de odor ambiental no Brasil**. Dissertação de mestrado. Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart (Alemanha), 2022.

PEREIRA, Ângela Sofia Pinto. **Processos de tratamento e mitigação de odores**. Relatório de Estágio de Mestrado apresentado à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em Ciências e Tecnologia do Ambiente, 2021.

PULLEN, Jon; VAWDA, Yasmin. **Review of dispersion modelling for odour predictions**. Environment Agency, 2007.

RESOLUÇÃO SEMA. **Resolução SEMA Nº 16 DE 26/03/2014**. 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=269324>. Acesso em 30 ago. 2023.

ROSSATI, Antonella. **Global Warming and Its Health Impact**. Int J Occup Environ Med. doi: 10.15171/ijoem.2017.963. PMID: 28051192; PMCID: PMC6679631. 2017.

SANTOS, Patrícia Nazaré Ferreira. **Modelagem da dispersão de odor no ar proveniente de efluente têxtil utilizando o software AERMOD**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022.

SCHRAIER, Jacqueline Ariele *et al.* ODOR IMPACT ASSESSMENT IN A

RENDERING PLANT USING FIELD AND DYNAMIC OLFACTOMETRY AND DISPERSION MODELLING. Air Pollution Conference Brazil and 4th CMAS South America. **Anais...**, 2019.

SOER. **The European environment — state and outlook 2020: knowledge for transition to a sustainable Europe**. 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/soer>. Acesso em 30 ago. 2023.

UNEP. **Actions on Air Quality**. 2016. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/assessment/actions-air-quality>. Acesso em 30 ago. 2023.

VERQUÍMICA. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPO. Acetato de Isoamila**. 2021. Disponível em: [https://www.verquimica.com.br/wp-content/uploads/2021/08/FISPO\\_Acetato-de-Amila.pdf](https://www.verquimica.com.br/wp-content/uploads/2021/08/FISPO_Acetato-de-Amila.pdf). Acesso em 30 ago. 2023.

WYER, Katie E. et al. Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health. **Journal of Environmental Management**, v. 323, p. 116285, 2022.

XUE, Song et al. Emission, dispersion, and potential risk of volatile organic and odorous compounds in the exhaust gas from two sludge thermal drying processes. **Waste Management**, v. 138, p. 116-124, 2022.

YANG, Xiaofang et al. Profiling and characterization of odorous volatile compounds from the industrial fermentation of erythromycin. **Environmental Pollution**, v. 255, 2019.

YUSUF, Rafiu O. et al. Methane emission by sectors: a comprehensive review of emission sources and mitigation methods. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 5059-5070, 2012.