



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



# Revisão de Técnicas de Análise de Emissões de Odores e Regulamentações do Incômodo Olfativo

*Autor: Bruno Oliveira de Bittencourt*

*Orientador: Caroline Borges Agustini*

Porto Alegre, maio de 2022



Autor: Bruno Oliveira de Bittencourt

# Revisão de Técnicas de Análise de Emissões de Odores e Regulamentações do Incômodo Olfativo

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
COMGRAD/ENQ da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Química*

Orientador: Caroline Borges Agustini

Banca Examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>., Débora Jung Luvizetto Faccin, UFRGS

Prof<sup>a</sup>. Msc., Victória Vieira Kopp, UFRGS

Porto Alegre

2022



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, pelo apoio e incentivo incondicionais.

A Caroline B. C. S, por escutar, confiar e me ensinar a avançar, apesar de inúmeros obstáculos.

A Caroline B. A., minha orientadora, pela atenção, compreensão e aprendizado nessa etapa.

Aos bons profissionais que conheci ao longo da minha trajetória e que transmitiram seus conhecimentos ao longo da graduação, dos estágios e do trabalho.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, pelo incentivo e por tornarem esses anos mais leves.

## RESUMO

As emissões atmosféricas de substâncias odoríferas podem causar incômodos às pessoas. Com isso, é necessário que os países tenham legislações e regulamentem essa classe de poluentes, para garantir o conforto e o bem-estar da população. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva verificar, através de uma pesquisa na literatura e na legislação, como a temática é abordada atualmente no Brasil e em outros países. Além disso, são apresentadas as técnicas disponíveis para medição do odor e os critérios de impacto utilizados, bem como as vantagens e as desvantagens de cada uma delas. Foi evidenciando que há diferentes graus de abordagem para tratar do assunto. Enquanto países como Alemanha e Japão regulamentam os odores há décadas, no Brasil não há diretrizes para limitar a exposição aos compostos odorantes. Apenas estabelecer limites de emissão nas fontes não é suficiente para evitar incômodos, já que para isso também devem ser considerados os fatores frequência, intensidade, duração, ofensividade e localização (FIDOL). A união de análises instrumentais às análises sensoriais baseadas no olfato humano é muito importante, pois demonstra vantagens ao caracterizar e avaliar o impacto que os odores podem ter. Frente ao exposto, a dificuldade em propor regulamentos é devido a essa temática ser diretamente influenciada por questões políticas, econômicas, técnicas, ambientais e de saúde. A adaptação de normas estrangeiras para a realidade do cenário brasileiro, com implementações em etapas e correta fiscalização dos órgãos competentes, é uma alternativa para essa questão. Através da revisão periódica dos métodos utilizados em outras nações, é possível definir, de maneira mais assertiva, novas regulamentações ou alterações nas já existentes no estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** *emissões odoríferas, incômodos olfativos, regulamentação, olfatometria.*

## ABSTRACT

Odour air pollution can cause health risks and may lead to immediate annoyance. Therefore, countries should have odour legislation and specific environmental laws. The objective of this study is to review odour legislation in Brazil and other countries through articles, laws and standardized normatives. Specific methods are discussed for odour measurement and different odour impact criteria (OIC) are established, with advantages and limitations. Odour legislation is highly variable from one jurisdiction to the next and even regions across a country might choose diverse thresholds. While Germany and Japan have had odour jurisdiction over the last decades, Brazil's legislation lacks specific environmental legislation to assess odour impact and testing. Odour nuisance cannot be determined at odour emission source because it depends on multiple factors that are often summarised with the acronym FIDOL (frequency, intensity, duration, offensiveness and location). Chemical analysis paired together with sensory measurements of odours are needed to provide a proper and reliable evaluation and identification of odours. Odour regulation is challenging because it must consider political, socioeconomical, environmental, public health, and technical realities. Rio Grande do Sul should incorporate odour legislation from successful foreign regulations and environment officers should focus on enforcing the law. Overall, odour law in Brazil needs to be continually surveyed, reviewed, developed and adjusted.

**Keywords:** *odour pollution, odour nuisance, environmental regulation, olfactometry.*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Grupo de odores semelhantes e palavras de uso cotidiano para referência..... 11
- Figura 2:** Representação esquemática (a) um nariz biológico e (b) um nariz eletrônico..... 15

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Comparativo de abordagens usadas para avaliação de odor .....	10
<b>Tabela 2:</b> Nível de intensidade de odor padronizado pela norma ASTM E544-18 .....	12
<b>Tabela 3:</b> Legislação pertinente a emissões atmosféricas e/ou odores no Brasil, RS, SP e PR 18	
<b>Tabela 4:</b> Comparativo de três técnicas analíticas para análise de odor.....	22
<b>Tabela 5:</b> Comparativo de três técnicas sensoriais para análise de odor .....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

A<sub>t</sub> - Tempo médio para cálculo de concentração no modelo de dispersão atmosférico

CO - Monóxido de carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COVs - Compostos Orgânico Voláteis

C<sub>t</sub> - Concentração de odor

EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental, Relatório de Impacto Ambiental

EN – *European Standard* (Padrão Europeu)

ERT - Enxofre Total Reduzido

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

FIDOL - Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização

GC-MS – Cromatografia Gasosa acoplada com Espectrômetro de Massas

GNC - Gases Não-Condensáveis

MP - Material Particulado

MTPD - Melhor Tecnologia Prática Disponível

NO<sub>x</sub> - Óxidos de nitrogênio

OIC – *Odour Impact Criteria* (Critério de Impacto de Odor)

Pb - Chumbo

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

PR – Estado do Paraná

RAS - Relatório Ambiental Simplificado

RS – Estado do Rio Grande do Sul

SEMA – Secretaria do Estado de Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SO<sub>x</sub> - Óxidos de enxofre

SP – Estado de São Paulo

## SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	Legislação de Emissões Atmosféricas	3
2.1.1	Legislação a nível federal	3
2.1.2	Legislação a nível estadual	4
2.1.3	Legislação internacional	8
2.2	Técnicas de análise e monitoramento	11
2.2.1	Odor e incômodos olfativos	11
2.2.2	Técnicas Analíticas	13
2.2.3	Técnicas Sensoriais	13
2.2.4	Técnicas Senso-Instrumentais	14
2.2.5	Critérios de impacto do odor	15
3	Materiais e Métodos	17
4	Resultados	18
4.1	Legislação e regulamentações	18
4.2	Técnicas de medição de odores	22
4.3	Possibilidades para regulamentações no estado do Rio Grande do Sul	25
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	27
	REFERÊNCIAS	28

## 1 Introdução

As indústrias possuem papel relevante no desenvolvimento econômico dos países e de maneira geral podem aumentar a qualidade de vida da população. Todavia, devem realizar suas atividades de maneira responsável, sem ignorar que seu desenvolvimento também precisa ser sustentável. A emissão de odores na atmosfera, por determinadas atividades industriais, é uma forma de poluição a ser regulamentada, a fim de não alterar a qualidade do ar e gerar efeitos adversos às pessoas.

Uma das dificuldades em definir critérios e metodologias para esse tema específico é o fato da percepção de odores ser qualitativa e de difícil quantificação. Ao longo das últimas décadas, foram propostos métodos e ferramentas distintas para entender essas emissões e assim regulá-las, de modo que causem pouco ou nenhum incômodo à população.

Mesmo assim, reclamações referentes a incômodos olfativos são frequentes nos órgãos ambientais fiscalizadores. Destacam-se as fábricas com processamento de produtos de origem animal, fábricas de papel e celulose, indústrias petroquímicas, estações de tratamento de efluentes industriais, aterros e usinas de compostagem.

Nesse contexto, os objetivos gerais do trabalho consistiram em representar um recorte do cenário atual da regulamentação dos impactos causados por emissões de odores industriais e as técnicas disponíveis para analisar os odores. Dessa forma, pretende-se elucidar pontos necessários para uma avaliação adequada da presença dessas substâncias no ar ambiente e maneiras para garantir o bem-estar dos cidadãos.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Realizar uma revisão das legislações federais brasileira a respeito das emissões atmosféricas de odor;
- Realizar uma revisão das legislações estaduais do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo a respeito das emissões atmosféricas de odor;
- Realizar uma revisão da regulamentação em vigor em diferentes países;
- Estudar os fatores que influenciam o impacto do odor nas pessoas;
- Realizar uma revisão das técnicas disponíveis para análise de odores;
- Comparar as vantagens e as desvantagens entre as metodologias utilizadas para análise de odores;
- Verificar alternativas para a regulamentação dos impactos do odor no estado do Rio Grande do Sul.

Com isso, o trabalho dividiu-se em 5 capítulos:

No capítulo 1 são apresentados o tema do trabalho, o contexto que motiva a sua realização e seus objetivos gerais e específicos.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão das legislações em vigor, pertinentes ao tema, no Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná. Também são abordadas regulamentações em vigor em outros países, de forma breve, com foco em quais critérios são

exigidos para avaliação do odor. Por fim, são apresentadas as principais medições de odor e como avaliar o seu impacto.

No capítulo 3 é descrito a metodologia que foi utilizada para realização do trabalho, as fontes de pesquisa e a forma como se delimitou os tópicos abordados.

No capítulo 4 são apresentados os resultados, conforme os objetivos e suas discussões. Os resultados dividem-se em três grupos principais. O primeiro é referente às legislações e aos regulamentos estudados, destacando-se o conteúdo e grau de aprofundamento na temática do odor. O segundo é referente às medições e avaliações dos odores, comparando seus usos e limitações. Por último, são propostas sugestões de aprimoramento da legislação do estado gaúcho.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Legislação de Emissões Atmosféricas

#### 2.1.1 Legislação a nível federal

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão brasileiro responsável, entre outras competências definidas pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) da Lei Federal Nº 6.938/81, por assessorar, estudar e propor normas, critérios e padrões para que se tenha um meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1981a). Além disso, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 assegura a todos que o meio ambiente é bem de uso comum ao povo e que tanto o Poder Público quanto a coletividade devem defendê-lo e preservá-lo para as atuais e as próximas gerações. Uma das maneiras previstas e incumbidas ao Poder Público para assegurar a efetividade desse direito é através do controle da produção, da comercialização e do emprego de técnicas, métodos e substâncias que contêm risco para o meio ambiente, a vida e a qualidade de vida (BRASIL, 1988).

A PNMA define, no Art. 2º, Inciso V, que os recursos ambientais são: *“a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.”* No Art. 3º, Incisivo III, a poluição é definida como *“a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”* (BRASIL, 1981a).

A poluição pode ser causada por diversos meios, sendo as emissões atmosféricas decorrente das atividades antrópicas um deles. Conforme Art. 2º, Inciso II, da Resolução CONAMA n.º 491/18, a poluição atmosférica é *“qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”* (BRASIL, 2018). Portanto, a regulamentação, o monitoramento e o controle das emissões atmosféricas são imprescindíveis para evitar e mitigar a poluição atmosférica.

Nesse âmbito, três legislações relevantes são a Resolução CONAMA n.º 382/06, a Resolução CONAMA n.º 436/11 e a Resolução CONAMA n.º 491/18. As duas primeiras estabelecem os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, sendo a segunda destinada exclusivamente para aquelas fontes fixas que já estavam instaladas ou que possuíam pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Já a terceira, estabelece os padrões de qualidade do ar, ou seja, valores de concentração máximos de poluentes atmosféricos, a fim de preservar o meio ambiente, a saúde e o bem-estar da população dos danos causados pela poluição atmosférica (BRASIL, 2006, 2011, 2018).

Os poluentes atmosféricos das fontes fixas presentes nas duas primeiras resoluções são: material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), enxofre reduzido total (ERT), chumbo (Pb), fluoreto total, amônia (NH<sub>3</sub>). Os limites máximos de emissão dessas substâncias são definidos considerando alguns fatores, em

conjunto ou isoladamente, tais como o ramo industrial, a capacidade nominal dos equipamentos projetados, a matéria-prima e o insumo utilizados, a capacidade de produção, o tipo combustível usado, dentre outros (BRASIL, 2006, 2011, 2018).

Além disso, há um anexo para os limites de emissão de poluentes atmosféricos provenientes de estabelecimentos de produção de celulose. Nessa seção, é permitido aos órgãos ambientais licenciadores que analisem as particularidades intrínsecas de cada uma das áreas sob influência da fonte poluidora, podendo, portanto, estabelecer limites de emissão mais restritivos que aos da própria resolução. O incômodo ocasionado pelo odor que ultrapassa os limites físicos do empreendimento pode motivar o estabelecimento a seguir limites de emissão menores que os previstos (BRASIL, 2006, 2011).

Conforme o Art. 6º da Lei 6.938/81, os órgãos, as entidades e as fundações que constituem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) são responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Aos Estados e Municípios também é permitida a elaboração de normas supletivas e complementares, bem como padrões relacionados ao meio ambiente, desde que respeitem o ordenamento jurídico e a jurisdição, em conformidade com o estipulado pelo CONAMA (BRASIL, 1981a). Portanto, há uma lacuna na legislação brasileira de definições de parâmetros técnicos e replicáveis para regulamentar os impactos das emissões odoríferas.

### *2.1.2 Legislação a nível estadual*

A legislação a nível federal permite que os estados e os municípios definam, através de seus órgãos ambientais, limites de emissões atmosféricas mais restritivos, visto que a industrialização no Brasil possui suas particularidades regionais.

#### **Estado do Rio Grande do Sul**

A Diretriz Técnica Nº 01/2018 estabelece critérios e condições para estabelecer os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos das fontes fixas e que deverão ser adotados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) no licenciamento ambiental. Bem como é de entendimento a nível federal, o órgão estadual também reconhece que controlar efetivamente as emissões atmosféricas é essencial para a preservação da qualidade do ar, a fim de minimizar os riscos associados aos poluentes à saúde pública, fauna, flora e meio ambiente em geral (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Em relação às substâncias de análise, a Diretriz Técnica 01 de 2018 da FEPAM abrange uma quantidade muito maior quando comparada às resoluções CONAMA de 2006 e 2011. Bem como nas resoluções CONAMA, os limites de emissão para fontes fixas são organizados por poluente ou por tipologia de fonte potencial poluidora, porém com mais desdobramentos. Há também sugestão das frequências de monitoramento dos poluentes e informações técnicas de amostragem e análise, elementos não abrangidos nas resoluções federais (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Na seção de Diretrizes Específicas, item 4.4, fica evidenciado que “as atividades não poderão emitir substâncias odoríferas na atmosfera que sejam perceptíveis fora dos limites

da área da propriedade da fonte emissora, e que causem desconforto respiratório ou olfativo na população”. Na licença ambiental, ainda poderão ser estabelecidos outros limites de emissão mais restritivos, considerando características próximas da fonte poluidora, a capacidade atmosférica dispersante, o nível de industrialização do local ou quando a emissão ultrapassar os padrões estabelecidos para a qualidade do ar. Também é reforçado que medidas adicionais de controle devem ser implementadas caso haja interferência no bem-estar da população mesmo quando os padrões estiverem de acordo com a legislação, sendo vedada a ampliação da instalação antes da correção desses distúrbios (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Nessa Diretriz Técnica destaca-se, dentro os diferentes ramos industriais, condições para a queima de gases não condensáveis (GNC) oriundos do processo produtivo de celulose. Essa mistura de gases é caracteristicamente formada por compostos a base de enxofre, sendo necessário o seu devido tratamento e queima em sistemas adequados, a fim de minimizar as emissões odoríferas. Outro destaque são as emissões de compostos orgânico voláteis (COVs) de dutos, tubulações e tanques de armazenamento de refinarias e indústria petroquímicas, que necessitam de planos de avaliação e controle de emissões fugitivas. Para aqueles empreendimentos que possuem banhos ácidos e/ou básicos aquecidos, utilizados na limpeza, decapagem e desengraxe de peças, é necessário um sistema de exaustão e de controle dos compostos e vapores gerados (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

O mais recente Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, instituído através da Lei Nº 15.434 de 9 de janeiro de 2020, possui o capítulo III dedicado à utilização e conservação do ar. Nele é estabelecido que:

Art. 140 [...]

§ 1º A manutenção da integridade da atmosfera depende da verificação simultânea de diversos condicionantes, tais como:

I - dos padrões de qualidade do ar e dos padrões de emissão aplicados às fontes poluidoras;

II - do equilíbrio biofísico das espécies e dos materiais com os níveis de poluentes na atmosfera, dentre outros;

III - da dispersão e deposição de poluentes atmosféricos.

[...]

Art. 142. É vedado a todo proprietário, responsável, locador ou usuário de qualquer forma, de empresa, empreendimentos, máquina, veículo, equipamento e sistema combinado, emitir poluentes atmosféricos ou combinações destes:

I - em desacordo com as qualidades, condições e limites máximos fixados pelo órgão ambiental competente, conforme legislação pertinente;

II - em concentrações e em duração tais que sejam ou possam tender a ser prejudiciais ou afetar adversamente a saúde humana,

As legislações focam na emissão lançada para a atmosfera através de dutos e chaminés, que são as formas usuais de permitir uma adequada dispersão dos poluentes, desde que bem dimensionados. Não menos importante são as emissões fugitivas, que podem trazer tanto incômodo e danos ambientais quanto as outras fontes (DI GILIO *et al.*, 2021). De acordo com a Diretriz nº 01/2018, ações que mitiguem essas emissões fugitivas devem ser

implementadas. Se houver necessidade, o monitoramento dos poluentes atmosféricos no ar ambiente poderá ser exigido através de campanhas de monitoramento ou por implementação de modelos matemáticos de dispersão do ar no entorno do empreendimento (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Em relação ao Monitoramento da Qualidade do Ar Ambiente, utilizam-se como referência os casos já previstos nas legislações federais, bem como os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar elaborados pelo órgão estadual de meio ambiente. A critério da FEPAM, o monitoramento pode ser solicitado para: avaliar o controle de emissões fugitivas gasosas e sólidas (partículas); quando previsto no Estudo de Impacto Ambiental, Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) ou no Relatório Ambiental Simplificado (RAS); e nos empreendimentos potencialmente poluidores (BRASIL, 2018; RIO GRANDE DO SUL, 2018).

O Decreto Nº 55.374, de 22/07/2020, regulamenta os artigos da Lei Estadual Nº 15.434 , de 9 de janeiro de 2020, referentes às infrações e às sanções administrativas aplicáveis às condutas e às atividades lesivas ao meio ambiente. No Art. 75, é estabelecido que as multas e demais penalidades serão *“aplicadas após laudo técnico elaborado pelo órgão ambiental competente, identificando a dimensão do dano decorrente da infração e em conformidade com a gradação do impacto”*. No Art. 76, estão previstas multas e demais penalidades aquele que:(RIO GRANDE DO SUL, 2020a).

Art.76. [...] II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas ou que provoque, de forma recorrente, significativo desconforto respiratório ou olfativo devidamente atestado pelo agente autuante;

[...]

V - lançar resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, bem como óleos ou substâncias oleosas, no ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou em atos normativos.

Com isso é possível observar que, apesar das legislações abordarem ora direta ora indiretamente o assunto de incômodo olfativo, no estado do Rio Grande do Sul, bem como no Brasil, não há critérios que orientem, esclareçam e definam limites e metodologias de análise para o possível impacto das emissões odoríferas. Há apenas limites estabelecidos de emissão para substâncias específicas ou um conjunto delas, em base mássica ou volumétrica (VIEIRA, 2013).

### **Estado de São Paulo**

O Decreto Estadual N.º 8.468, de 08 de setembro de 1976, aprova o Regulamento da Lei Estadual N.º 997, de 21 de maio de 1976, e dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. O órgão ambiental poderá exigir que os responsáveis pelas atividades efetiva ou potencialmente poluidoras apresentem o plano completo de desenvolvimento de

suas atividades ou de seu processamento industrial, bem como dos sistemas de tratamento existentes de substâncias odoríferas (SÃO PAULO, 1976b, 1976a).

No seu Art. 3, são estabelecidos critérios e definições sobre o conceito de poluente atmosférico, que é definido como toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada no ar ou que possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivos à saúde. Além disso, também definido como um inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora, sendo prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade (SÃO PAULO, 1976a). No Art. 36, é estabelecida a proibição “a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidade que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora”, além do estabelecimento que a constatação da presença ou não de odor no local será realizada por técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976a).

O Art. 38 do mesmo decreto estabelece que as substâncias odoríferas geradas em determinadas fontes deverão ser incineradas em pós queimadores, ou em sistema igual ou superior de controle de poluentes. Enquadram-se nesse artigo atividades tais como: a torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada; autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal; estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas; oxidação de asfalto; defumação de carnes ou similares; fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas; e regeneração de borracha. O Art. 41 contempla as fontes de poluição sem padrões de emissão estabelecidos, que deverão adotar sistemas de controle baseados na melhor tecnologia prática disponível para cada caso (SÃO PAULO, 1976a).

O Decreto Estadual Nº 59.113, de 23 de abril de 2013, estabelece novos padrões de qualidade do ar. Além disso, apresenta metas gradativas a fim de atingir níveis adequados e desejados da qualidade do ar ao longo do tempo, bem como critérios para licenciamento de novas fontes e ampliação das já existentes, mas sem abordar a temática de emissões odoríferas (SÃO PAULO, 2013).

### **Estado do Paraná**

A Resolução SEMA Nº 16, de 15 de abril de 2014, define critérios para o controle da qualidade do ar. Em seus Art. 12 e Art. 13, estabelece que:

Art. 12 As atividades geradoras de substâncias odoríferas, tais como, graxaria, frigoríficos, indústria de processamento de alimentos, estações de tratamento de efluentes, estações elevatórias, cemitérios verticais e curtumes devem seguir as boas práticas de minimização de odores, devendo ser implantadas a uma distância considerada suficiente para evitar o incômodo aos núcleos populacionais.

§ 1º Quando a adoção das boas práticas citadas no caput desse artigo não forem suficientes para a minimização dos odores, o órgão ambiental exigirá a instalação de sistemas e/ou equipamentos de captação e remoção do odor e, caso a pluma atinja áreas residenciais, o monitoramento da extensão da pluma de odor.

[...]

§ 3º Este artigo não se aplica às fontes potencialmente poluidoras com padrões de lançamento para TRS, outros gases com cheiros acentuados, tais como NH<sub>3</sub>, e/ou Substâncias Orgânicas estabelecidos na forma desta Resolução (PARANÁ, 2014).

O Art. 55 estabelece que indústrias do ramo de fertilizantes “devem contar com sistema de limpeza de caminhões, para evitar que os resíduos sejam despejados fora da área do empreendimento, evitando assim a decomposição do material e a emissão de odores” e que “a limpeza do entorno do empreendimento, fica a cargo de cada empreendedor, para evitar a emissão de odores”. Já no Art. 89, é definido que o órgão ambiental poderá solicitar que as “fontes potenciais de poluição controlem suas emissões utilizando a melhor tecnologia prática disponível, ou que se transfiram para outro local, quando situadas em desconformidade com as normas de zoneamento urbano ou sejam incompatíveis com o uso de solo circunvizinho”. Os critérios a serem adotados para avaliação do odor são a norma americana ASTM E679, que padroniza a determinação do limite de detecção de odor, e a europeia DIN EN 13.725, que padroniza como deve ser realizada a olfatometria dinâmica (PARANÁ, 2014).

### 2.1.3 Legislação internacional

Existe uma discrepância nos critérios utilizados e regulados pelos diversos países, que têm diferentes legislações referentes às emissões de odor. Enquanto alguns não consideram os odores como uma poluição atmosférica, outros já propuseram critérios pautados em distâncias mínimas entre indústrias e áreas habitacionais, concentrações máximas de determinada substância, o uso de modelos de dispersão, equipamentos para abatimento de odor, monitoramento das fontes de emissão e do ar ambiente (BOKOWA *et al.*, 2021; BRANCHER *et al.*, 2017; CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020; VIEIRA, 2013). Na Tabela 1 há exemplos de alguns países e as abordagens usadas em seu território.

Os poluentes atmosféricos presentes com maior frequência nas legislações de emissões atmosféricas são aqueles com impactos ambientais mais severos, que causam danos à saúde da população ou diretamente ao meio ambiente, tais como monóxido e dióxido de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. Entre os regulamentos dos países, há pouca variação nesse quesito. Já para odores, os parâmetros utilizados são distintos e existem diferenças até mesmo entre estados ou províncias (BRANCHER, 2017; BRATTOLI *et al.*, 2011; MAHIN, 2001).

Nesse âmbito destaca-se a Alemanha, que desde a década de 80 regula o impacto das emissões de odor e aprimorou seus regulamentos. O resultado desse trabalho é o padrão EN 16.841 (ELST; DELVA, 2016), que apresenta dois métodos para avaliação em campo dos odores no ar ambiente. O primeiro método consiste em dividir uma área de interesse em áreas menores e fazer avaliações em cada uma delas com o grupo de avaliadores, para determinar o nível de exposição ao odor. Enquanto o segundo método verifica a extensão da pluma de odor a partir de uma fonte, sob condições meteorológicas específicas (EN, 2016a, 2016a).

No Japão, várias fábricas e prefeituras possuem acordos entre si de proteção ao meio ambiente, com normas mais rígidas que as de cumprimento obrigatório. Para as demais, se o empreendimento não consegue atender aos parâmetros e afeta a vida dos moradores,

primeiro é aconselhado a fazer melhorias na operação e ações preventivas; após é obrigado a melhorar as condições dentro de um prazo estabelecido. Caso desrespeite, há penalidades previstas: até um ano de prisão ou pagamento de multas de milhares de reais (JAPÃO, 2003).

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental do país não considera o odor como um poluente. Portanto, fica sob responsabilidade de cada unidade da federação de estabelecer seus próprios critérios. Um estudo de Mahin (2001) exemplificou que até para um gás odorante comum como o H<sub>2</sub>S há limites permitidos diferentes para cada estado dos EUA, de 1 ppbv a 120 ppbv. Mesmo sem legislação à nível federal, há a norma ASTM E679-19, que padroniza a determinação dos limites de odor por olfatometria dinâmica. Todavia, na ausência de leis específicas ou regulamentos, os processos judiciais devido aos incômodos utilizam artigos genéricos para fundamentar as solicitações. O resultado disso é que, ao não padronizar o que é um incômodo olfativo, torna-se difícil dar seguimento as solicitações das partes (BOKOWA *et al.*, 2021).

Tabela 1: Comparativo de abordagens usadas para avaliação de odor

Abordagem geral	Método	País	Prós	Contras
(1) Medição da emissão	(a) Medição da concentração de odor na fonte de emissão	Japão (medição do Índice de Odor), China, Colômbia, Canada (Quebec), Alemanha, Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há forte relação com o odor sentido pela população</li> </ul>
	(b) Medição da taxa de emissão de odor na fonte de emissão	Japão, Canadá, Alemanha, Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada para fontes pontuais e para áreas de emissão de odor;</li> <li>• Mais relacionada à percepção de odor comparando com apenas a concentração do odor na fonte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não padronizado para fontes de área passiva (exceção Alemanha)</li> <li>• Não aplicável para fontes difusas</li> <li>• Não aplicável para fontes com variação de emissão ao longo do tempo</li> <li>• Não há relação direta com o odor percebido pelos cidadãos (condições meteorológicas e distância dos receptores não considerada)</li> </ul>
	(c) Medição da concentração de substâncias odorantes específicas	EUA, Espanha, Canada, Austrália, Nova Zelândia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica com alta confiança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não representa uma mistura complexa de odor</li> <li>• Não há relação direta com o odor sentido pela população</li> </ul>
	(d) Medição da taxa de emissão de substâncias odorantes específicas	Japão, Canadá, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não representa uma mistura complexa de odor</li> <li>• Não há relação direta com o odor sentido pela população</li> </ul>
(2) Medição no limite das instalações	(a) Medição do índice de odor no limite da propriedade	Japão, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada</li> <li>• Relação direta com a percepção de odor dos cidadãos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limite da empresa pode não ser próximo a casas</li> </ul>
	(b) Medição da concentração de uma substância odorante específica no limite da propriedade	Japão, Canadá, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não representa uma mistura complexa de odor</li> <li>• Não há relação com o odor sentido pela população</li> </ul>
(3) Limite de impacto	(a) Distâncias de separação definidas com modelo de dispersão		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possível avaliar diferentes cenários</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas aplicável para novas instalações</li> <li>• Não há forte relação com o odor sentido pela população</li> </ul>
	(b) Distância de separação baseada em equações empíricas	Estados Unidos da América, Canadá, Austrália e Nova Zelândia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil aplicação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas aplicável para novas instalações</li> <li>• Não há forte relação com o odor sentido pela população</li> </ul>
(4) Avaliação de exposição	(a) Modelos de dispersão	Itália (Lombardia, Piemonte, Trento), Canadá (Ontário), França, Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serve ao propósito de previsão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem padronização</li> <li>• Modelos distintos podem ter resultados diferentes</li> <li>• Dificil utilização em fontes complexas (emissões difusas e variáveis)</li> </ul>
	(b) Inspeção em campo	Alemanha, Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia padronizada</li> <li>• Relação direta com o percebido pelo nariz humano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de estudo é de meses a anos</li> <li>• Não considera condições meteorológicas atípicas</li> <li>• Dificuldade de acesso às áreas de estudo</li> </ul>
	(c) Olfatometria em campo	EUA (estados e cidades)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensura baixas concentrações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturação do olfato, pode causar medições imprecisas</li> </ul>
	(d) Ciência cidadã	<i>Estudos em pequena escala</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No geral, custos menores que outras técnicas (não há equipamentos nem treinamentos)</li> <li>• Maior quantidade de dados</li> <li>• Possível de reduzir o viés se o número de participantes for efetivo e se conseguir validar os dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem padronização</li> <li>• Risco de enviesamento por parte dos cidadãos</li> <li>• Inefetivo em situações de conflitos judiciais</li> <li>• Dificuldade de validar cada percepção</li> </ul>
	(e) Levantamento de reclamações da população	EUA (algumas cidades), Colômbia, Nova Zelândia, Austrália, Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de implementar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risco de enviesamento por parte dos cidadãos</li> <li>• Inefetivo em situações de conflitos judiciais</li> <li>• Dificuldade de validar cada reclamação</li> </ul>
	(f) Regulamento pós reclamações	Reino Unido, Colômbia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é necessário medições</li> <li>• É preciso que as autoridades mostrem quais condições pré-estabelecidas não foram cumpridas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode necessitar de intervenção via judicial</li> </ul>
	(g) Sistemas de monitoramento de odor instrumental	França	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição contínua</li> <li>• Possibilidade de discriminar odor/fonte do odor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não padronizado</li> <li>• Deve ser conectado às medições de odor</li> </ul>



Uma forma de avaliar a intensidade é utilizar 1-butanol como substância de referência em diferentes concentrações. Os participantes do painel avaliam esse parâmetro das amostras de odores comparando com as intensidades dos padrões. Nessa etapa, é avaliada somente a intensidade do odor, porém o caráter não é considerado (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001).

**Tabela 2:** Nível de intensidade de odor padronizado pela norma ASTM E544-18

Nível de intensidade	Concentração 1-butanol (g.L-1)	Intensidade odorante
1	0,001	Muito fraco
2	0,010	Fraco
3	0,100	Médio
4	1,000	Forte
5	10,000	Muito Forte

Fonte: ASTM E544-18 (2018)

A hedonicidade é um termo utilizado para classificar a agradabilidade de um odor. Nessa etapa, a intensidade e o caráter não são considerados. O valor hedônico geralmente é apresentado na forma de escala, iniciando em extremamente agradável, com pontuação positiva, e terminando em extremamente desagradável, com pontuação negativa (SNAITH *et al.*, 1995).

O incômodo gerado pelo odor é frequentemente definido como uma função dos fatores: frequência, intensidade, duração, ofensividade e localização (FIDOL). Frequência é a periodicidade a que as pessoas estão expostas ao odor, podendo ser definida por porcentagens. Até mesmo um odor inicialmente agradável pode tornar-se desagradável se presente por muito tempo no ambiente, por exemplo. Intensidade indica o nível de percepção do odor, não necessariamente relacionada linearmente com a concentração dos compostos no ar. Duração é o tempo transcorrido de determinada exposição ao odor. Ofensividade está relacionada subjetivamente à agradabilidade do odor. Localização está relacionada aos arredores da fonte de odor e à sensibilidade das pessoas nestes locais. Locais como hospitais, escolas e áreas de lazer podem deixar as pessoas mais sensíveis aos odores (FREEMAN; CUDMORE, 2002).

As fontes de emissão de odor são diversas, podendo ser de origem natural ou de origem antropogênica. As atividades industriais são responsáveis pela emissão de diversas dessas substâncias no ar. Aterros, centrais de compostagem, abatedouros, curtumes, indústrias petroquímicas, alimentícias e de celulose são alguns exemplos dessas fontes (SCHIFFMANN, WILLIAMS, 2005).

As emissões de odores das indústrias geralmente são misturas complexas de substâncias. Há quatro tipos de efeitos gerados quando há dois ou mais componentes: adição linear, sinergismo, hipoatividade e supressão. A adição linear é soma dos efeitos individuais. Alternativamente, sinergismo é quando a mistura gera uma resposta maior do que as substâncias individuais. Já quando há uma predominância significativa de apenas um dos componentes, define-se hipoatividade. A última categoria é a supressão, em que o resultado da combinação tem um efeito menor. Quanto maior a quantidade de diferentes odorantes, mais complexo torna-se classificar em uma categoria e demonstrar como é essa relação (CAPURRO *et al.*, 2012).

Apesar da subjetividade da percepção de odor, vários sintomas físicos são relatados: enjoo, dores de cabeça, de garganta, coriza, congestão nasal, tosse, lacrimação e vermelhidão ocular e falta de ar. Além desses, há também os psicológicos como estresse, alterações comportamentais, irritabilidade, depressão e angústia (BUETTNER, 2017; KADOHISA, 2013). Pessoas em áreas afetadas negativamente por esses odores tendem a ter uma sensibilidade maior, sendo que até percepções de curta duração e baixa intensidade podem desencadear uma resposta acima do esperado (BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020; BRANCHER *et al.*, 2017).

### 2.2.2 Técnicas Analíticas

As técnicas mais utilizadas são as análises volumétricas, gravimétricas, colorimétricas e cromatográficas. A técnica mais explorada na literatura é a cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massa. Ela possui vantagens sobre as demais para análise de odorantes orgânicos, pois além de ser capaz de quantificar as substâncias presentes na amostra do odor, também pode identificar quais são os compostos da mistura. Entretanto, o nariz humano ainda consegue detectar odor em concentrações inferiores ao limite de detecção desses instrumentos (BRATTOLI *et al.*, 2011, 2013; FRANCESCO *et al.*, 2001).

Quando o odor é resultado de uma substância principal, é possível utilizar sensores eletroquímicos específicos para determinado composto, que possuem custos na faixa de centenas de dólares americanos. Normalmente, seu uso é para concentrações maiores, na faixa de 1 a 10 ppm. Há também instrumentos portáteis, tais como os detectores de chama por ionização (FID – do inglês *flame ionization detector*) e os detectores por fotoionização (PID – do inglês *photo ionization detector*). Nesses instrumentos, há a pirólise das substâncias analisadas e permitem determinar a concentração, sendo que a diferença principal está no mecanismo de ionização (BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020).

### 2.2.3 Técnicas Sensoriais

Para as medições sensoriais é o olfato das pessoas, geralmente um grupo selecionado, que atuara como detector de odor. É uma ferramenta capaz de avaliar uma mistura complexa de substâncias e seu efeito total, mesmo que não seja possível isolar quais compostos são responsáveis pelo odor nem a concentração das substâncias (STUETZ, 2001).

A variabilidade se dá pela intrínseca variabilidade biológica entre seres humanos. Uma vantagem é que o nariz humano pode possuir uma sensibilidade superior a analisadores químicos, podendo perceber odor em amostras com concentrações inferiores às dos equipamentos de laboratório. Nesses casos, a seleção dos indivíduos que desempenham essa atividade deve ser padronizada e seguir metodologias (ZARRA *et al.*, 2008).

#### **Olfatometria de diluição dinâmica**

Olfatometria de diluição dinâmica é uma das técnicas mais utilizadas para determinar a concentração do odor, tendo sido incorporada, por exemplo, na Austrália, no Chile e na Colômbia (BOKOWA *et al.*, 2021; BRANCHER *et al.*, 2017). Ela consiste na utilização de um equipamento chamado olfatômetro que dilui a amostra de odor em diferentes proporções e

um painel de pessoas que determina o limite de percepção, resultando em uma concentração de odor, em  $\text{UO.m}^{-3}$  (uma pseudodimensão, visto que na prática é um fator de diluição) (BUETTNER, 2017).

As respostas dos participantes são avaliadas por métodos estatísticos, a fim de garantir precisão e repetibilidade. As amostras coletadas requerem que a análise seja feita em um período de horas ou dias, sendo essa uma desvantagem. Os resultados do Limite de Percepção de Odor podem ser baseados na norma EN 13.725 da União Europeia, que é um padrão para determinação da concentração por olfatométrica dinâmica, ou pela norma semelhante ASTM E679-19, dos Estados Unidos. Na Austrália a norma europeia foi adaptada para AS 4323.1 e no Chile para NCh 3190, a principal diferença é um menor detalhamento nos requerimentos técnicos e nas descrições de execução (BUETTNER, 2017).

Conforme Buettner (2017), dentre os fatores que interferem nas medições por olfatométrica dinâmica, estão:

- a) Unidades de diluição (olfatômetro): necessária a acurácia e estabilidade entre as etapas de diluição, fluxo volumétrico e qualidade dos materiais utilizados;
- b) Gases padrão: estabilidade durante o armazenamento e transporte, procedência do gás;
- c) Painel de pessoas: a média e desvio padrão das medições realizadas nos gases padrão;
- d) Local da análise: qualidade do ar, temperatura e silêncio;
- e) Amostragem e armazenamento da amostra devem ser adequados.

### **Olfatométrica de campo ou inspeção de campo**

O método de olfatométrica de campo consiste em um equipamento que obtém diferentes diluições de acordo com o diâmetro do orifício do ar de entrada, que é regulável. Assim como na olfatométrica dinâmica, também a percepção também é realizada pelo olfato das pessoas devidamente capacitadas. Há diferentes fabricantes, sem uma padronização para os fatores de diluição (BOKOWA *et al.*, 2021; BUETTNER, 2017)

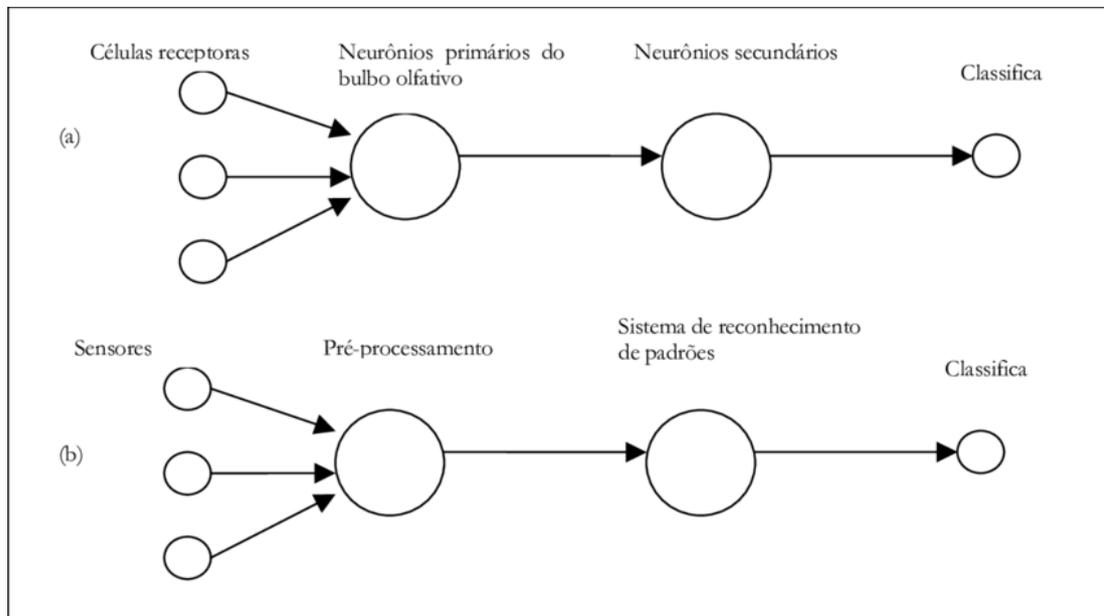
Olfatômetros de campo são úteis na verificação de reclamações de odor, pois fornecem um valor numérico para avaliar o impacto do odor. Entretanto, cada modelo possui características únicas, o que não permite uma generalização dos resultados. Alguns modelos são de difíceis manuseio, causam desconforto, não possuem uma vedação adequada e causam uma saturação nas células olfativas. Equipamentos mais modernos contornam algumas dessas desvantagens e aproximam-se da olfatométrica dinâmica, porém não são precisos em amostras diluídas ( $2 \text{ UO.m}^{-3}$  a  $60 \text{ UO.m}^{-3}$ ) ou em determinadas faixas (ex. 2000 e 4000  $\text{UO.m}^{-3}$ ) (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006).

#### **2.2.4 Técnicas Senso-Instrumentais**

Uma técnica mais recente são os chamados narizes eletrônicos, que utilizam sensores químicos não-seletivos, tratamento e processamento das informações. É possível identificar, detectar ou até mesmo diferenciar entre diferentes odores, através da comparação com

espectros de um odor específico, conforme esquema da Figura 1. Estudos mostram que esses equipamentos são úteis apenas quando desenvolvidos para determinadas emissões e calibrados para aquele ambiente específico (CAPELLI; SIRONI; DEL ROSSO, 2014).

Figura 2: Representação esquemática (a) um nariz biológico e (b) um nariz eletrônico.



Fonte: FERREIRA (2022)

Para conseguir um adequado funcionamento desses equipamentos, é necessário um banco de dados com informações das misturas de odores. É feita uma adequação do equipamento através da análise prévia de amostras gasosas em diferentes concentrações e de diferentes fontes, para definir as classes olfativas que devem ser reconhecidas. Seu funcionamento normalmente ocorre através da amostragem de ar contínuo, através de uma bomba de vácuo, para uma câmara inerte na qual estão os sensores. A interação das substâncias da amostra com os componentes dos sensores gera uma resposta que depois é enviada para a unidade de processamento (FRANCESCO *et al.*, 2001; GIUNGATO *et al.*, 2016).

É um equipamento de custo acima de mil dólares mas pode ser justificável em determinadas situações que o monitoramento contínuo é necessário. Pode antecipar um possível incômodo da comunidade e permitir ações preventivas na fonte de origem, a fim de minimizar ou eliminar o impacto. Não é padronizado, mas pode ser usado como uma tecnologia complementar (BRANCHER *et al.*, 2017; CAPELLI; SIRONI; DEL ROSSO, 2014; CAPELLI; SIRONI; ROSSO, 2013).

### 2.2.5 Critérios de impacto do odor

Os critérios de impacto de odor (do inglês *Odour Impact Criteria* – OIC) são valores limites para verificar o atendimento à legislação. São utilizados modelos de dispersão para calcular as concentrações em receptores e comparar com um ou mais dos seguintes critérios: limite de concentração de odor ( $C_t$ ), porcentagem de atendimento ao limite imposto (P) e tempo médio para cálculo de concentração no modelo de dispersão atmosférico ( $A_t$ ) (VIEIRA, 2013).

Em casos que o OIC é especificado em pequenos intervalos de tempo, utiliza-se um fator de correção (F) para considerar no modelo as emissões com cargas elevadas de odor pois numa escala de tempo maior são suavizados pela média (BRANCHER *et al.*, 2017). Para regiões que necessitam de maior restrição, os parâmetros  $C_t$  e P podem ser adaptados.

Para exemplificar, se é necessário atendimento em 95% do tempo, considerando dados horários meteorológicos de um ano, são calculadas 8760 (24 horas por dia x 365 dias) concentrações de odor para cada receptor, através de um modelo de dispersão. Portanto, em um ano são permitidas 438 (5% de 8760) concentrações horárias que ultrapassam o valor estabelecido de  $C_t$ .

### 3 Materiais e Métodos

O presente estudo teve por objetivo reunir trabalhos referentes à temática emissões de odores, analisando as regulações em vigor no Brasil e em outros países, bem como os métodos disponíveis para análise desses poluentes. Três estados brasileiros foram escolhidos para análise de suas legislações pelos seguintes motivos: Rio Grande do Sul, por ser o estado do autor e de sua universidade; São Paulo, por concentrar um número expressivo de indústrias e por ser pioneiro em diversas temáticas ambientais; e Paraná, por possuir critérios dedicados à temática de odor, como forma de monitoramento, controle e preservação da qualidade do ar.

A metodologia de pesquisa para a legislação, artigos, teses, dissertações e livros em acervos digitais consistiu em buscar inicialmente as seguintes palavras-chave: "emissões atmosféricas" + "CONAMA" ou "CONSEMA" ou "CETESB" ou "lei" ou "decreto" ou "diretriz", "*odour regulation*" (regulamentação odor), "*odour legislation*" (legislação odor), "*odour impact*" (impacto odor), "*odour analysis*" (análise odor) e "*olfatometry*" (olfatometria). Outros termos em combinação com os anteriores foram utilizados pontualmente quando necessária a complementação de informação, tais como "*sensory method*" (método sensorial), "*odour regulation*" (regulamentação de odor), "*field inspection*" (inspeção em campo), "*dynamic olfatometry*" (olfatometria dinâmica), "*eletronic nose*" (nariz eletrônico) e "*dispersion model*" (modelo de dispersão).

Os acervos utilizados foram o *Scielo*, *ScienceDirect*, Periódicos Capes e repositórios de universidades brasileiras. Artigos de revisão como os dos autores Brancher *et al.* (2017) e Bokowa *et al.* (2021) foram usados como base para iniciar a pesquisa da temática. Devido ao constante aprimoramento nas legislações e equipamentos, foi abordado apenas aquilo que possui, respectivamente, vigência e aplicabilidade atual. A seleção dos artigos foi feita com base nos critérios de relevância e, através dos mecanismos dos sites, ordenou-se de maneira decrescente a busca entre os anos de 2022 a 2000, priorizando sempre os mais recentes. Livros selecionados foram utilizados para elucidar conceitos fundamentais.

Os materiais posteriormente foram filtrados para aqueles que possuíam relação a emissões de origem antropogênica e de indústrias, sendo excluído, por exemplo, odores gerados por atividades agrícolas, pecuárias e restaurantes. Trabalhos contemplando diversos países foram encontrados, mas se optou por focar nos diferentes métodos utilizados e incluir uma tabela comparativa sucinta e com alguns países de referência.

Optou-se por abranger as técnicas de maneira sucinta, porém pontuando suas vantagens e desvantagens. Também, não foram incluídos os critérios de impacto de odor de cada país, já que o escopo do trabalho não inclui a realização de uma comparação numérica, e sim conceitual. Desse modo, o trabalho não contempla todos os estudos publicados com as palavras-chave escolhidas, porém terá uma análise crítica do material selecionado.

## 4 Resultados

### 4.1 Legislação e regulamentações

Ao contrário do que ocorre com poluentes atmosféricos convencionais, como, por exemplo, o dióxido de carbono, as emissões de odor podem ser percebidas pelos próprios cidadãos, sem nenhum instrumento e em concentrações menores àquelas consideradas prejudiciais à saúde (BUETTNER, 2017).

A Tabela 3 resume os documentos vigentes que foram avaliados nesse estudo. Percebe-se que, mesmo havendo referência aos odores e a seus possíveis incômodos, não há qualquer definição de critérios de impacto de odor a serem seguidos. Conforme os autores BRANCHER (2017) e VIEIRA (2013), o estado do Paraná é o único que estabelece os métodos que devem ser usados na amostragem e análise de emissões de odor. Mesmo assim não contempla os demais fatores que têm influência no impacto odorante.

Essas lacunas na jurisdição brasileira sobre emissões de odores podem causar problemas à sociedade e ao meio ambiente. Além disso, evidenciam a indiferença e o atraso com questões ambientais à nível global (BOKOWA *et al.*, 2021). Enquanto em alguns países europeus, asiáticos e da Oceania essa temática é regulamentada há mais de décadas, passando por debates e aprimoramentos, isso não ocorre no cenário brasileiro.

**Tabela 3:** Legislação pertinente a emissões atmosféricas e/ou odores no Brasil, RS, SP e PR  
**Tabela3:Legislação pertinente a emissões atmosféricas e/ou odores no Brasil, RS, SP e PR (continuação)**

Local	Referências	Pontos relevantes
Brasil	Constituição de 1988	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos devem defender e preservar o meio ambiente para gerações futuras (BRASIL, 1988)</li> </ul>
	Lei Federal Nº 6.938	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição engloba atividades que prejudicam a saúde, a segurança e o bem-estar da população (BRASIL, 1981)</li> </ul>
	Resolução CONAMA Nº 382 e Nº 436	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define limites de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas após e antes de 2/1/2007 (BRASIL, 2011, 2006)</li> <li>• Odores que ultrapassem o limite físico do empreendimento e causem incômodos podem diminuir os limites previamente estabelecidos (BRASIL, 2011, 2006)</li> </ul>
	Resolução CONAMA Nº 491	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define padrões da qualidade do ar (BRASIL, 2018)</li> </ul>
Rio Grande do Sul	Diretriz Técnica Nº 01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define limites de emissão de poluentes de maneira mais detalhada que as Resolução CONAMA Nº 382/2006 e Nº 436/2011 (RIO GRANDE DO SUL, 2018)</li> <li>• Atividades não podem emitir substâncias odoríferas na atmosfera que sejam perceptíveis fora dos limites da propriedade e</li> </ul>

**Tabela 3:** Legislação pertinente a emissões atmosféricas e/ou odores no Brasil, RS, SP e PR (continuação)

Local	Referências	Pontos relevantes
		que causem desconforto respiratório ou olfativo na população (RIO GRANDE DO SUL, 2018)
	Lei Estadual Nº 15.434	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmosfera se mantém íntegra se há dispersão dos poluentes atmosféricos (RIO GRANDE DO SUL, 2020)</li> </ul>
	Decreto Estadual Nº 55.374	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelece penalidades para aqueles que causarem significativo desconforto respiratório e olfativo, recorrente, devido à poluição atmosférica (RIO GRANDE DO SUL, 2020)</li> </ul>
São Paulo	Decreto Estadual N.º 8.468	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelece a incineração, em pós queimadores ou sistemas superiores, das substâncias odoríferas geradas em determinadas fontes (SÃO PAULO, 1976)</li> <li>• Sistemas de controle deverão adotar a melhor tecnologia prática disponível (SÃO PAULO, 1976)</li> </ul>
	Decreto Estadual Nº 59.113	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define padrões da qualidade do ar (SÃO PAULO, 2013)</li> </ul>
Paraná	Resolução SEMA Nº 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer distância suficiente de determinadas atividades para evitar incômodo aos núcleos populacionais (PARANÁ, 2014)</li> <li>• Sistemas de controle deverão adotar a melhor tecnologia prática disponível (PARANÁ, 2014)</li> <li>• Prevê transferência de local para atividades em desacordo com zoneamento urbano (PARANÁ, 2014)</li> <li>• Avaliação do odor deve utilizar normas estrangeiras (PARANÁ, 2014)</li> </ul>

Por não haver regulamentação à nível federal, cidadãos ficam desprotegidos legalmente em seus estados e cidades quando são impactados por essas emissões odoríferas. Os indivíduos também podem agravar a sua condição de saúde ao associar, de forma equivocada, odores desagradáveis ao desenvolvimento de doenças físicas (LORIATO *et al.*, 2012).

Ao estabelecerem legislações e regulamentos, os órgãos ambientais frequentemente generalizam suas definições de poluentes (BRASIL, 1981a), a fim de contemplar inúmeras substâncias. Por um lado, isso pode ser benéfico pois não limita um possível impacto causado pelo surgimento de novos poluentes. Do outro, há a dificuldade de saber quais compostos e a forma como o monitoramento e controle devem ocorrer. Tanto a nível federal quanto no Rio Grande do Sul, as empresas não podem emitir substâncias odoríferas que sejam percebidas

fora de seus limites, impondo uma restrição muito genérica, sem considerar os fatores subjetivos envolvendo a temática odor. Além disso, na necessidade de solucionar conflitos entre indústrias e pessoas, os órgãos ambientais carecem de embasamentos legais e tornam-se omissos.

Em um processo ideal, toda e qualquer substância odorífera seria capturada e tratada na fonte, sem atingir as pessoas. Entretanto, o custo dessa solução pode tornar inviável a própria operação da atividade industrial, impactando a economia local e o fornecimento de bens de consumo.

Na União Europeia já há referências para Melhor Tecnologia Prática Disponível (MTPD), estabelecendo limites de emissão conforme a fonte. A única referência já estabelecida pelas organizações europeias de normalização para emissão de odor é para tratamento de resíduos, limitando de 200 a 1000  $OU_E \cdot m^{-3}$  para tipos de tratamento de resíduo biológico (BOKOWA *et al.*, 2021). Uma alternativa para o Brasil é a elaboração de guias de referências para setores produtivos, que devem ser atualizadas periodicamente por corpo técnico qualificado. Para novas instalações ou ampliações das existentes, seu uso deveria ser obrigatório, a menos que um estudo de viabilidade técnica mostre o contrário e haja acordo entre as partes interessadas e impactadas.

Exigir monitoramento e estabelecer limites de padrão em fontes fixas para compostos pré-determinados não garante que não ocorrerá incômodos, mesmo quando há o cumprimento do solicitado (CAPELLI *et al.*, 2013). Os estudos de dispersão matemáticos utilizando dados históricos meteorológicos são consolidados para dimensionamento de fontes pontuais, como chaminés, e que apresentam estabilidade nos parâmetros de saída. Já os modelos dinâmicos, com informações em tempo real, resultam em melhores aproximações. Ainda, é possível validá-lo com olfatométria em campo e realização de ajustes. Já as emissões fugitivas e transitivas são de difícil controle de processo e de regulamento ambiental. É necessário que empresas identifiquem e reparem, a fim de evitar a perda de produtos, causar danos à saúde de seus funcionários e, principalmente, causem danos ao meio ambiente e pessoas.

O modelo alemão oferece uma alternativa ao brasileiro, visto que ele é explícito ao estabelecer que as emissões de odor de indústrias são potenciais causadoras de incômodos e que devem ser minimizadas em sua origem, bem como devem atender valores padronizados para cada atividade (BAX; SIRONI; CAPELLI, 2020). Além disso, orienta quais normas devem ser usadas, a fim de garantir repetibilidade nos resultados. Desta forma, a padronização e a análise estatística reduzem a variabilidade intrínseca da percepção do olfato humano, sendo esse um resultado desejado.

No modelo japonês, as autoridades delimitam áreas reguladas, que necessitam estar de acordo com a legislação de odor. Também instruem a realização de inspeções no local afetado para fins de atendimento, onde as empresas realizam olfatométria ou análises químicas (HIGUCHI, 2007; JAPÃO, 2003). Apesar de terem, à nível federal, uma lista de odorantes ofensivos e valores de concentração aceitáveis nos limites da propriedade, os municípios também estabelecem limites mais baixos caso seja comprovado o incômodo da população. A progressão de penalidades ao descumprirem o solicitado pelas autoridades pode levar à prisão dos responsáveis por até um ano, demonstrando que aqueles que não estão de acordo serão punidos.

O Japão mostra que o debate colaborativo entre empresas e comunidade pode levar a resultados melhores que os previstos em lei (HIGUCHI, 2007). Levando em consideração que o incômodo olfativo é multifatorial, pessoas que possuem compreensão, entendimento e bom relacionamento com as empresas podem sentir menos incômodo. Ou seja, a própria maneira da empresa se comunicar e buscar soluções com a comunidade pode ser benéfico para ela. O contrário também ocorre, no momento que a empresa não cumpre o acordo, o impacto causado pode ser maior (KADOHISA, 2013).

A partir da Tabela 1, nota-se uma tendência dos países europeus e norte-americanos em regular o odor nos receptores, ao invés de limitar as emissões nas fontes. Na China e no Japão possuem regulações para ambas situações (BOKOWA *et al.*, 2021). Isso mostra que a combinação de restrições, dentro e fora das indústrias, são estratégias benéficas para reduzir os incômodos.

O histórico dos outros países mostra que é necessário implementar essas legislações e regulamentos para que se tenha avanço nesse assunto (BOKOWA *et al.*, 2021; BRANCHER *et al.*, 2017; LORIATO *et al.*, 2012). Há vários modelos em uso hoje no mundo, enquanto o Brasil carece de legislação básica nesse assunto. Portanto, as implementações devem ocorrer de maneira gradual e com prazos bem definidos para regularização.

Além disso, as legislações ambientais devem ser pautadas para o desenvolvimento econômico ao mesmo tempo que garantem a preservação do meio ambiente. O que não pode ocorrer é a ausência de definições mais rígidas, a fim de atrair e permitir atividades sem os devidos controles ambientais. O custo de regular ou de não regular não deve ser visto apenas sob o viés financeiro. Entretanto, isso não impede que sejam concedidos incentivos fiscais e que, em retorno, parte dos recursos das empresas sejam convertidos para fomentar o debate entre um corpo técnico ambiental e a população, para o estabelecimento de critérios de controle.

Um dos fatores FIDOL é a localização, que por vezes é negligenciado pelos órgãos competentes na hora de autorizar a construção de escolas, hospitais e residências, por exemplo (FREEMAN; CUDMORE, 2002). O zoneamento de uma cidade deve ser bem planejado e respeitado, não sendo alterado frequentemente apenas para suprir um interesse econômico pontual. Determinadas áreas desabitadas podem sofrer impactos de uma indústria já existente, mas deve se considerar que não existem reclamações ou incômodos aparentes devido ao fato de não haver pessoas morando ali. Uma alteração em um zoneamento, permitindo moradia de pessoas pode ser um problema. No estado do Paraná há a resolução SEMA N° 16 que permite que seja exigida a mudança de local de empresas que não estiverem em conformidade com o zoneamento prévio ou que não consigam controlar suas emissões satisfatoriamente (PARANÁ, 2014).

Outra questão relevante é a urbanização e a tendência das novas indústrias de se instalarem em outras áreas, mas ainda próxima aos centros urbanos (FREITAS, 2013) É provável que áreas com menor densidade populacional apresentem menos pessoas afetadas. Ou seja, algumas indústrias, ao invés de investirem em tratamentos e aplicações adequadas para tratar o odor, escolhem esses locais para se esquivar de obrigatoriedades mais severas. Entretanto, o número de pessoas incomodadas não pode ser fator de decisão único em um momento que não há clareza de quais são os níveis permitidos.

## 4.2 Técnicas de medição de odores

Os métodos analíticos permitem a obtenção de informações precisas e com acurácia. São úteis para identificar as substâncias presentes nas misturas de odores e também para determinar suas concentrações. Todavia, sabe-se que a percepção olfativa humana não é direta nem linearmente relacionada a esses fatores. Em ambientes controlados, como laboratórios, e com amostras de apenas um ou dois compostos ainda é possível estabelecer correlações. Na prática, as emissões de odores das indústrias são misturas complexas e necessitam de análises complementares (BUETTNER, 2017). Esses métodos não são utilizados para avaliar o impacto odorífero justamente pelo olfato humano ser multifatorial e não responder linearmente com concentrações de substâncias no ar. A Tabela 4 mostra os pontos positivos e negativos de se usar três técnicas disponíveis, que apresentam maior quantidade de estudos na literatura.

**Tabela 4:** Comparativo de três técnicas analíticas para análise de odor.  
Tabela4:Comparativo de três técnicas analíticas para análise de odor (continuação).

Técnicas analíticas	Vantagens	Desvantagens
GC-MS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica padronizada e reconhecida</li> <li>• Possibilidade de identificar e quantificar vários componentes</li> <li>• Possibilidade de realizar análise tanto na emissão quanto no receptor</li> <li>• Possibilidade de usar dados nos modelos de dispersão atmosféricas</li> <li>• Avaliação objetiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não possui informação do impacto do odor</li> <li>• Não aplicável para mistura complexa com concentrações baixas</li> <li>• Requisitos técnicos elevados</li> <li>• Limites de detecção maiores que limites percebidos pelo olfato humano</li> <li>• Necessita de calibração precisa</li> <li>• Possível interação entre odorantes</li> </ul>
Medidores de compostos específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possível fazer medição no receptor</li> <li>• Possível de controlar emissões acidentais</li> <li>• Interface simples</li> <li>• Avaliação objetiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não aplicável em amostras com muitos compostos e/ou baixas concentrações</li> <li>• Utilizável apenas com fontes de determinada emissão</li> <li>• Resultados variam conforme sensor</li> </ul>

**Tabela 4:** Comparativo de três técnicas analíticas para análise de odor (continuação).

Técnicas analíticas	Vantagens	Desvantagens
		e tipo de instrumento <ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo elevado</li> <li>• Sem correlação com a concentração do odor</li> <li>• Não reconhece a fonte da emissão</li> </ul>
Nariz eletrônico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise contínua do ar ambiente no receptor</li> <li>• Determinação direta da presença ou ausência de odor em áreas de interesse</li> <li>• Possibilidade de determinar origem do odor, em caso de múltiplas fontes</li> <li>• Reconhecimento/classificação do odor</li> <li>• Avaliação objetiva</li> <li>• Efeito positivo com a população que reconhece a presença de equipamento com monitoramento contínuo do ar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausência de regulamentação que padronize o método</li> <li>• Instrumento complexo, necessitando de procedimentos para seu uso</li> <li>• Não-seletivo, pode apresentar resultados de interação de odorantes</li> </ul>

Fonte: CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020 (tradução e adaptação do autor)

Os narizes eletrônicos podem ser classificados como analíticos, pois não dependem da análise do olfato humano durante seu funcionamento, ou, alternativamente, alguns autores classifica-os como senso-instrumentais. O sistema de detecção de gás se assemelha dos receptores olfativos dos humanos, visto que respondem de maneira distinta para cada substância. O aumento do número de sensores não demonstra correção linear na maior precisão de identificação de odores distintos, mesmo ao adicionar sensores que, isoladamente, possuem maior afinidade por determinada fonte de odor (CAPELLI; SIRONI; DEL ROSSO, 2014; GIUNGATO *et al.*, 2016). Por isso, a escolha e estudo de quais sensores utilizar é etapa fundamental no bom funcionamento dessa tecnologia.

Os métodos sensoriais ainda são importantes para avaliar os incômodos olfativos, uma vez que conseguem perceber odores em concentrações que métodos analíticos não detectam e atribuem características que instrumentos não conseguem (BRATTOLI *et al.*, 2011). A aplicação de ambos métodos, entretanto, complementa informações e auxilia na compreensão do problema. A olfatométrica dinâmica é consolidada na União Europeia e é utilizada na jurisprudência de vários países (BRANCHER *et al.*, 2017). Seu destaque é resultado da padronização de metodologias, possibilitando reproduzir resultados coerentes mesmo que seja uma técnica baseada no olfato de pessoas diferentes. A Tabela 5 mostra os pontos

positivos e negativos das três técnicas disponíveis, que apresentam maior quantidade de estudos na literatura.

**Tabela 5:** Comparativo de três técnicas sensoriais para análise de odor.

Técnicas sensoriais	Vantagens	Desvantagens
Olfatometria dinâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica padronizada e reconhecida</li> <li>• Parâmetros do equipamento são personalizáveis</li> <li>• Parâmetros do equipamento são personalizáveis</li> <li>• Alta sensibilidade</li> <li>• Possibilidade de utilizar dados em modelos de dispersão</li> <li>• Sensibilidade do olfato humano é melhor que dos instrumentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterização apenas quantitativa</li> <li>• Não permite monitoramento e medição contínua</li> <li>• Medição possui incertezas</li> <li>• Não aplicável a baixas concentrações</li> <li>• Tempo de execução elevado</li> <li>• Melhor repetibilidade se comparado às técnicas analíticas</li> <li>• Subjetivo à percepção de cada um</li> </ul>
Inspeção em campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinação direta do impacto do odor em termos de frequência (método da grade) ou área de impacto do odor no receptor (método da pluma)</li> <li>• Possibilidade de comparar resultados com outros dados</li> <li>• Possibilidade de validar modelos de dispersão</li> <li>• Sensibilidade do olfato humano é melhor que dos instrumentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo elevado</li> <li>• Muitos dados gerados</li> <li>• Dificuldade logística para identificar os trajetos e ficha de avaliação (Método da pluma)</li> <li>• Dificuldade de formar grupo de pessoas, disponíveis e que não estejam envolvidas naquele meio (Método da grade)</li> <li>• Sem valores de referência aceitáveis</li> <li>• Tempo de execução elevado</li> <li>• Subjetivo à percepção de cada um</li> </ul>
Registros da comunidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo custo</li> <li>• Útil para envolver e exercer a cidadania (efeito psicológico)</li> <li>• Sensibilidade do olfato humano é melhor que dos instrumentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldades em organizar dados muito parecidos</li> <li>• Dados sem forte caráter científico</li> <li>• Sem valores de referência aceitáveis</li> <li>• Risco de viés</li> <li>• Tempo de resposta</li> <li>• Subjetivo à percepção de cada um</li> </ul>

Fonte: CONTI; GUARINO; BACENETTI, 2020 (tradução e adaptação do autor)

Um estudo comparativo entre laboratórios chineses e japoneses mostrou a importância da verificação entre laboratórios e a necessidade de troca de informações para se manter a reprodutibilidade e a confiança dos dados (HIGUCHI *et al.*, 2020). Conclui-se que é importante que esses laboratórios que realizam análises de odor, por olfatosmetria dinâmica ou outras técnicas, sejam auditados periodicamente e que sejam acreditados conforme normas do setor, como por exemplo a ISO 17.025 no Brasil. No caso de técnicas sensoriais, a análise de amostras iguais por diferentes laboratórios pode ser indicativa que os painelistas foram selecionados adequadamente e que a avaliação não é tendenciosa, conforme demonstrou Higuchi (2020).

Os narizes eletrônicos têm o potencial e a vantagem de serem instrumentos de monitoramento constante não-seletivos, auxiliando na avaliação do impacto do odor. Quando devidamente construídos e programados, conseguem extrair dados qualitativos e quantitativos do odor, além de discriminar as fontes de origem. Apesar de alguns modelos já serem comercializados, a baixa vida-útil de seus componentes internos, impossibilidade de manutenção, o alto custo de aquisição e falta de padronização ainda impedem um uso disseminado (CAPELLI; SIRONI; DEL ROSSO, 2014; FRANCESCO *et al.*, 2001; GIUNGATO *et al.*, 2016). No estudo de (GIUNGATO *et al.*, 2016), a seleção de sensores de acordo com o tipo de emissão foi uma etapa fundamental para garantir a aplicabilidade da tecnologia.

Distâncias de separação entre fontes de emissão de odor e população podem ser efetivas para evitar incômodos. Antigamente, esse critério era apenas um valor estipulado pelas autoridades com base na densidade populacional afetada. Atualmente, esses valores são calculados a partir de modelos matemáticos de dispersão atmosférica.

Há quatro principais aplicações para modelos de dispersão: avaliar a conformidade com base nos OIC de um novo empreendimento ou de um já instalado; correlacionar os resultados calculados com as reclamações recebidas; atuar em fontes específicas que tenham mais impacto; e avaliar mudanças nos parâmetros de processo com segurança (CAPELLI *et al.*, 2013).

A escolha de qual modelo utilizar parte de quais dados estão disponíveis, o grau de precisão que se deseja, recursos computacionais, tempo para obtenção de resultados e qual informação se deseja obter. No geral, é preciso que os dados meteorológicos, topográficos e de emissão sejam coletados de forma precisa e que sejam adequados para a situação em estudo (CAPELLI *et al.*, 2013). Por fim, a validação do modelo em campo precisa ser realizada para garantir a confiabilidade dos dados, mas também estará suscetível às limitações da técnica escolhida.

### **4.3 Possibilidades para regulamentações no estado do Rio Grande do Sul**

No estado do Rio Grande do Sul, “as atividades não poderão emitir substâncias odoríferas na atmosfera que sejam perceptíveis fora dos limites da área da propriedade da fonte emissora, e que causem desconforto respiratório ou olfativo na população” (RIO GRANDE DO SUL, 2018). Nessa ausência de critérios de avaliação objetivos, o órgão ambiental, as indústrias e as pessoas ficam suscetíveis a conflitos.

O órgão ambiental necessita de ferramentas criteriosas para avaliar e monitorar as empresas, garantindo que as emissões de odor não estão prejudicando significativamente aqueles que moram nas proximidades industriais. Para isso, as indústrias precisam elaborar seus projetos, ampliações e operações cientes dos critérios que devem atender ou, ao menos, se basear. Por fim, as pessoas precisam saber quais são os seus direitos, como eles são garantidos, a partir de qual limite ele é ultrapassado e quais serão as medidas ou penalidades aplicadas aqueles que descumpriram.

O benefício de implementar padrões, normativas e regulamentos é permitir a imparcialidade e evitar os excessos de todas as partes envolvidas nesse contexto de incômodos olfativos. Quando há critérios numéricos e objetivos, a ênfase está mais na prevenção do que na eliminação completa da poluição (NICELL, 2009). A impunidade por descumprimento a requisitos ambientais requer que infrações severas sejam aplicadas, seja pela prisão dos responsáveis legais ou por suspensão da licença em vigor de forma a impedir o lucro da empresa.

O avanço de outros países nesse assunto permite que as soluções deles sejam aproveitadas e aplicadas no estado, sem necessidade de tempo e altos investimentos para embasar estudos. De início, a adoção da medição de odor através da olfatometria dinâmica permite uma avaliação realista do impacto. Ao unir esses dados com modelos de dispersão atmosférica, é possível verificar, por exemplo, se melhorias nas fontes foram capazes de reduzir o impacto causado fora dos limites da propriedade emissora ou se mais ações são necessárias. A implementação gradual e planejada desses requisitos permite um avanço significativo comparado ao regulamentado atualmente.

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho, foram apresentadas diferentes abordagens regulamentadoras das emissões de odores e as técnicas disponíveis para mensurar suas características qualitativas e quantitativas. Chegou-se às conclusões que aqueles países que consideram as emissões de odores como poluentes e iniciaram o seu processo regulatório há muitos anos possuem melhores recursos para garantir o desenvolvimento econômico e ambiental. A falta de uma regulamentação bem definida pode ser prejudicial às empresas, que ficam sujeitas a arbitrariedades dos órgãos de fiscalização, e à população, que não tem amparo legal para verificar o que é permitido ou não. Ainda, a ausência de legislação específica na esfera federal e nas esferas estaduais, como é o caso do Brasil, aumenta a vulnerabilidade dos cidadãos.

Outro ponto é que sem maneiras confiáveis de medição do odor é impraticável estabelecer critérios para regular o impacto dessas substâncias. Nesse aspecto, os métodos sensoriais através do olfato humano juntamente com os métodos analíticos são essenciais para uma avaliação completa. Em parte, as diferentes abordagens das regulamentações dos odores surgem da dificuldade de conciliar os interesses políticos, econômicos, ambientais e, por vezes, questões técnicas. Portanto, aqueles que conseguem, ao regulamentar, utilizar todos os fatores FIDOL estão mais propensos a garantir os interesses de diferentes grupos.

Através da padronização das metodologias, a tendência é consolidar a medição de odores ao invés de substâncias odoríferas separadas. Modelos computacionais ainda são úteis para entender como as diferentes fontes de odor influenciam as áreas subjacentes, porém necessitam de dados e condições de entrada precisos para se obter resultados confiáveis. Já os narizes eletrônicos são uma tecnologia com potencial promissor que nos próximos anos devem ser integrados aos demais equipamentos de monitoramento contínuo de poluentes do ar. Portanto, não existe uma ferramenta isolada suficiente para a compreensão ampla das emissões de odor; conforme cada problema a ser resolvido, diferentes técnicas devem ser usadas em conjunto.

Há muitas maneiras de regulamentar as emissões de odor, em diferentes países. No estado do Rio Grande do Sul, pode-se ter avanços ao estabelecer legalmente o uso de metodologias já consolidadas no exterior, como já ocorre para outros assuntos. Além disso, as punições para infrações ambientais podem ser mais severas e a suspensão temporária da licença de operação pode ocorrer ao descumprir critérios definidos, aumentando a eficácia da regulamentação.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento em métodos específicos e/ou a realização de um estudo de caso, a fim de validar uma ou mais metodologias disponíveis de avaliação do impacto causado pela emissão(ões) de odor(es). Além desses, sugere-se a buscar oportunidades de melhoria nos narizes eletrônicos, para maior confiabilidade e durabilidade.

## REFERÊNCIAS

ASTM. **Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity**. USA: ASTM International, 2018. Disponível em: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E544-18>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BAX, Carmen; SIRONI, Selena; CAPELLI, Laura. How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications. **Atmosphere**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 1, p. 92, 2020.

BOKOWA, Anna *et al.* Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. **Atmosphere**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 2, p. 206, 2021.

BRANCHER, Marlon *et al.* A review of odour impact criteria in selected countries around the world. **Chemosphere**, Elsevier, v. 168, p. 1531–1570, 2017.

BRANCHER, Marlon. **Aprimoramento de estratégias regulatórias para gestão de odor ambiental**. 2017. 199 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília, 1990. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0003-280690.PDF>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Brasília, 1989. Disponível em: [https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/resolucao/Resolu%c3%83%c2%a7%c3%83%c2%a3o\\_CONAMA\\_005.1989.pdf](https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/resolucao/Resolu%c3%83%c2%a7%c3%83%c2%a3o_CONAMA_005.1989.pdf). Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 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.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0382-261206.PDF>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA N° 436, de 26 de dezembro de 2011**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0436-221211.PDF>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA N° 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895). Acesso em: 1 abr. 2022.

BRATTOLI, Magda *et al.* Gas Chromatography Analysis with Olfactometric Detection (GC-O) as a Useful Methodology for Chemical Characterization of Odorous Compounds. **Sensors (Basel, Switzerland)**, NCBI, v. 13, n. 12, p. 16759–16800, 2013.

BRATTOLI, Magda *et al.* Odour detection methods: Olfactometry and chemical sensors. **Sensors**, MDPI, v. 11, n. 5, p. 5290–5322, 2011.

BUETTNER, Andrea (org.). **Springer Handbook of Odor**. Cham: Springer International Publishing, 2017. (Springer Handbooks). *E-book*. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-26932-0>. Acesso em: 21 abr. 2022.

CAPELLI, Laura *et al.* Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review. **Atmospheric Environment**, Elsevier, v. 79, p. 731–743, 2013.

CAPELLI, Laura; SIRONI, Selena; DEL ROSSO, Renato. Electronic Noses for Environmental Monitoring Applications. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 14, n. 11, p. 19979–20007, 2014.

CAPELLI, Laura; SIRONI, Selena; ROSSO, Renato Del. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, p. 938–955, 2013.

CONTI, Cecilia; GUARINO, Marcella; BACENETTI, Jacopo. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. **Environment International**, Elsevier, v. 134, 2020. Disponível em: Acesso em: 15 mar. 2022.

DI GILIO, Alessia *et al.* A sensing network involving citizens for high spatio-temporal resolution monitoring of fugitive emissions from a petroleum pre-treatment plant. **The Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 791, p. 148135, 2021.

ELST, Toon Van; DELVA, Julien. The european standard pren 16841-2 (determination of odour in ambient air by using field inspection: plume method): a review of 20 year experience with the method in belgium. **Chemical Engineering Transactions**, AIDIC, v. 54, p. 175–180, 2016.

EN. **BS EN 16841-1:2016 Ambient air. Determination of odour in ambient air by using field inspection Grid method**. European Standard, 2016a. Disponível em: <https://www.en->

standard.eu/bs-en-16841-1-2016-ambient-air-determination-of-odour-in-ambient-air-by-using-field-inspection-grid-method/. Acesso em: 27 abr. 2022.

EN. **BS EN 16841-2:2016 Ambient air. Determination of odour in ambient air by using field inspection Plume method.** European Standard, 2016b. Disponível em: <https://www.en-standard.eu/bs-en-16841-2-2016-ambient-air-determination-of-odour-in-ambient-air-by-using-field-inspection-plume-method/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

FERREIRA, Aida; MESTRADO, Dissertação. **COMPARAÇÃO DE ARQUITETURAS DE REDES NEURAIS PARA SISTEMAS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM NARIZES ARTIFICIAIS.** [s. l.], 2022.

FRANCESCO, Fabio Di *et al.* An electronic nose for odour annoyance assessment. **Atmospheric Environment**, Elsevier, v. 35, n. 7, p. 1225–1234, 2001.

FREEMAN, Tracy; CUDMORE, Roger. **Review of Odour Management in New Zealand.** New Zealand Ministry of Environment, , 2002. Disponível em: Acesso em: 15 abr. 2022.

FREITAS, CHRISTIAN ALBERTO LOPES BURRONE DE. **Avaliação do impacto de substâncias odoríferas geradas a partir da emissão de gases oriundos de uma indústria química.** 2013. Dissertação (Mestrado) - UNIFAE, São João da Boa Vista, 2013.

GIUNGATO, Pasquale *et al.* Improving recognition of odors in a waste management plant by using electronic noses with different technologies, gas chromatography–mass spectrometry/olfactometry and dynamic olfactometry. **Journal of Cleaner Production**, JCP, 2016. Disponível em: Acesso em: 12 abr. 2022.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S.A.; STUETZ, R.M. Odour measurements for sewage treatment works. **Water Research**, Elsevier, v. 35, n. 3, p. 579–597, 2001.

HENSHAW, Paul; NICELL, James; SIKDAR, Anamika. Parameters for the assessment of odour impacts on communities. **Atmospheric Environment**, Elsevier, v. 40, n. 6, p. 1016–1029, 2006.

HIGUCHI, Takaya. A Case Study and Recent Improvements in Odor Management in Japan. **A Case Study and Recent Improvements in Odor Management in Japan**, Water Environment Federation, v. 1, n. 2, p. 1–7, 2007.

HIGUCHI, Takaya *et al.* A collaborative approach between Japan and China for implementing interlaboratory evaluation of olfactometry. **Atmosphere**, MDPI, v. 11, n. 2, 2020. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2022.

JAPÃO. The Offensive Odor Control Law in Japan. Japan, p. 8, 2003.

KADOHISA, Mikiko. Effects of odor on emotion, with implications. **Frontiers in Systems Neuroscience**, Frontiers, v. 7, 2013. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnsys.2013.00066>. Acesso em: 25 abr. 2022.

LORIATO, Ayres *et al.* Odor - a vision on the existing regulation. **Chemical Engineering Transactions**, AIDIC, v. 30, p. 25–30, 2012.

MAHIN, T.D. Comparison of different approaches used to regulate odours around the world. **Water Science and Technology**, WST, v. 44, n. 9, p. 87–102, 2001.

MCGINLEY, C.; MCGINLEY, M. Odor Testing Biosolids for Decision Making. Water Environment Federation, p. 1055–1072, 2002.

NEW ZEALAND; MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. **Good practice guide for assessing and managing odour**. New Zealand: [s. n.], 2016. *E-book*. Disponível em: [http://natlib-primo.hosted.exlibrisgroup.com/NLNZ:NLNZ:NLNZ\\_ALMA11277027240002836](http://natlib-primo.hosted.exlibrisgroup.com/NLNZ:NLNZ:NLNZ_ALMA11277027240002836). Acesso em: 22 abr. 2022.

PARANÁ. Assembléia Legislativa do Estado do Paraná. **Lei Nº 13.806, de 1 de outubro de 2002**. Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar, conforme especifica e adota outras providências. Paraná, 2002. Disponível em: Acesso em: 1 abr. 2022.

PARANÁ. Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA Nº 016, de 26 de março de 2014**. Definir critérios para o Controle da Qualidade do Ar. Paraná, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=269324>. Acesso em: 20 mar. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul. **Decreto Nº 53.202, de 26 de setembro de 2016**. Regulamenta os arts. 99 a 119 da Lei nº 11.520, de 3 de agosto de 2000, e os arts. 35 a 37 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, e dispõe sobre as infrações e as sanções administrativas aplicáveis às condutas e às atividades lesivas ao meio ambiente estabelecendo o seu procedimento administrativo no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2053.202.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul. **Decreto Nº 55.374, de 22 de julho de 2020**. Regulamenta os arts. 90 a 103 da Lei nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020. Rio Grande do Sul, 2020a. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/04164532-2020-portaria-sema-159-dispoe-sobre-normas-comp-apuracao-infracoes-adm-condutas-lesivas-m-amb-e-aplicacao-penalidades.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. FEPAM. **Diretriz Técnica FEPAM Nº 01/2018**. DIRETRIZ TÉCNICA QUE ESTABELECE CONDIÇÕES E OS LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS A SEREM ADOTADOS PELA FEPAM PARA FONTES FIXAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/Diretriz\\_Tec\\_N\\_001\\_2018\\_DIRTEC\\_Lim\\_de\\_Emis\\_de\\_Poluentes\\_Atmosf.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/Diretriz_Tec_N_001_2018_DIRTEC_Lim_de_Emis_de_Poluentes_Atmosf.PDF). Acesso em: 1 abr. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul. **Lei Nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente. Rio Grande do Sul, 2020b. Disponível em: [http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=65984](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=65984). Acesso em: 28 abr. 2022.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Decreto Nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976a. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em: 1 abr. 2022.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Decreto Nº 59.113, de 23 de abril de 2013**. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html#:~:text=Artigo%20%C2%BA%20%2D%20A%20administra%C3%A7%C3%A3o%20da,exig%C3%AAs%20complementares%20efetuadas%20pela%20CETESB>. Acesso em: 1 abr. 2022.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei Nº 997, de 31 de maio de 1976**. Fica instituído o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente. São Paulo, 1976b. Disponível em: [https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei\\_997\\_1976.pdf](https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf). Acesso em: 1 abr. 2022.

SNAITH, R.P. *et al.* A Scale for the Assessment of Hedonic Tone the Snaith–Hamilton Pleasure Scale. **The British journal of psychiatry : the journal of mental science**, England, v. 167, p. 99–103, 1995.

STUETZ, R.; FRECHEN, F. B. **Odours in Wastewater Treatment - Measurement, Modelling and Control**. IWA Publisher: [s. n.], 2015. (, v. 0). v. 4 *E-book*. Disponível em: <https://iwaponline.com/ebooks/book/29/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

VIEIRA, Magnun Maciel. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos**. 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.