HAL
open science

Contribution to the development of public policies for odour-nuisance control in Brazil

Magnun Maciel Vieira

To cite this version:

Magnun Maciel Vieira. Contribution to the development of public policies for odour-nuisance control in Brazil. Environmental Engineering. Université Montpellier; Universidade federal de Santa Catarina (Brésil), 2017. Portuguese. NNT : 2017MONTT164 . tel-01815994

HAL Id: tel-01815994

https://theses.hal.science/tel-01815994v1

Submitted on 14 Jun 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

En Génie des procédés

École doctorale nº 584 : GAIA – Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau

Unités de recherche : Laboratoire de Génie de l'Environnement Industriel – LGEI/IMT Mines Alès & Laboratoire d'Effluents Liquides et Gazeux – LABEFLU/UFSC

En partenariat international avec l'Université Fédérale de Santa Catarina, BRÉSIL

Contribution au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil

Présentée par Magnun Maciel VIEIRA
le 15 décembre 2017

Sous la direction de Jean-Michel GUILLOT
et Paulo BELLI FILHO

Devant le jury composé de

M. William Gerson MATIAS, Professeur, PPGEA-UFSC	Président
Mme Valérie SIMON, Maître de conférences HDR, ENSIACET – INP Toulouse	Rapporteure
M. Jean-Marc CHOVELON, Professeur des universités, Université Claude Bernard Lyon 1	Rapporteur
Mme Cristiane DERANI, Maître de conférences (Équivalent), PPGD-UFSC	Examinatrice
Mme Anne JOHANNET, Directrice de recherche, IMT Mines Alès, Université de Montpellier	Examinatrice
M. Miguel LOPEZ-FERBER, Professeur des universités, IMT Mines Alès, Université de Montpellier	Examinateur
M. Paulo BELLI FILHO, Professeur, PPGEA-UFSC	Directeur de thèse
M. Jean-Michel GUILLOT, Professeur des universités, IMT Mines Alès, Université de Montpellier	Directeur de thèse
Mme Cátia Regina SILVA DE CARVALHO PINTO, Professeur associée, PPGEA-UFSC	Invitée

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

© Copyright Magnun Vieira, 2018. All rights reserved.

Contribution au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil

Magnun Maciel Vieira

Directeurs de thèse :
Jean-Michel Guillot
Paulo Belli-Filho

IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

LABEFLU

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CAPES

magnun.vieira@mines-ales.fr

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

LABORATOIRE DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL

IMT MINES ALÈS

ÉCOLE DOCTORALE GAIA (BIODIVERSITÉ, AGRICULTURE, ALIMENTATION, ENVIRONNEMENT, TERRE, EAU)

CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS NO BRASIL

MAGNUN MACIEL VIEIRA

Tese desenvolvida em regime de cotutela, de acordo com o termo de cooperação assinado e reconhecido por ambas as universidades

Defendida em 15 de dezembro de 2017 perante a banca examinadora composta por

Membros titulares

Prof. William Gerson Matias, Dr.	PPGEA/UFSC
Prof^{a}. Valérie Simon, Dr^{a}.	ENSIACET – INP Toulouse
Prof. Jean-Marc Chovelon, Dr.	Université Claude Bernard Lyon 1
Prof^{a}. Cristiane Derani, Dr^{a}.	PPGD/UFSC
Prof^{a}. Anne Johannet, Dr^{a}.	IMT Mines Alès, Université de Montpellier
Prof. Miguel Lopez-Ferber, Dr.	IMT Mines Alès, Université de Montpellier
Prof^{a}. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Dr^{a}.	PPGEA/UFSC

Orientadores

Prof. Jean-Michel Guillot, Dr.	IMT Mines Alès, Université de Montpellier
Prof. Paulo Belli Filho, Dr.	PPGEA/UFSC

magnun.vieira@ufsc.br

Magnun Maciel Vieira

CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS NO BRASIL

Tese submetida como requisito final para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina e Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade de Montpellier em regime de cotutela.

Orientadores: Prof. Dr. Paulo Belli Filho (UFSC), Prof. Dr. Jean-Michel Guillot (IMT Mines Alès, Université de Montpellier).

Florianópolis/Montpellier
2018

Magnun Maciel Vieira

CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DE POLITIQUES PUBLIQUES DE LUTTE CONTRE LES NUISANCES OLFACTIVES AU BRÉSIL

Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Génie de l'Environnement par l'Université Fédérale de Santa Catarina et Docteur en Génie des Procédés par l'Université de Montpellier sous le régime de cotutelle.

Directeurs de thèse : Pr Dr Paulo Belli Filho (UFSC), Pr Dr Jean-Michel Guillot (IMT Mines Alès, Université de Montpellier).

Florianópolis/Montpellier
2018

V658c Vieira, Magnun Maciel

Contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil / Magnun Maciel Vieira ; orientador, Paulo Belli Filho, orientador, Jean Michel-Guillot, 2017.

305 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017.

Inclui referências

Tese submetida como requisito final para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade de Montpellier em regime de cotutela, Montpellier, 2017.

1. Engenharia ambiental. 2. Odores – Regulação. 3. Ar – Poluição – Aspectos ambientais. 4. Odores – Emissão. 5. Impacto Ambiental. I. Belli Filho, Paulo. II. Guillot, Jean-Michel. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. IV. Université de Montpellier. École Doctorale GAIA (Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau). V. Título. VI. Título II: Contribution au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil.

CDU: 628

Catalogação na fonte por: Onélia Silva Guimarães CRB-14/071

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CENTRO TECNOLÓGICO

TERMO DE APROVAÇÃO

"Contribuição para o Desenvolvimento de Políticas Públicas de Controle de Incômodos Olfativos no Brasil"

Magnun Maciel Vieira

A Tese foi julgada e aprovada pela banca examinadora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

DOUTOR EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Aprovado por:

Prof. Paulo Belli Filho, Dr.
(Orientador)

Prof. Jean-Michel Guillot, Dr.
(Orientador)

Prof.ª Cristiane Derani, Dr.ª

Prof. Jean-Marc Chovelon, Dr.

Prof.ª Valérie Simon, Dr.ª

Prof.ª Cátia Regina S. de Carvalho Pinto, Dr.ª

Prof. William Gerson Matias, Dr.

Prof.ª Anne Johannet, Dr.ª

Prof. Miguel Lopez-Ferber, Dr.

Prof.ª Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr.ª
(Coordenadora)

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL
DEZEMBRO/2017

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que sempre me incentivaram a continuar meus estudos e a fazer um doutorado. Ao longo do meu trabalho; pautei minha conduta pela integridade, pela ética e pelo senso de justiça que meus pais introjetaram em mim.

This thesis work is dedicated to my parents, who have always encouraged me to continue my education and pursue a Ph.D. Throughout my work; I have carried the integrity, ethics, and sense of fairness that my parents have instilled within me.

Ce travail de thèse est dédié à mes parents, qui m'ont toujours encouragé à poursuivre mes études et suivre un doctorat. Au cours de mes travaux ; j'ai guidé ma conduite par l'intégrité, l'éthique et le sens de la justice que mes parents m'ont inculqués.

Há muitas cátedras, mas poucos professores prudentes e generosos. Há muitos grandes anfiteatros, mas poucos jovens sinceramente desejosos de justiça. A natureza fornece muitos produtos medíocres e raramente produtos mais finos (EINSTEIN, 2011, p. 18).

Academic chairs are many, but wise and noble teachers are few; lecture-rooms are numerous and large, but the number of young people who genuinely thirst after truth and justice is small. Nature scatters her common wares with a lavish hand, but the choice sort she produces but seldom (EINSTEIN, 2014, p. 16).

Nombreuses sont les chaires d'enseignement, rares sont les maîtres sages et nobles. Les salles de conférences sont vastes et nombreuses, mais les jeunes gens qui ont sincèrement soif de vérité et de justice sont plus rares. La nature délivre à profusion ses produits ordinaires, elle est plus parcimonieuse en produits délicats (EINSTEIN, 1934, p. 13).

RESUMO

Incômodos causados por odores se tornaram um grande problema ambiental e de saúde pública nas últimas décadas, principalmente em áreas densamente povoadas. Por essa razão, odores ambientais constituem um assunto de interesse mundial e que tem recebido cada vez mais atenção no Brasil. Entretanto, faltam às autoridades brasileiras instrumentos de regulação adequados para prevenir ou mitigar tais impactos. Mais especificamente, no âmbito nacional, não há legislação que estabeleça limites de exposição odorante (critérios de aceitabilidade) baseados nos fatores FIDOL (i.e., frequência, intensidade, duração, ofensividade e localização) que determinam a magnitude do efeito experimentado pelo receptor, que pode ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos em uma comunidade exposta a odores ambientais. Além disso, com exceção do estado do Paraná (no Sul) e do município de Uberlândia (no Sudeste do país), nenhuma metodologia baseada na olfatometria (i.e., medida da resposta de um júri a um estímulo olfativo) é padronizada nem reconhecida. Neste contexto, esta tese de doutorado tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao controle de incômodos olfativos no Brasil. É apresentada uma abordagem para a avaliação das emissões odorantes de uma fábrica de processamento de subprodutos de origem animal (uma atividade com alto potencial de poluição ambiental) e destacada a necessidade de estabelecer um quadro legal e regulamentar para os odores no Brasil, incluindo um sistema de licenciamento ambiental com critérios de conformidade específicos para cada setor da indústria. À luz da importância de considerar as características e atributos da jurisdição, tais como atividade econômica e área territorial, foi avaliada a aplicabilidade da olfatometria de campo (utilizando equipamentos portáteis) para a definição dos contornos de uma pluma odorante no ambiente. Além disso, uma pesquisa bibliográfica e documental foi realizada buscando fornecer elementos que poderão auxiliar as autoridades brasileiras no desenvolvimento de soluções adaptadas, com base em experiências e práticas empregadas internacionalmente. Diferentes critérios de conformidade são discutidos e recomendados, com base em uma abordagem regulatória que prevê a adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e o estabelecimento de Padrões de Distâncias Mínimas (PDM), Padrões Máximos de Emissão (PME), Padrões Máximos de Impacto (PMIm) e Padrões Máximos de Incômodo (PMIn; VIEIRA, 2013). Espera-se que esta pesquisa promova discussões sobre gestão e regulação de odores no Brasil (envolvendo cidadãos, órgãos governamentais, indústria e academia) e possa contribuir

para o desenvolvimento do quadro legal e regulamentar em vigor, a fim de assegurar um nível mínimo de conforto e proteção à população exposta a esse tipo de poluição.

Palavras-chave: Incômodos olfativos. Olfatometria. Regulação. Políticas públicas. Brasil.

ABSTRACT

Annoying odours have become a major environmental and public health issue in recent decades, especially in densely populated areas. For this reason, environmental odours are a matter of global concern and have received increasing attention in Brazil. However, Brazilian authorities lack the regulatory instruments to prevent or mitigate such impacts. More specifically, at the national level, there is no legislation establishing odour exposure limits (acceptability criteria) based on the FIDOL factors (i.e., frequency, intensity, duration, offensiveness and location) that determine the magnitude of the effect experienced by the receptor, which may be an individual or a group of individuals in a community exposed to environmental odours. Moreover, except for the state of Paraná (in the southern) and the municipality of Uberlândia (in the southeast part of the country), no methodology based on olfactometry (i.e., the measured response of a jury to an olfactory stimulus) is neither standardised nor recognised. In this context, this doctoral thesis aims to contribute to the development of public policies for odour-nuisance control in Brazil. It presents an approach for the evaluation of odour emissions from a rendering plant (an activity with high potential for environmental pollution) and highlights the need to establish a legal and regulatory framework for odours in Brazil, including an environmental permitting system with industry-specific compliance criteria. In light of the necessity of considering jurisdiction-specific characteristics and features such as economy and land area, the applicability of field olfactometry (using portable equipment) was evaluated to outline the contours of an odour plume in the environment. Additionally, bibliographical and documentary research were conducted to provide information that may assist local authorities in developing tailored solutions by reference to experience and practices that have been employed internationally. Different odour compliance criteria are discussed and recommended, based on a regulatory approach that provides for the adoption of the Best Available Techniques (BAT) and the establishment of Minimum Distance Standards (MDS), Maximum Emission Standards (MES), Maximum Impact Standards (MIS) and Maximum Annoyance Standards (MAS; VIEIRA, 2013). It is expected that this research will foster discussions on odour management and regulation in Brazil (involving citizens, government bodies, industry and academia) and may help support the development of the legal and regulatory framework in force, to ensure a minimum level of comfort and protection for the population exposed to this type of pollution.

Keywords: Odour nuisance. Olfactometry. Odour regulation. Public policies. Brazil.

RÉSUMÉ

Les nuisances causées par les odeurs sont devenues un problème environnemental et de santé publique majeur au cours des dernières décennies, surtout dans les zones densément peuplées. Pour cette raison, les odeurs environnementales sont un sujet de préoccupation mondiale et qui reçoivent une attention de plus en plus importante au Brésil. Cependant, il manque aux autorités brésiliennes les instruments réglementaires pour prévenir ou atténuer ces impacts. Plus précisément, au niveau national, aucune législation n'établit des limites d'exposition aux odeurs (critères d'acceptabilité) basé sur les facteurs FIDOL (i.e., fréquence, intensité, durée, offensivité et localisation) qui déterminent l'ampleur de l'effet expérimenté par le récepteur, qui peut être un individu ou un groupe d'individus dans une communauté exposée à des odeurs environnementales. En outre, à l'exception de l'état du Paraná (au sud) et la ville de Uberlândia (au sud-est du pays), aucune méthodologie basée sur l'olfactométrie (i.e., mesure de la réponse d'un jury à un stimulus olfactif), n'est ni standardisée ni reconnue. Dans ce contexte, ce travail de thèse vise à contribuer au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil. Une approche est présentée pour l'évaluation des émissions odorantes d'un site d'équarrissage (une activité à fort potentiel de pollution environnementale) et mettre en évidence la nécessité d'établir un cadre légale et réglementaire pour les odeurs au Brésil, notamment un système d'agrément environnementale avec des critères de conformité spécifiques à chaque secteur de l'industrie. Conscient du besoin de tenir compte des caractéristiques et attributs de la juridiction, comme l'activité économique et la superficie du territoire, l'applicabilité de l'olfactométrie de terrain (en utilisant des appareils portables) a été évalué pour le relevé d'un contour de panache d'odeur dans l'environnement. De plus, une recherche bibliographique et documentaire a été mené afin de fournir des éléments qui pourront aider les autorités locales dans le développement de solutions adaptées en référence aux expériences et pratiques utilisées à l'échelle internationale. Différents critères de conformité sont discutés et recommandés, sur la base d'une approche réglementaire qui prévoit l'adoption des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) et l'établissement de Normes de Distances Minimales (NDM), Normes Maximales d'Émission (NME), Normes Maximales d'Impact (NMI), Normes Maximales de Nuisance (NMN; VIEIRA, 2013). Il est prévu que cette recherche promeut des discussions sur la gestion et la réglementation des odeurs au Brésil (y compris les citoyens, le gouvernement, l'industrie et le milieu

académique) et puisse aider à soutenir le développement des structures juridique et réglementaire en vigueur, afin d'assurer un niveau minimum de confort et de protection à la population exposée à ce type de pollution.

Mots-clefs : Nuisances olfactives. Olfactométrie. Réglementation en matière d'odeurs. Politiques publiques. Brésil.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1 Estrutura da tese no contexto da pesquisa..... 51

Capítulo 2

Figure 2.1 Representation of human perception of odours. 72
Figure 2.2 Wastewater odour wheel..... 74
Figure 2.3 Composting odour wheel 75
Figure 2.4 Twenty-one-point hedonic scale. 76
Figure 2.5 Nine-point hedonic scale..... 77
Figure 2.6 Visual representation of an odour annoyance scale. 78
Figure 2.7 Weber-Fechner law 81
Figure 2.8 Stevens' Law..... 82
Figure 2.9 Example of an odour persistency graph (dose-response) 84
Figure 2.10 Zwaardemaker olfactometer – The Netherlands, 1886 96
Figure 2.11 ODILE™ olfactometer, Odotech Inc. – Canada 97
Figure 2.12 Field olfatometers (from left to right): Nasal Ranger®, Mask Scentometer and Box Scentometer 99
Figure 2.13 Time course of odour concentration for three time intervals..... 104
Figure 2.14 Representation of an Odour Perception Network 109
Figure 2.15 Representation of a receptor grid for odour field inspections 110
Figure 2.16 Nasal Ranger® Field Olfactometer being used in field observations 111

Capítulo 3

Figure 3.1 System for collecting samples in the field 134
Figure 3.2 Schematic representation of the measurement point locations on the biofilter's top surface..... 135
Figure 3.3 Sampling grids over the biofilter's top surface 135
Figure 3.4 Odour-sniffing station with a jury member..... 137
Figure 3.5 Airflow velocity distribution over the biofilter's surface 140
Figure 3.6 Airflow temperature distribution over the biofilter's surface..... 141

Capítulo 4

Figura 4.1 Nasal Ranger® sendo testado em laboratório.....162
Figura 4.2 Nasal Ranger® sendo testado em campo 162
Figura 4.3 Universidade de Liège em Arlon – Bélgica.....163
Figura 4.4 Princípio do método da pluma (dinâmico) 164
Figura 4.5 Medição de odor utilizando o Nasal Ranger® Field Olfactometer 165
Figura 4.6 Medição de odor utilizando o Scentroid SM110 Field Olfactometer 165
Figura 4.7 Representação esquemática das melhorias almejadas na medição da pluma de odor.....166
Figura 4.8 Localização dos locais de medição de odor na região de Flandres – Bélgica 167

Capítulo 5

Figura 5.1 Fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante para novas instalações ou ampliação de instalações existentes – Vieira, 2013 188
Figura 5.2 Fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante para instalações existentes – Vieira, 2013 190
Figura 5.3 Taxa de emissão odorante máxima vs. altura da chaminé – França 203
Figura 5.4 Níveis de odor.....232

LISTA DE QUADROS

Capítulo 5

Quadro 5.1 Abordagens e critérios de conformidade propostos – Vieira, 2013 186
Quadro 5.2 Critérios de impacto odorante – Holanda 193
Quadro 5.3 Critérios de exposição para misturas odorantes – Reino Unido 196
Quadro 5.4 Diretrizes de odor para o setor de produção suína – República da Irlanda 198
Quadro 5.5 Limites de exposição de odor no ar ambiente – Alemanha 199
Quadro 5.6 Frequência de monitoramento de emissões odorantes para instalações de processamento de subprodutos de origem animal – França 205
Quadro 5.7 Limites de odor estabelecidos por algumas agências reguladoras – EUA 207
Quadro 5.8 Limites de odor no ar ambiente utilizando o Scentometer – EUA 208
Quadro 5.9 Critérios de impacto de odor – Canadá 211
Quadro 5.10 Critérios de avaliação de impacto odorante – Nova Zelândia 213
Quadro 5.11 Critérios de odor – Nova Gales do Sul, Austrália 214
Quadro 5.12 Critérios de avaliação de impacto odorante – Tasmania, Austrália 215
Quadro 5.13 Critérios de avaliação de impacto odorante – Queensland, Austrália 216
Quadro 5.14 Critérios de avaliação de impacto odorante – Austrália do Sul, Austrália 217
Quadro 5.15 Critérios de avaliação de impacto odorante – Israel 220
Quadro 5.16 Critérios de aceitabilidade para instalações existentes – Região da Lombardia, Itália 222
Quadro 5.17 Síntese dos critérios de impacto de odor adotados internacionalmente 224
Quadro 5.18 Distâncias de separação para operações de tratamento de esgoto (em metros) – Victoria, Austrália 228
Quadro 5.19 Fatores F para estimativa de concentrações de pico em terreno plano 233
Quadro 5.20 Quadro geral de critérios de impacto de odor recomendados – Vieira, 2017 235

Quadro 5.21 Critérios de impacto de odor recomendados para padarias e confeitarias – Vieira, 2017. 236
Quadro 5.22 Critérios de impacto de odor recomendados para instalações de processamento de subprodutos de origem animal – Vieira, 2017.....237

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Table 2.1 Nine-point hedonic scale with specific descriptors for each point. 77
Table 2.2 Six-point odour intensity reference scale using 1-butanol. ... 80
Table 2.3 Category scaling for odour intensity. 83
Table 2.4 Characteristics of principal compounds responsible for odours in wastewater treatment plants. 86
Table 2.5 The FIDOL factors determining annoyance. 89
Table 2.6 Summary of the principal analytical techniques used depending on the compound. 93
Table 2.7 Olfactometric thresholds. 95

Capítulo 3

Table 3.1 Temperature and airflow velocities measured for selecting sampling points on the biofilter's surface 139
Table 3.2 Temperature and airflow velocities at selected sampling points on the biofilter's surface 142
Table 3.3 Odour concentration determined by dynamic olfactometry 142

Capítulo 4

Table 4.1 Synthesis of field measurement results with and without field olfactometers 160

Capítulo 5

Tabela 5.1 Limites máximos de emissão de odor para ICPE – França 202

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

apud	Junto a; em (citado por, conforme, segundo)
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWMA	Air and Waste Management Association
BAT	Best Available Techniques
CEN	Comissão Europeia de Normalização
CEPRAM	Conselho Estadual do Meio Ambiente (Bahia)
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cf.	Confira, confronte, compare
CG	Cromatografia Gasosa
CIO	Critério de Impacto de Odor
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CODEAMA	Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Tecnologia do Estado do Amazonas
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente (Ceará)
COMMAM	Conselho Municipal do Meio Ambiente (Vitória da Conquista)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil)
CONPLAM	Conselho Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente (Natal)
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente (Santa Catarina)
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental (Minas Gerais)
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DMS	Distâncias Mínimas de Separação
DT	Dessorção Térmica
e.g.	Exempli gratia (por exemplo)
EM	Espectrometria de Massa
EN	European Norm (standard)
ERT	Enxofre Reduzido Total
et al.	Et alii (e outros)
etc.	Et cetera (e outras coisas, e assim por diante)
EUA	Estados Unidos da América
EPA	Environmental Protection Agency
FATMA	Fundação do Meio Ambiente (Santa Catarina)

FIDOL	Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness and Location
GC-MS	Gas Chromatography–Mass Spectrometry
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
i.e.	Id est (isto é, ou seja)
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	International Organisation for Standardisation
IT	Instruções Técnicas
LPO	Limite de Percepção de Odor
MAA	Média Aritmética Anual
MAS	Maximum Annoyance Standards
MDS	Minimum Distance Standards
MES	Maximum Emission Standards
MGA	Média Geométrica Anual
MIS	Maximum Impact Standards
MODD	Maximum Odour Dispersion Distance
MOE	Ontario Ministry of the Environment
MTD	Melhores Técnicas Disponíveis; Meilleures Techniques Disponibles
NBR	Brazilian Technical Norm
NCh	Norma Chilena
NDM	Normes de Distances Minimales
NME	Normes Maximales d'Émission
NMI	Normes Maximales d'Impact
NMN	Normes Maximales de Nuisance
NTC	Norma Técnica Colombiana
NVN	Nederlandse voornorm (norma holandesa)
ODD	Olfatometria de Diluição Dinâmica
OER	Odour Emission Rate
OIC	Odour Impact Criteria
OIRS	Odour Intensity Reference Scale
OPN	Odour Perception Network

PDM	Padrões de Distâncias Mínimas
PME	Padrões Máximos de Emissão
PMIm	Padrões Máximos de Impacto
PMIn	Padrões Máximos de Incômodo
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil)
PPGEA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
PTAs	Poluentes Tóxicos do Ar
PTR-MS	Proton Transfer Reaction–Mass Spectrometry
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RPO	Rede de Percepção de Odor
SAEPA	Environment Protection Authority of South Australia
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Rondônia)
SEDAR	Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia
SEDEMA	Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Amazonas
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (Maranhão)
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Paraná)
SEMAGO	Superintendência Estadual do Meio Ambiente de Goiás
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente (Brasil)
SLAM	Sistema de Licenciamento Ambiental (Estado do Rio de Janeiro)
SLAP	Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (Estado do Rio de Janeiro)
TEO	Taxa de Emissão Odorante
TEO_t	Taxa de Emissão Odorante total
TRS	Total Reduced Sulphur
UFIR	Unidade Fiscal de Referência
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UE	União Europeia
UK	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
UNFPA	United Nations Fund for Population Activities
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (Association of German Engineers)

VOCs	Volatile Organic Compounds
vs.	Versus (contra)

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

ºC	Graus Celsius, degree Celsius
C	Concentração odorante
cm^2	Centímetro quadrado, square centimetre
CO	Monóxido de carbono, carbon monoxide
D	Fator de ajuste que varia em função da ofensividade do odor
D/T	Dilution-to-Threshold
ED_{50}	Effective Dose at 50% of the population
F	Fator pico/média, peak-to-mean ratio
ft^3	Pé cúbico, cubic foot
g	Grama, gramme
h	Hora, hour
H_2S	Sulfeto de hidrogênio, hydrogen sulfide
kgf	Quilograma-força, kilogram-force
km	Quilômetro, kilometre
kPa	Quilopascal, kilopascal
L	Litro, litre
µg	Micrograma, microgram
m	Metro linear, linear metre
m^2	Metro quadrado, square metre
m^3	Metro cúbico, cubic metre
min	Minuto, minute
MP_{10}	Material Particulado inalável com diâmetro aerodinâmico menor que 10 µm
ms	Milissegundo, millisecond
No, nº	Número
η_{od}	Eficiência de remoção de odor, Odour abatement efficiency
NO_2	Dióxido de nitrogênio, nitrogen dioxide
O_3	Ozônio, ozone
OU	Odour Unit
ou_E	European odour unit
pH	Potencial hidrogeniônico, potential of hydrogen
ppb	Partes por bilhão, parts per billion
ppm	Partes por milhão, parts per million

Q	Vazão volumétrica dos gases em base úmida, na condição padrão para olfatometria (20 ºC e 101,3 kPa)
s	Segundo, second
S.D.	Standard deviation
SO_2	Dióxido de enxofre, sulphur dioxide
su	Sniffing unit
UO	Unidade de Odor
t	Tonelada, tonne
TON	Threshold Odour Number
Z	Dilution factor
%	Percentagem, percentage
±	Mais ou menos, plus-minus
∑	Somatório, summation
§	Parágrafo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO DA TESE 39

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA 41
1.2 HIPÓTESES 45
1.3 OBJETIVOS 46
1.3.1 OBJETIVO GERAL 46
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS 46
1.4 JUSTIFICATIVA 47
1.5 ESTRUTURA DA TESE 49
CONTEXTE ET JUSTIFICATION DU SUJET DE RECHERCHE 52

CAPÍTULO 2
LITERATURE REVIEW: ODOURS IN THE ENVIRONMENT—MEASUREMENT, ASSESSMENT, AND MONITORING 63

ABSTRACT 65
CONTENTS 67
2.1 INTRODUCTION 69
2.2 ODOUR BASICS 71
2.2.1 ODOUR PERCEPTION 71
2.2.2 ODOUR DIMENSIONS 72
2.2.2.1 Odour character 73
2.2.2.2 Hedonic tone 76
2.2.2.3 Odour concentration 78
2.2.2.4 Odour intensity 79
2.2.2.5 Persistence 83
2.2.3 GENERALITIES-CLASSIFICATION OF ODOROUS SOURCES 85
2.3 THE EFFECTS OF ODOURS ON HUMAN HEALTH 87
2.4 THE 'FIDOL' FACTORS DETERMINING ANNOYANCE 88
2.4.1 FREQUENCY 90
2.4.2 INTENSITY 90
2.4.3 DURATION 91
2.4.4 OFFENSIVENESS 91
2.4.5 LOCATION 91

2.5 ODOUR METROLOGY 92
2.5.1 ANALYTICAL TECHNIQUES: CHEMICAL ANALYSES 93
2.5.2 SENSORIAL TECHNIQUES: OLFACTOMETRY 94
2.5.3 SENSO-INSTRUMENTAL TECHNIQUES: E-NOSES 100
2.6 ODOUR IMPACT ASSESSMENT METHODOLOGIES 101
2.6.1 ODOUR DISPERSION MODELLING 102
2.6.2 FIELD ODOUR ASSESSMENT 105
2.6.2.1 Investigation and analysis of complaints 105
2.6.2.2 Odour surveys 106
2.6.2.3 Odour perception network 107
2.6.2.4 Odour field inspections 110
2.6.2.5 Field olfactometry 111
REFERÊNCIAS 113

CAPÍTULO 3
PRAGMATIC EVALUATION OF ODOUR EMISSIONS FROM A RENDERING PLANT IN SOUTHERN BRAZIL 125

ABSTRACT 127
3.1 INTRODUCTION 129
3.2 MATERIAL AND METHODS 133
3.3 RESULTS AND DISCUSSION 139
3.4 CONCLUSIONS 145
ACKNOWLEDGEMENTS 146
REFERENCES 147

CAPÍTULO 4
CAN WE COMBINE FIELD OLFACTOMETRY AND PLUME METHOD MEASUREMENTS? 155

SUMMARY 157
4.1 INTRODUCTION 159
4.2 MATERIAL AND METHODS 159
4.3 RESULTS AND CONCLUSIONS 159
ACKNOWLEDGEMENTS 160
RESUMO EXPANDIDO EM PORTUGUÊS 161
REFERENCES.. 168

CAPÍTULO 5
RUMO A UM QUADRO LEGAL E REGULAMENTAR EFICAZ PARA OS ODORES NO BRASIL 171

RESUMO 173
ABSTRACT 175
RÉSUMÉ 177
5.1 INTRODUÇÃO 179
5.2 ANTECEDENTES 180
5.2.1 QUADRO REGULAMENTAR NACIONAL – BRASIL 180
5.2.2 UMA ABORDAGEM DE PROCEDIMENTOS LEGAIS PARA O CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS (VIEIRA, 2013) 183
5.3 QUADRO REGULAMENTAR INTERNACIONAL 191
5.3.1 HOLANDA 191
5.3.2 REINO UNIDO 195
5.3.3 REPÚBLICA DA IRLANDA 197
5.3.4 ALEMANHA 198
5.3.5 FRANÇA 201
5.3.6 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA 206
5.3.7 CANADÁ 209
5.3.8 NOVA ZELÂNDIA 211
5.3.9 AUSTRÁLIA 213
5.3.10 ISRAEL 218
5.3.11 LITUÂNIA 220
5.3.12 ITÁLIA 221
5.4 SÍNTESE E DISCUSSÃO 222
5.5 UM QUADRO LEGAL E REGULAMENTAR EFICAZ PARA OS ODORES NO BRASIL 227
5.5.1 PADRÕES MÁXIMOS DE EMISSÃO 227
5.5.2 PADRÕES DE DISTÂNCIAS MÍNIMAS 227
5.5.3 PADRÕES MÁXIMOS DE INCÔMODO 229
5.5.4 PADRÕES MÁXIMOS DE IMPACTO 230
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 239

CAPÍTULO 6
CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO 249

APÊNDICE A – IWA Odours 2017: Pôster 255
APÊNDICE B – Quadro regulamentar nacional – Brasil..... 259
ANEXO A – Environ Sci Pollut R: Vieira et al. (2016) 299
ANEXO B – IWA Odours 2017: Best Poster Award..... 303

CAPÍTULO 1

Introdução da tese

We live in a world of smells, where only the absence of smell is remarkable." (MONCRIEFF, 1970, p. 17).

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Incômodos causados por odores se tornaram um grande problema ambiental nas últimas décadas (CUSANO et al., 2010). Odores ambientais representam a principal causa de queixas relacionada à poluição do ar feitas às agências reguladoras e órgãos governamentais (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006; NICELL, 2009). Isso se deve, principalmente, à industrialização crescente e à expansão urbana, que levam a uma aproximação cada vez maior entre zonas residenciais e fontes de odor.

Diversas são as fontes de odor que expõem a população a incômodos olfativos. Fábricas de processamento de subprodutos de origem animal, indústrias de papel e celulose, estações de tratamento de esgoto, instalações de criação intensiva de animais, refinarias de petróleo, usinas de compostagem e aterros sanitários, estão comumente envolvidos em conflitos decorrentes de episódios de exposição a altas concentrações de odores ambientais. McGinley, Mahin e Pope (2000) ressaltam que incômodos olfativos são, geralmente, o resultado de uma série de episódios de odor experimentados e interpretados de forma negativa pelo receptor, que pode ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos em uma comunidade. A frequência e a duração desses episódios, assim como a intensidade e a ofensividade dos odores, contribuem para a experiência de incômodo. A localização, que está relacionada à natureza das atividades humanas, à expectativa e à sensibilidade do meio receptor, também é um fator importante que deve ser considerado (FREEMAN; CUDMORE, 2002). Esse conjunto de fatores que afeta o impacto odorante e determinam o grau de incômodo olfativo é coletivamente conhecido como FIDOL (i.e., frequência, intensidade, duração, ofensividade e localização).

Para Van Harreveld (2001), um incômodo olfativo é o efeito cumulativo causado por repetidos eventos de perturbação durante um longo período de tempo que leva a modificações ou alterações de comportamento nas comunidades afetadas. Essa reação pode ser ativa (e.g., registrando queixas, fechando janelas, evitando frequentar o jardim) ou passiva (somente identificada através de questionários ou entrevistas). Dessa forma, é importante manter o diálogo junto à população buscando evitar a ocorrência de problemas de odor e conduzir estudos de avaliação de impacto odorante (SHUSTERMAN, 1992).

Os odores possuem cinco parâmetros mensuráveis: concentração (limites), intensidade (escalas de referência), persistência (a "duração" do odor), hedonicidade (medida subjetiva da agradabilidade ou desagradabilidade), e qualidade ou caráter odorante (descritores padrão). A determinação da concentração odorante na fonte emissora é considerada a primeira etapa para resolver um problema de odor (LEYRIS et al., 2000). De fato, essa informação pode ser utilizada como dado de entrada em modelos de dispersão, para determinar o impacto odorante em termos de incômodo, e para avaliar a eficácia de medidas de controle (BOCKREIS; STEINBERG, 2005). No entanto, medições de odor no ambiente também são importantes e permitem avaliar o incômodo diretamente sobre a comunidade.

Segundo Ranzato et al. (2012), para avaliar incômodos olfativos as emissões de odor devem ser medidas e quantificadas e, então, deve ser avaliada sua percepção nos receptores a fim de estabelecer uma ligação entre as emissões e os impactos. Um pré-requisito para essa abordagem é a disponibilidade de técnicas de medição de odor com uma incerteza conhecida e suficientemente pequena para serem utilizadas para fins regulatórios (VAN HARREVELD, 2003; ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008). Isso é possível, atualmente, graças a um grande esforço internacional no desenvolvimento de metodologias padronizadas que permitem o estabelecimento um limite objetivo para o odor (VIEIRA, 2013).

Nos programas de ação da União Europeia (UE) a prevenção da poluição atmosférica tem sido apontada como uma das questões mais relevantes no que diz respeito ao meio ambiente. Em 1992, o Comitê Europeu de Normalização (CEN) formou uma comissão técnica (TC264/WG2) que desenvolveu um projeto de norma para padronizar uma metodologia objetiva de medição de odor (SNEATH, 2001; MCGINLEY; MCGINLEY, 2001). O projeto de norma prEN 13725 ("pr" significa proposta) foi lançado para consulta pública no final de 1999 e a versão final foi enviada à organização da CEN em 2001 (MCGINLEY, 2002). Em 2003, a norma, intitulada "Qualidade do ar – Determinação da concentração do odor por olfatometria dinâmica" foi, então, aprovada e publicada, tornando-se o padrão em 22 países europeus (CEN, 2003). Em 2012, o TC264 aprovou uma resolução para rever o padrão. Uma versão preliminar da norma revisada deverá estar disponível em 2017, incluindo orientações abrangentes sobre incerteza de medição, problemas de saúde e segurança, materiais para olfatometria, armazenamento de amostras e amostragem de diferentes fontes de odor (MANNEBECK, 2017). Este é

o método mais comumente aplicado na Europa para avaliar as emissões de odor de fontes agrícolas e atividades industriais e avaliar a eficiência de técnicas de redução de odor (HOVE et al., 2016), principalmente devido a sua precisão e robustez (VIEIRA et al., 2016).

A concentração de odor é medida determinando o fator de diluição necessário para atingir o limite de percepção 50%, que é a concentração odorante que tem uma probabilidade de 0,5 de ser detectada nas condições do teste (CEN, 2003). Esta determinação geralmente é realizada em um laboratório utilizando um dispositivo de diluição (olfatômetro) e um painel de jurados, selecionados com base em testes de qualificação de sensibilidade normal. Os resultados são expressos em unidades de odor por metro cúbico ($UO.m^{-3}$). McGinley, McGinley e Mann (2000) explicam que a diluição da amostra odorante corresponde ao processo físico que ocorre na atmosfera, na direção do vento, a partir da fonte emissora. O "receptor" (membro da comunidade) é exposto ao odor diluído. A taxa de diluição é uma estimativa do número de diluições necessárias para tornar o odor "não detectável". Dessa forma, se o receptor detecta o odor, então o odor na atmosfera está acima do limite de detecção.

A busca pela melhor forma de regular a emissão de odores começou, provavelmente, há milhares de anos, em uma comunidade que sofria com odores irritantes (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). No entanto, a avaliação e a regulação de emissões odorantes ainda são consideradas tarefas difíceis (RANZATO et al., 2012). Isso está relacionado aos inúmeros fatores que influenciam tanto a dispersão do odor no ambiente como a sua percepção, que pode ser bastante heterogênea em uma comunidade (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006). Por essa razão, o quadro regulamentar internacional ainda é incerto e heterogêneo e muitos países ainda não possuam legislações específicas (RANZATO et al., 2012).

No Brasil e em outros países onde não são estabelecidas políticas específicas para o controle de incômodos olfativos, a condição que determina um incômodo é geralmente verificada com base nas disposições do Direito Comum. No entanto, a utilização exclusiva dessa abordagem possui diversas deficiências que a impedem de proteger adequadamente a população e/ou os proprietários e operadores das instalações envolvidas (NICELL, 2009). Em primeiro lugar, nesse tipo de abordagem, as condições que determinam se existem ou não um incômodo, não são claramente definidas. Além disso, muitos dos termos

utilizados são subjetivos e sujeitos a múltiplas interpretações. Muitas vezes, cabe ao fiscal decidir se há um incômodo e se esse pode ou não ser considerado "razoável". Em segundo lugar, os procedimentos legais envolvidos nesses casos são, em geral, onerosos, demorados e arriscados tanto para o requerente quanto para o requerido. E, em terceiro lugar, essa abordagem serve apenas para diminuir odores intoleráveis depois que um problema de odor existe, uma vez que deve haver um incômodo para que qualquer medida seja tomada. Dessa forma, abordagens baseadas no Direito Comum fornecem apenas um último recurso para que as comunidades afetadas recuperem o bem-estar e o gozo de sua propriedade, mas não previnem a ocorrência a de incômodos olfativos.

No Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pesquisas aplicadas ao controle de incômodos olfativos vêm sendo desenvolvidas desde 1999 (CARVALHO, 2001; SILVA, 2002; TRUPPEL, 2002; CABRAL, 2003, SCHIRMER, 2004; CARMO JUNIOR, 2005; MUNIZ, 2007; SOUZA, 2007; VIEIRA, 2007). Destaca-se o trabalho de Carmo Junior (2005), acerca da "Otimização e aplicação de metodologias para análises olfatométricas integradas ao saneamento ambiental". A linha de pesquisa sobre legislação e regulamentação de odores teve início em 2010, com o trabalho que resultou na proposição de uma "Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos" no Brasil (VIEIRA, 2013).

Esta tese de doutorado dá continuidade à pesquisa iniciada por Vieira (2013) acerca da gestão e regulação de emissões odorantes no Brasil. O trabalho foi desenvolvido como parte do projeto "Desenvolvimento de metodologias de avaliação de impacto odorante para uma melhor qualidade de vida e um ambiente mais saudável", no âmbito do Programa de Cooperação Internacional CAPES/COFECUB, envolvendo a UFSC e a École Nationale Supérieure des Mines d'Alès. O trabalho, realizado em regime de cotutela entre a UFSC e a Université de Montpellier (França), também contou com a colaboração de pesquisadores da Université de Liège (Bélgica) e profissionais de duas firmas de engenharia consultiva belgas.

1.2 HIPÓTESES

- Um estudo de caso pode se apresentar como protocolo geral para avaliação das emissões odorantes de instalações potencialmente poluidoras e servir para destacar a necessidade de regulamentar metodologias e critérios de avaliação de impacto odorante no Brasil;
  Une étude de cas peut se présenter comme protocole général pour l'évaluation des émissions odorantes provenant d'installations potentiellement polluantes et servir à évidencier la nécessité de réglementer des méthodologies et des critères d'évaluation de l'impact odorante au Brésil ;

- Olfatômetros portáteis, como Nasal Ranger® (St. Croix Sensory, Inc., USA) e Scentroid SM110 (IDES Canada Inc., Canada), podem auxiliar no esboço do traçado dos contornos de uma pluma odorante no ambiente;
  Des olfactomètres portables, tels que Nasal Ranger® (St. Croix Sensory, Inc., États-Unis) et Scentroid SM110 (IDES Canada Inc., Canada), peuvent aider à la définition des contours d'un panache odorant dans l'environnement ;

- A partir da experiência internacional na gestão e regulação de emissões odorantes, é possível extrair elementos que possam subsidiar o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira.
  D'après l'expérience internationale sur la gestion et la régulation des émissions odorantes, il est possible d'extraire des éléments suceptibles de soutenir le développement de solutions adaptées à la réalité brésilienne.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil, subsidiando a regulamentação de metodologias e critérios de avaliação de impacto ambiental de emissões odorantes.

L'objectif général de ce travail de thèse est de contribuer au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil, en soutenant la réglementation de méthodologies et des critères d'évaluation d'impact odorante.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar uma abordagem metodológica para avaliação das emissões odorantes de uma instalação com alto potencial de poluição ambiental e destacar a necessidade de estabelecer um quadro legal e regulamentar para os odores no Brasil;
  Présenter une approche méthodologique pour l'évaluation des émissions odorantes d'un site industriel à fort potentiel de pollution environnementale et mettre en évidence la nécessité d'établir un cadre légale et réglementaire pour les odeurs au Brésil ;

- Avaliar a aplicabilidade de olfatômetros portáteis para a definição dos contornos de uma pluma odorante no ambiente, como parte da aplicação de uma metodologia de avaliação de impacto odorante em campo;
  Évaluer l'applicabilité d'olfactomètres portables pour le traçage des contours d'un panache d'odeur dans l'environnement, dans le cadre de l'application d'une méthodologie d'évaluation de l'impact odorant sur le terrain ;

- Estudar e analisar o quadro regulamentar internacional em matéria de odores, afim de fornecer elementos que possam subsidiar o desenvolvimento de soluções adaptadas aos diferentes contextos locais e regionais encontrados no Brasil.
  Étudier et analyser le cadre réglementaire international en matière d'odeur, afin de fournir des éléments pouvant soutenir le développement de solutions adaptées aux différents contextes locaux et régionaux retrouvés au Brésil.

1.4 JUSTIFICATIVA

ODORES AMBIENTAIS E A NECESSIDADE DE ESTABELECER POLÍTICAS DE CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS NO BRASIL

Existem justificativas legais, sociais e ambientais para a regulação de emissões odorantes no Brasil, tanto a nível federal como estadual ou municipal.

De acordo com um relatório do Fundo das Nações Unidas para Atividades Populacionais (UNFPA, 2011), 50% da população mundial (aproximadamente 3,5 bilhões de pessoas) viviam em áreas urbanas em 2010. No Brasil, esse percentual era ainda mais elevado, da ordem de 87%. Nos últimos anos (2010-2016) a taxa média anual de variação da população brasileira foi de 0,9%, fazendo com que o país chegasse a 209,6 milhões de habitantes em 2016 (UNFPA, 2016). Esses indicadores demográficos, aliados às perspectivas de recuperação da economia nacional, sugerem o aumento de conflitos decorrentes de problemas de odor caso políticas de controle de incômodos olfativos não sejam estabelecidas.

Odores ambientais têm sido associados a uma série de efeitos físicos e psicossociais (e.g., incômodo, percepção de risco à saúde, interferência comportamental) adversos para a saúde humana (BLANES-VIDAL et al., 2014). Sintomas físicos comumente relatados incluem irritação nos olhos, nariz e garganta, cefaleia, náuseas, diarreia, rouquidão, dor de garganta, tosse, aperto no peito, congestão nasal, palpitações, falta de ar e sonolência (SCHIFFMAN; WILLIAMS, 2005). Os odores também podem interferir negativamente na realização de atividades comerciais e causar a depreciação de propriedades (NICELL, 2009). Dessa forma, instrumentos de regulação adequados são necessários para prevenir ou minimizar esses impactos.

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) considera como poluição todas as atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde e o bem-estar da população (BRASIL, 1981). Entretanto, atualmente, não há legislação federal que estabeleça limites aceitáveis de impacto odorante baseados em medidas olfatométricas. Alguns estados e municípios estabelecem padrões de imissão para determinados compostos odorantes (e.g., sulfeto de hidrogênio). Porém, essa abordagem não considera o efeito do odor resultante da mistura

complexa dos diversos contaminantes que normalmente fazem parte do buquê odorante. Além disso, com exceção do estado do Paraná e do município de Uberlândia, nenhuma metodologia baseada na olfatometria (i.e., medida da resposta de um júri a um estímulo olfativo) é padronizada nem reconhecida (VIEIRA, 2013).

No estado de Santa Catarina, a Lei n° 14.675, de 13 de abril de 2009, que instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente, atribuiu ao Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), a responsabilidade de regulamentar, no prazo de um ano, a contar da publicação da Lei, "os critérios e a metodologia para constatação de emissão de odor em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora" (SANTA CATARINA, 2009). No entanto, passados quase 10 anos, essas disposições ainda não foram regulamentadas. A inexistência de critérios claros e objetivos torna difícil o trabalho de mediação de conflitos decorrentes de incômodos olfativos, envolvendo a população e os responsáveis pelas fontes emissoras, que muitas vezes precisam ser resolvidos diante de um tribunal.

A nível internacional, décadas de experiência dão sustentação para a inclusão dos odores na lista dos diversos tipos de contaminantes sob regulação ambiental e apontam a necessidade de se regulamentar as emissões odorantes de instalações industriais e agrícolas e de outras operações (NICELL, 2009). Países como Holanda, Alemanha, Itália, França, Bélgica, Canadá e Estados Unidos se destacam em estudos nessa área e dispõem de legislações específicas. Recentemente, países da América Latina como Chile e Colômbia também implementaram normas e legislações específicas para o controle de incômodos olfativos (INN, 2010, 2015a, 2015b, 2017a, 2017b; INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, 2011, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b; REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2013, 2014; GOBIERNO DE CHILE, 2017).

Pelas razões apresentadas, torna-se evidente a necessidade de estabelecer políticas de controle de incômodos olfativos no Brasil. Isso proporcionará aos operadores das instalações ferramentas para a tomada de decisões, especialmente no que diz respeito à priorização de investimentos e a escolha das tecnologias de controle com melhor custo-benefício para minimizar os impactos odorantes a um "nível aceitável", garantindo assim um nível mínimo de conforto e proteção às comunidades circunvizinhas.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Tendo em vista o formato definido para a elaboração da tese (na forma de artigos), este documento está estruturado em seis capítulos. A principal finalidade desta estrutura é permitir a leitura de cada um dos capítulos de maneira independente, sem a necessidade de buscar informações adicionais, e, por isso os capítulos 3, 4 e 5 apresentam resumo, introdução, desenvolvimento, conclusão e referências individuais. No entanto, é importante ressaltar que os conteúdos estão relacionados, e juntos contribuem para o cumprimento do objetivo geral desta tese (i.e., contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil, subsidiando a regulamentação de metodologias e critérios de avaliação de impacto ambiental de emissões odorantes).

Capítulo 1: neste capítulo é apresentado o tema de pesquisa, as hipóteses formuladas, os objetivos (geral e específicos) e a justificativa para realização do estudo; destacado a necessidade de regulamentar metodologias e critérios para avaliação de impacto odorante, e estabelecer políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil. Para facilitar o entendimento do trabalho, é apresentado um fluxograma com a estrutura da tese.

Capítulo 2: este capítulo apresentada os fundamentos da problemática ambiental dos odores e os principais elementos envolvidos na gestão e regulação de emissões odorantes. Isso inclui: as características dos odores, os fatores que afetam o impacto odorante, e as principais técnicas de medição, avaliação e monitoramento de emissões odorantes. Além de facilitar a compreensão dos assuntos abordados nos capítulos subsequentes, acredita-se que as informações apresentadas poderão auxiliar na discussão e tomada de decisão informada e compartilhada entre o poder público, a iniciativa privada e as comunidades afetadas por incômodos olfativos.

Capítulo 3: este capítulo responde ao primeiro objetivo específico da tese, associado às metodologias de avaliação de emissões odorantes e à necessidade de estabelecer critérios de conformidade. Uma abordagem pragmática foi desenvolvida para avaliar o desempenho de um biofiltro em termos de remoção de odor, em uma pesquisa de campo realizada em condições reais de operação de uma instalação com alto potencial de poluição ambiental. O estudo também inclui uma discussão sobre a

necessidade de estabelecer um quadro legal e regulamentar para os odores no Brasil.

Capítulo 4: este capítulo responde ao segundo objetivo específico da tese, que envolve a aplicação de uma metodologia de avaliação de impacto odorante que acaba de ser normalizada na Europa (Método da pluma; CEN, 2017). Inspeções de odor em campo foram realizadas junto à uma equipe de especialistas na Bélgica, visando avaliar a aplicabilidade de olfatômetros portáteis para o traçado dos contornos de uma pluma odorante no ambiente. O interesse particular nesta metodologia se justifica pela sua grande adaptação à realidade brasileira (i.e., território de dimensões continentais, número reduzido de laboratórios de olfatometria e custo relativamente baixo comparado a outros métodos).

Capítulo 5: este capítulo responde ao terceiro objetivo específico da tese, relacionado à componente legal e regulamentar. Dando continuidade à pesquisa iniciada em 2010, que propôs uma abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos no Brasil (VIEIRA, 2013), foi realizada uma análise do quadro legal e regulamentar internacional em matéria de odores a fim de apresentar elementos (critérios de conformidade) que possam subsidiar o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira.

Capítulo 6: finalmente, as hipóteses de pesquisa são confrontadas com os resultados apresentados nos capítulos 3, 4 e 5, juntamente com a conclusão da tese.

Integram também este documento os seguintes elementos pós-textuais: Apêndice A, Apêndice B, Anexo A e Anexo B.

Figura 1.1 – Estrutura da tese no contexto da pesquisa.

PARTE METODOLÓGICA			PARTE REGULATÓRIA		
Avaliação das emissões na fonte (múltiplas fontes pontuais; chaminés) TEO EN 13725:2003 SEMA 054/2006 **Vieira, 2013**	Avaliação das emissões na fonte (superfície ativa; biofiltro) TEO + η_{od} EN 13725:2003 VDI 3477:2004 VDI 3880:2011 SEMA 054/2006 SEMA 016/2014 **Capítulo 3**	Avaliação de impacto em campo (método da pluma e olfatômetros portáteis) Bilsen et al. 2008 EN 16841-2:2017 **Capítulo 4**	Quadro regulamentar nacional; Brasil: legislação federal, estadual (26 Estados e o Distrito Federal) e municipal (16 municípios) **Apêndice B** **Vieira, 2013**	Abordagem regulatória para o controle de incômodos olfativos MTD + FIDOL Metodologias de avaliação de impacto odorante; Critérios de conformidade (PDM, PME, PMIn, PMIm) **Capítulo 5** **Vieira, 2013**	Quadro regulamentar internacinal (Alemanha, Austrália, Canadá, Estados Unidos, Holanda, Israel, Itália, França, Lituânia, Nova Zelândia, Reino Unido, República da Irlanda) **Capítulo 5** **Vieira, 2013**

CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS NO BRASIL

(VIEIRA, 2010–2017)

Fonte: O Autor.

CONTEXTE ET JUSTIFICATION DU SUJET DE RECHERCHE

Depuis les dernières décennies et en raison de l'industrialisation croissante et de l'extension urbaine, la préoccupation de l'homme vis-à-vis de l'environnement, de la qualité de vie et du bien-être, ainsi que dans la résolution des conflits d'ordre environnemental, se sont intensifiées. Les odeurs, deuxième source de nuisance après le bruit, constituent la base des plaintes liées à la pollution de l'air.

Les sources d'odeurs qui exposent une population à un environnement odorant induisent facilement une gêne au sein des communautés concernées par cette exposition. Ce basculement vers la gêne est accru par le caractère malodorant et/ou agressif (qualité de l'odeur) mais également par sa fréquence, la durée du(des) épisode(s) odorant(s), l'intensité de l'odeur et la localisation du récepteur. Les installations industrielles, en particulier les industries agro-alimentaires, les centres d'enfoussement, les plateformes de compostage et les stations de traitement des eaux usées, sont souvent liées aux plaintes resultant d'épisodes d'exposition à de fortes concentrations odorantes.

Du point de vue environnemental, le contrôle des émissions de polluants odorants dans l'atmosphère est nécessaire, du fait de la capacité de ces dernières à altérer l'écosystème de manière globale ou encore à provoquer des nuisances sur la santé des plantes, des animaux et des êtres humains. Les effets de ce type de pollution peuvent être assez divers comme : i) compromettre la qualité de l'air ambiant ; ii) induire des dommages aux propriétés, aux plantes ou aux animaux ; iii) provoquer de l'inconfort vis-à-vis d'une personne ou d'une population ; iv) porter préjudice à la santé des personnes ; v) transformer des ressources alimentaires (plantes ou animaux) en les rendant impropres à la consommation humaine ; vi) faire perdre la jouissance de l'usage normal d'un bien ; vii) interférer fortement sur des activités commerciales et économiques (NICELL, 2009).

Les effets négatifs sur la santé, associés à l'exposition prolongée à des odeurs, et la fréquence des plaintes du public découlant des impacts odorants, ont démontré la nécessité de réduire ou de supprimer ces odeurs. Indépendamment de l'objectif de réduction, il est nécessaire d'accompagner les riverains d'un site exposé afin de prévenir l'apparition de problèmes liés aux odeurs et de mener des études d'impact odorant (SHUSTERMAN, 1992).

Au niveau international, des décennies d'expériences soutiennent l'inclusion des odeurs dans la liste des différents types de contaminants sous la réglementation environnementale, et soulignent la nécessité de réglementer les émissions odorantes provenant d'installations industrielles, agricoles et d'autres opérations (NICELL, 2009).

Les méthodes d'évaluation de l'impact des odeurs sur les communautés peuvent être classées en accord avec deux approches distinctes, qui peuvent être utilisées individuellement ou en combinaison : la caractérisation des sources d'odeur et la prévision ultérieure des impacts sur les régions voisines par calcul de dispersion ; ou des mesures directes de l'impact sur le terrain suivies éventuellement d'une estimation des émissions par calcul de rétrodispersion.

La première approche implique la caractérisation de la source par la mise en place de campagnes d'échantillonnage et des mesures de débit des sources émettrices. La mesure du débit permet la détermination des taux d'émission odorant, généralement exprimé en $UO.s^{-1}$ ou $UO.h^{-1}$. En effet, la concentration en odeur exprimée, par convention, en unité d'odeur par m^3 ($UO.m^{-3}$) sera multipliée par le débit de balayage (généralement exprimé $m^3.s^{-1}$ ou $m^3.h^{-1}$) pour fournir un débit d'odeur. Une étude de modélisation peut également être faite et est souhaitable pour évaluer l'impact odorant au-delà des limites de la propriété de la source émettrice. Parmi les méthodes d'évaluation de l'impact odorant inclus dans la deuxième catégorie d'approche à savoir la mesure de l'exposition, il est possible de citer le comité de riverains et l'olfactométrie déambulatoire ou méthode du panache (jurés qui se déplacent le long de ligne perpendiculaire à l'axe du vent dominant ou en zig-zag pour déterminer l'étendue d'un panache en définissant ses contours), les questionnaires (destinés en général aux riverains volontaires) et les « olfactomètres de terrain » (appareil à faible taux de dilution permettant d'estimer une concentration par une valeur chiffrée de l'intensité d'odeur).

Au Brésil, actuellement, aucune législation n'établit des limites d'exposition aux odeurs (critères d'acceptabilité) basé sur les facteurs FIDOL (i.e., fréquence, intensité, durée, offensivité et localisation) qui déterminent l'ampleur de l'effet expérimenté par le récepteur. En outre, à l'exception de l'état du Paraná (au Sud) et la ville de Uberlândia (au Sud-Est du pays), aucune méthodologie basée sur l'olfactométrie (i.e., mesure de la réponse d'un jury à un stimulus olfactif), n'est ni standardisée ni reconnue. Cela rend difficile le travail de médiation des conflits découlent

de nuisances olfactives qui souvent sont résolus devant un tribunal. Ce qui rend la résolution des problèmes longue et coûteuse. D'autre part, les industriels n'ont pas d'outils pour mieux gérer leurs procédés et concevoir leurs installations de façon à minimiser les impacts.

Dans les programmes de deuxième et troisième cycles en Génie de l'Environnement (PPGEA) de l'Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC), des recherches appliquées au contrôle de nuisances olfactives ont été menées depuis 1999 (CARVALHO, 2001 ; SILVA, 2002 ; TRUPPEL, 2002 ; CABRAL, 2003 ; SCHIRMER, 2004 ; CARMO JUNIOR, 2005 ; MUNIZ, 2007 ; SOUZA, 2007 ; VIEIRA, 2007). Nous soulignons le travail de Carmo Junior (2005) sur « L'optimisation et l'application de méthodologies pour les analyses olfactométriques intégrées à l'assainissement environnemental ». L'axe de recherche en législation et réglementation d'odeurs a commencé en 2010, avec le travail qui a abouti à la proposition d'une « Approche des procédures légales pour le contrôle des nuisances olfactives » au Brésil (VIEIRA, 2013).

Cette thèse de doctorat poursuit la recherche démarrée par Vieira (2013) sur la gestion et la réglementation des odeurs au Brésil. Le travail a été développé dans le cadre du projet « Développement de méthodologies d'évaluation de l'impact odorant pour une meilleure qualité de vie et un environnement plus sain », dans le cadre du Programme de Coopération Internationale CAPES/COFECUB, impliquant l'UFSC et l'École Nationale Supérieure des Mines d'Alès. Le travail, réalisé sous le régime de cotutelle entre l'UFSC et l'Université de Montpellier (France), a également compté avec la collaboration de chercheurs de l'Université de Liège (Belgique) et professionnels de deux firmes de génie-conseil belges.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANES-VIDAL, Victoria; BÆLUM, Jesper; NADIMI, Esmaeil S.; LØFSTRØM, Per; CHRISTENSEN, Lars P. Chronic exposure to odorous chemicals in residential areas and effects on human psychosocial health: dose–response relationships. **Science of the Total Environment**, v. 490, p. 545–554, 2014.

BOCKREIS, A.; STEINBERG, I. Measurement of odour with focus on sampling techniques. **Waste Manag.**, New York, v. 25, n. 9, p. 859–863, 2005.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Seção I, p. 16.509–16.512.

CABRAL, Flávia A. S. **Biofiltração para desodorização de reatores anaeróbios.** 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARMO JUNIOR, Gersina N. R. **Otimização e aplicação de metodologias para análises olfatométricas integradas ao saneamento ambiental.** 2005. 174 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CARVALHO, Cleide M. **Odor e biodesodorização em reatores anaeróbios.** 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION). **EN 13725:** Air quality—determination of odour concentration by dynamic olfactometry. CEN: Brussels, 2003.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION). **EN 16841-2:** Ambient air—determination of odour in ambient air by using field inspection—part 2: plume method. CEN: Brussels, 2017.

CUSANO, Gianluca; LICOTTI, Carlo; SIRONI, Selena; CAPELLI, Laura; ROSSI, Andrea Nicola; IL GRANDE, Massimiliano. Odour regulation in Italy: The regional guidelines on odour emissions in Lombardia. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 23, p. 19–24, 2010.

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2011. 144 p. (Saraiva de Bolso). Tradução de: H. P. de Andrade. ISBN 978-8-52092-857-8.

_____. **Comment je vois le monde.** Paris: Ernest Flammarion, 1934. 258 p. Tradução de: Colonel Cros.

_____. **The world as I see it.** Tennessee: Snowball Publishing, 2014. 108 p. Tradução de: Ben Nordon. ISBN 978-1-49487-706-4.

FREEMAN, Tracy; CUDMORE, Roger. **Review of Odour Management in New Zealand.** Wellington: Ministry for the Environment, 2002. Air Quality Technical Report 24.

GOBIERNO DE CHILE. **Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA.** Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente. 2017.

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

HOVE, Nathalie C. Y.; VAN LANGENHOVE, Herman; VAN WEYENBERG, Stephanie; DEMEYER, Peter. Comparative odour measurements according to EN13725 using pig house odour and n-butanol reference gas. **Biosyst. Eng.**, v. 143, p. 119–127.

INN (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN). **NCh 3190**: Calidad del aire –Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinâmica. INN: Santiago, 2010.

INN (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN). **NCh 3386**: Calidad del aire –Muestreo estático para olfatometría. INN: Santiago, 2015a.

_____. **NCh 3387**: Calidad del aire – Evaluación de la molestia por olores – Encuesta. INN: Santiago, 2015b.

_____. **NCh 3533-1:2017**: Medición de impacto de olor mediante inspección en campo – Medición de la frecuencia del impacto de olores reconocibles – Método de la grilla. INN: Santiago, 2017a.

_____. **NCh 3533-2:2017**: Medición de impacto de olor mediante inspección en campo – Medición de la frecuencia de impacto de olores reconocibles – Método de la pluma. INN: Santiago, 2017b.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. **NTC 5880**: Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinâmica. ICONTEC: Bogota, 2011.

_____. **NTC 6012-1**: Efectos y evaluación de los olores. Evaluación sicométrica de las molestias por olores. Cuestionarios. ICONTEC: Bogota, 2013a.

_____. **NTC 6012-2**: Efectos y evaluación de olores. Determinación de parámetros de molestia mediante preguntas breves repetidas, a panelistas de un vecindario. ICONTEC: Bogota, 2013b.

_____. **NTC 6049-1**: Medición de impacto de olor mediante inspección en campo. Medición de la frecuencia del impacto de olores reconocibles. Medición de malla. ICONTEC: Bogota, 2014a.

_____. **NTC 6049-2**: Medición de impacto de olor mediante inspección en campo. Medición de la frecuencia de impacto de olores reconocibles. Medición de pluma. ICONTEC: Bogota, 2014b.

LEYRIS, C.; MAUPETIT, F.; GUILLOT, J.-M.; POURTIER, L.; FANLO, J.-L. Laboratory study of odour emissions from areal sources: evaluation of a sampling system. **Analusis**, Les Ulis, v. 28, n. 3, p. 199–206, 2000.

MANNEBECK, Dietmar. Olfactometers According to EN 13725. In: BUETTNER, Andrea (Ed.). **Springer Handbook of Odor.** Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 61–62.

MCGINLEY, Charles M.; MAHIN, Tomas D.; POPE, Richard J. Elements of Successful Odor/Odour Laws. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY, Michael A.; MCGINLEY, Charles M.; MANN, Jeff. Olfactomatics: Applied Mathematics of Odor Testing. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY; Michael A.; MCGINLEY, Charles M. The New European Olfactometry Standard: Implementation, Experience, and Perspectives. In: AIR AND WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 94., 2001, Orlando. **Proceedings…** Pittsburgh: AWMA, 2001.

MCGINLEY, Charles M. Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing. In: SYMPOSIUM ON AIR QUALITY MEASUREMENT METHODS AND TECHNOLOGY, 2002, San Francisco. **Proceedings…** Pittsburgh: AWMA, 2002.

MONCRIEFF, Robert Wighton. **Odours.** London: William Heinemann Medical Books. 1970.

MUNIZ, Ana Cristina S. **Investigação do limite de percepção olfativa por olfatometria e por cromatografia gasosa-espectrometria de massa.** 2007. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

NICELL, Jim. Assessment and regulation of odour impacts. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 43, n. 1, p. 196–206, 2009.

RANZATO, Laura; BARAUSSE, Alberto; MANTOVANI, Alice; PITTARELLO, Alberto; BENZO, Maurizio; PALMERI. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field

inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570–579, 2012.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1541 de 2013, por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones. **Diario Oficial [de Colombia]**, Poder Ejecutivo, Bogota, D.C., 15 nov. 2013.

_____. Resolución 2087 de 2014, por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos. **Diario Oficial [de Colombia]**, Poder Ejecutivo, Bogota, D.C., 30 dic. 2014.

ROMAIN, Anne-Claude; DELVA, Julien; NICOLAS, Jacques. Complementary approaches to measure environmental odours emitted by landfill areas. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 131, n. 1, p. 18–23, 2008.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br/legislacao>. Acesso em: 1 maio 2017.

SCHIFFMAN, Susan S.; WILLIAMS, C. M. Science of odor as a potential health issue. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, n. 1, p. 129–138, 2005.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo.** 2004. 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

SHUSTERMAN, Dennis. Critical review: the health significance of environmental odor pollution. **Archives of Environmental Health**, v. 47, n. 1, p. 76–87, 1992.

SILVA, Glades P. **Avaliação de incômodos olfativos emitidos pela suinocultura:** estudos na bacia hidrográfica do Rio dos Fragosos e na região urbana do município de Concórdia. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SNEATH, Robert W. Olfactometry and the CEN standard prEN 17325. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater Treatment:** Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 7, p. 130–154.

SOUZA, Marcos L. **Avaliação de um biofiltro piloto para desodorização de compostos orgânicos do setor petroquímico.** 2007. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TRUPPEL, Anderson. **Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente.** 2002. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

UNFPA (UNITED NATIONS FUND FOR POPULATION ACTIVITIES). **State of would population 2011:** People and possibilities in a world of 7 billion. UNFPA: New York, 2011.

_____. **State of would population 2016:** 10: How our future depends on a girl at this decisive age. UNFPA: New York, 2016.

VAN HARREVELD, Anton P. From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process. **Water Science and Technology**, London, v. 44, n. 9, p. 9–15, 2001.

VAN HARREVELD, Anton P. Odor regulation and the history of odor measurement in Europe. In: **Odor measurement review.** Government of Japan: Tokyo, 2003. p. 54–61.

VIEIRA, Magnun M. **Avaliação da eficiência de um lavador de gases no tratamento dos efluentes gasosos de um restaurante no município de Florianópolis (SC).** 2007. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

VIEIRA, Magnun M. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos.** 2013. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

VIEIRA, Magnun M.; SCHIRMER, Waldir N.; DE MELO LISBOA, Henrique; BELLI FILHO, Paulo; GUILLOT, Jean-Michel. Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 23, p. 24115–24124, 2016.

CAPÍTULO 2

Literature review: Odours in the environment — measurement, assessment, and monitoring

In millennium past, the "practice of odor" was in the hands of wizards, magicians, and experts. Today odor, odor control, and odor nuisance are understandable subjects for plant operators, facility managers, engineering practitioners, and citizens (MCGINLEY; MCGINLEY, 2000, p. 18).

ABSTRACT

Odour nuisance has become a major environmental issue worldwide. This is mainly due to the growth of industrialization and urbanization, which increasingly reduces the distance between residential areas and odour sources. Epidemiological studies have shown that undesirable exposure to environmental odours can cause harm to human health. Extended exposure may promote adverse reactions ranging from symptoms of induced stress (such as sleep disturbance, anxiety, headaches, or depression) to physical symptoms (including nausea, sensory irritations, or respiratory problems). Odour nuisance can also cause the loss of enjoyment of normal use of property, interfere negatively with normal business conduction, and depreciate property values. Thus, odours are an important environmental and social aspect that should be addressed through integrated policies for environmental protection and public health. In this paper, the main topics that make up the problematic of environmental odours are described, including relevant concepts involved in the assessment and evaluation of odour impact and the controlling of odour emissions. First, we present a definition of odour, some underlying factors associated with odour perception and the effects of odours on human health and well-being. Then, some fundamental elements about odour management and regulation are presented: the characteristics of odours; the factors that affect the impact of odours and thereby the experience of annoyance; and the main measurement techniques for odour assessment and monitoring. Finally, we present the most widely used methodologies for odour-impact assessment and management worldwide. We hope that this literature review can support informed decision-making on odour policy and regulation in Brazil.

Keywords: Odour. Public health. Nuisance. Odour emissions. Regulation.

CONTENTS

2.1 Introduction 69
2.2 Odour basics 71
2.2.1 Odour perception 71
2.2.2 Odour dimensions 72
2.2.2.1 Odour character 73
2.2.2.2 Hedonic tone 76
2.2.2.3 Odour concentration 78
2.2.2.4 Odour intensity 79
2.2.2.5 Persistence 83
2.2.3 Generalities-classification of odorous sources 85
2.3 The effects of odours on human health 87
2.4 The 'FIDOL' factors determining annoyance 88
2.4.1 Frequency 90
2.4.2 Intensity 90
2.4.3 Duration 91
2.4.4 Offensiveness 91
2.4.5 Location 91
2.5 Odour metrology 92
2.5.1 Analytical techniques: Chemical analyses 93
2.5.2 Sensorial techniques: Olfactometry 94
2.5.3 Senso-instrumental techniques: E-noses 100
2.6 Odour impact assessment methodologies 101
2.6.1 Odour dispersion modelling 102
2.6.2 Field odour assessment 105
2.6.2.1 Investigation and analysis of odour complaints 105
2.6.2.2 Odour surveys 106
2.6.2.3 Odour perception network 107
2.6.2.4 Odour field inspections 110
2.6.2.5 Field olfactometry 111
References 113

2.1 INTRODUCTION

Nuisances caused by odours are a social problem that dates from the beginning of time (MILHAU; HAMELIN; TATRY, 1994). Odour is a major cause of air pollution complaints made to regulatory agencies and government bodies (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006; NICELL, 2009) and represents a growing social problem in industrialized countries (RANZATO et al., 2012). Indeed, odours have become a serious environmental problem in recent decades (CUSANO et al., 2010), especially in densely populated areas. For this reason, odour is increasingly becoming a matter of international interest.

In addition to odour annoyance, odours can also have/cause adverse effects on human health and damage to the environment. Among these, is the compromise of environmental quality, discomfort to an individual or a population, and the interference in commercial and economic activities (NICELL, 2009). These effects, associated with the frequency of complaints from the public, due to odour impacts, reveal the need for measures to eliminate or mitigate this problem (SHUSTERMAN, 1992).

Odour nuisance is usually the result of a series of odour episodes experienced and interpreted negatively by an individual or a population. The frequency and duration of these episodes, besides the intensity and the offensiveness of the odours, contributes to the experience of annoyance (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). The location, which is related to the nature of human activities and the expectation and sensitivity of the receiving environment, is also an important factor affecting odour annoyance (FREEMAN; CUDMORE, 2002). This set of factors, which influence the impact and degree of odour nuisance, is collectively known as FIDOL.

Adequate regulatory tools are needed to minimize the impacts of odour emissions on the population. The search for the best way to regulate odour emission is thought to have begun thousands of years ago in a community suffering from irritating odours (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). However, the evaluation and regulation of odour emissions are still considered difficult tasks (RANZATO et al., 2012). This is related to the innumerable factors that influence both the dispersion of the odour and its perception, which can be very heterogeneous in a community (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006). In fact, the odour nuisance can

be caused by several chemical compounds, often found in concentrations difficult to detect by the analytical instruments currently available; the odour resulting from complex mixtures of odourants cannot be easily predicted; the perception of odours is largely subjective and influenced by individual values and memories; the impact of odour sources on air quality is governed by complex atmospheric dispersion processes; the intensity of the odour pollution changes according to the time of day and the local meteorological conditions (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001; ZARRA et al., 2008; RANZATO et al., 2012). For these reasons, the assessment of odour impacts and the definition of regulatory limits are considered complex issues. This makes the international regulatory framework still uncertain and heterogeneous and many countries still do not have specific legislation (RANZATO et al., 2012).

The principles of the Nuisance Law are still used today, especially in countries with a legal system based on Common Law (VAN HARREVELD, 2003). This is the case in Brazil and other countries where odours are not yet regulated. However, society increasingly demands transparency and uniformity in environmental regulations to achieve a uniform level of risk and protection for all citizens. Similarly, industries require a set of clear and predictable performance criteria to evaluate environmental management programs, plan investments, and adopt a proactive approach to tackle the problem (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006).

In the last decades, the progress made in the field of olfactometry has now allowed the reduction and control of emissions that once seemed impossible. To evaluate the odour annoyance, the odour emissions should be measured and quantified and their perception at the receptors should be evaluated in order to establish a link between emissions and impacts (RANZATO et al., 2012). This implies that the limits (acceptability criteria) are generally set at the immission level and not at the emitting source. A prerequisite for this approach is the availability of odour measurement techniques with known and sufficiently small uncertainties to be used for regulatory purposes (VAN HARREVELD, 2003; ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008). This is possible thanks to a major international effort to develop standard odour measurement methodologies that allow the establishment of an objective limit for odour.

Currently, despite the growing concern about odour nuisance, there is no specific legislation regulating odours in Brazil. Since odour nuisance

can have a detrimental effect on the human sense of well-being and quality of life, odours may affect human health. Thus, there is an urgent need for the establishment of a legal and regulatory framework for odours in Brazil (VIEIRA et al., 2016). In this context, this chapter presents relevant literature on the science of odours, highlighting elements that should be considered when discussing public policies for odour-nuisance control.

2.1 ODOUR BASICS

Of the five senses, olfaction is the most evocative and least understood. In the last millennium, the "practice of the odour" was only in the hands of magicians, sorcerers and intellectuals. Currently, odour and odourant emission control and management are subjects dominated by industrial facility operators, environmental managers, engineering professionals and members of civil society (MCGINLEY; MCGINLEY, 2000).

An odour can be formed by a complex mixture of many odoriferous compounds. Pouliot (2001) defines odours as a mixture of a large number of volatile molecules, organic or mineral, having very different physicochemical properties. Le Cloirec et al. (1994) simply define odours as being a complex mixture of volatile chemical molecules, emitted mostly by agricultural, industrial, and domestic activities.

In some cases, odours may irritate populations close to the source. Gouronnec and Tomasso (2000) point out that those responsible for emission sources can control the odour spontaneously or under pressure from the population and/or environmental agencies. However, for proper intervention, knowledge about the characteristics of odours and the factors affecting both perception and odour impact are necessary.

2.2.1 ODOUR PERCEPTION

In a human being, the perception of an odour is the result of the interaction of chemical molecules with the olfactory system (GOURONNEC; TOMASSO, 2000). This interaction results from a stimulus created by the olfactory bulb, located in the upper part of the nasal cavity. When the olfactory system comes into contact with odourant molecules, signals are sent to the brain through nerve fibres, where odour imprints are created and compared to stored memories (SHERIDAN, 2008). These sensations are interpreted, based on previous experiences

and the expectations of the recipient, to determine the extent of the odour nuisance (DRAVNIEKS; JARKE, 1980). Figure 2.1 presents a simple model to describe this process.

Figure 2.1 – Representation of human perception of odours.

Source: Modified from Frechen (1994).

The perception of an odour varies both among individuals (differences in olfactory sensitivity, education, and specific psychological factors), and in the same person over time (habituation and adaptation; MILHAU; HAMELIN; TATRY, 1994). In addition, olfactory perception may vary depending on individual physical conditions and memory (SHERIDAN, 2008). It is noted, therefore, that human responses to an odour are individual and highly subjective. Different people find different odours offensive at different concentrations (STUETZ; GOSTELOW; BURGESS, 2001). Although extreme cases of low sensitivity (hyposmia and anosmia) or high (hyperosmia) are excluded, there will always be a variation in odour sensitivity (DRAVNIEKS; JARKE, 1980).

Stuetz, Gostelow and Burgess (2001) point out that although a random variation in odour sensitivity is unavoidable; some general influences have been identified. Sensitivity to odours decreases with age and is lower in individuals who smoke or have health problems. Gender differences (hormonal influences) on odour sensitivity were also observed, but were not statistically significant.

As can be observed, olfactory perception is subjective and influenced by a number of factors. However, through selection of assessors, adequate training, and the use of standardised methods, all members of an olfactory jury can set aside their personal beliefs and feelings to provide objective answers (MCGINLEY; MCGINLEY, 2000).

2.2.2 ODOUR DIMENSIONS

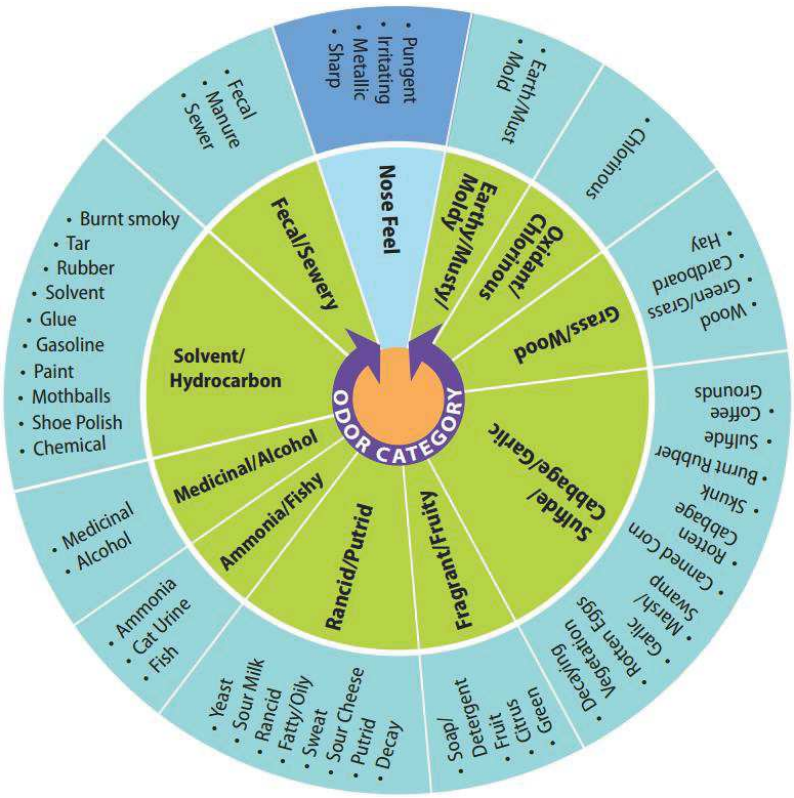
The characteristics of an odour refer to the dimensions of the odour that can be measured. Some authors such as Sneath (2001) and Ruijten, Van Doorn and Van Harreveld (2009) consider that odours have four

dimensions: detectability or concentration (limits), intensity (reference scales), hedonic tone (subjective measure of pleasantness or unpleasantness), and odour quality or character (standard descriptors). However, other authors such as McGinley and McGinley (2002) consider a fifth dimension: the persistence (the "hang time" of the odour). McGinley and McGinley (2002) emphasize that each of these parameters has certain "accuracy" limits and must be understood appropriately for appropriate decision-making.

2.2.2.1 Odour character

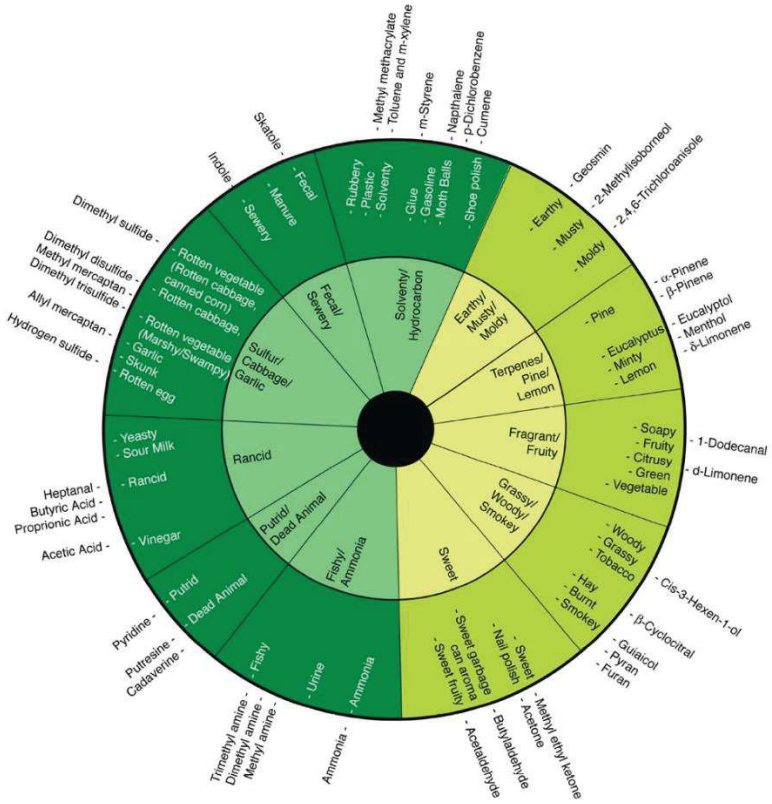
The character, or quality of an odour, describes in words which resemble an odour (odour descriptors), e.g., earthy, floral, fruitful. Thus, odour is characterized using a reference vocabulary for taste, sensation, and odour description (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002). Numerous standard odour descriptor lists are available for use as a reference vocabulary (MCGINLEY; MCGINLEY; MANN, 2000). Among the most common forms of representation is the 'Odor Wheel', which places chemicals into "smell families". Figures 2.2 and 2.3 show examples of odour wheels for wastewater and composting operations, respectively.

Figure 2.2 –Wastewater odour wheel.



Source: Suffet et al. (2004).

Figure 2.3 – Composting odour wheel.



Source: Suffet et al. (2009).

The results obtained can be presented in the form of a histogram or a radar-type graph (MCGINLEY, 2002; CARMO JR., 2005; VIEIRA, 2007; DE MELO LISBOA et al., 2008).

The determination of the odour character can allow the identification of the chemical compounds responsible for the odour, through the description of a specific odour. In addition, it can be decisive in identifying a source of odour from a complaint.

2.2.2.2 Hedonic tone

The term hedonic comes from the Greek word hedone, which means pleasure. The hedonic tone is a measure of the pleasantness or unpleasantness of an odour. It is a categorical judgment of the odour characteristic as being more or less pleasurable, which does not depend on the odour character (MCGINLEY; MCGINLEY; MANN, 2000; MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

Attributing a value to the hedonic tone of an odour by an individual is "subjective". This is due to the fact that the evaluator's personal experiences and memories include their feelings and values in the decision-making process. The value of the hedonic tone reported by an olfactometry laboratory is an average of the individual values attributed by the members of the olfactory panel (MCGINLEY, MCGINLEY, 2002).

Methods for conducting comparative evaluations were established to analyse samples by an odour panel. McGinley and McGinley (2002) present an arbitrary scale of 21 points (Figure 2.4).

Figure 2.4 – Twenty-one-point hedonic scale.

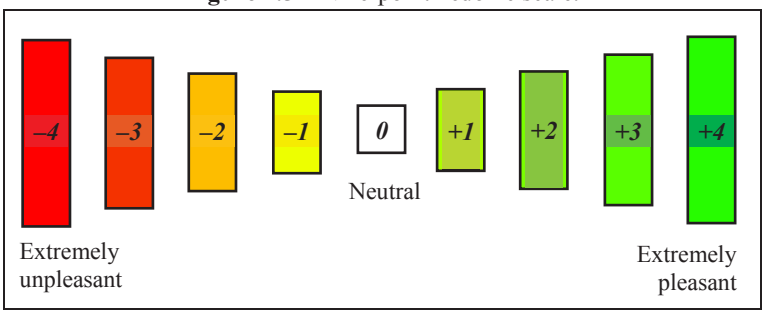
-10----------0----------+ 10

Unpleasant Neutral Pleasant

Source: McGinley and McGinley (2002).

The German standard VDI 3882 – Part 2 (VDI, 1994) describes a methodology to evaluate the hedonic tone of odour samples through dynamic olfactometry. According to this standard, the hedonic tone of a perceived odour should be evaluated according to the scale presented in Figure 2.5. This scale is also widely used in the evaluation of the hedonic tone by the static method (VIEIRA, 2013).

Figure 2.5 – Nine-point hedonic scale.



Source: Modified from VDI (1994).

The 9-point scale presented by VDI 3882 – Part 2 can be associated with a set of descriptors specific to each point. This may aid in the comparison of perceived odour and in the interpretation of results (Table 2.1).

Table 2.1 – Nine-point hedonic scale with specific descriptors for each point.

Score	Perceived hedonic tone
+4	Very pleasant
+3	Pleasant
+2	Moderately pleasant
+1	Mildly pleasant
0	Neutral odour / no odour
–1	Mildly unpleasant
–2	Moderately unpleasant
–3	Unpleasant
–4	Very unpleasant

Source: DEFRA (2010).

Dravnieks, Masurat and Lamm (1984) present hedonic tone values for a range of descriptors, using a nine-point reference scale, where +4 corresponds to an extremely pleasant odour and –4 corresponds to an extremely unpleasant odour. The odours of orange, strawberry, and apple present values of approximately +3, while odours of urine, manure, dead animals, and sewage present values between –3 and –4.

The hedonic tone of odour can also be evaluated in terms of its degree of annoyance. Nicell (1986) proposes a scale of 1 (tolerable) to 10 (unbearable) – Figure 2.6.

Figure 2.6 – Visual representation of an odour annoyance scale.

Tolerable Unpleasant Very unpleasant Terrible Unbearable

Source: Modified from Springer (1974) apud Nicell (1986).

2.2.2.3 Odour concentration

The concentration or detectability is the attribute most commonly measured and used to characterize an odour (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001; RUIJTEN; VAN DOORN; VAN HARREVELD, 2009). Odour concentration can be measured objectively through standard methodologies by dynamic olfactometry using a panel of jurors trained to determine odour concentration in odour units per cubic metre ($OU.m^{-3}$).

Gostelow, Parsons and Stuetz (2001) point out that odour concentration is the only dimension of the odour that can be measured analytically. The other parameters can only be measured by sensory methods. In fact, the concentration of an odour can be measured in terms of its chemical composition. This procedure can be performed in the laboratory, through physical-chemical analyses, or in the field, using direct measurement instruments (such as the Jerome 631-X portable H_2S analyser). In that case, the odour concentration value is expressed in mass concentrations and not in odour units per cubic metre.

2.2.2.4 Odour intensity

The intensity of a perceived odour corresponds to the strength above its detection threshold (suprathreshold). This evaluation can be performed objectively in the field or in the laboratory using an Odour Intensity Reference Scale (OIRS; ASTM, 2010).

The intensity can be represented by numerical scales of categories (which may be associated with verbal descriptions, e.g., weak – moderate – strong); by subjective estimates of magnitude (e.g., odour A is twice as strong as odour B); or by comparison to a standard odourant, in which the odourant tested is associated with the dilution of the standard odourant with more similar intensity (TURK; SWITALA; THOMAS, 1980; GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001).

The American Standard ASTM E544-10 (ASTM, 2010), "Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity" presents two methods that use different scales of reference to evaluate the intensity of a perceived odour: Procedure A – Method of dynamic scale; and Procedure B – Method of static scale. The dynamic scale method uses a device to provide a continuous flow of a standard odourant (butanol) and present it to a panel of judges. The jury compares the observed intensity of an odour sample with a certain concentration level of the standard odourant using an olfactometer. The static scale method consists in comparing the odour intensity of a gaseous sample with a reference scale, consisting of a set of vials containing different solutions of 1-butanol and water.

Field assessments usually use the static scale method (TURK; SWITALA; THOMAS, 1980). However, this practice was also incorporated by a number of olfactometry laboratories due to its low cost, compared to the dynamic method. The dilution levels of the static scale method, used in laboratories and field evaluations, are determined from the interpretation of Procedure B, which accepts several scale options. Commonly used scales include initial concentrations of n-butanol in the air from 10 to 25 ppm with a geometric projection of 2, even though some scales use geometric projections of 1.5 or 3 (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002).

For regulatory purposes, it is important to define a standard reference scale so that comparative assessments can be made. Higuchi et al. (2015) proposes a series of six dilution steps of 1-butanol with a ratio of 5.3 and explanatory labels – Table 2.2.

Table 2.2 – Six-point odour intensity reference scale using 1-butanol.

Level	1-butanol concentration in water [ppm $_{vol/vol}$]	Odour intensity
0	0	No odour
1	10	Faint
2	600	Easily perceivable
3	2600	Slightly strong
4	9000	Strong
5	22500	Very strong

Source: Higuchi et al. (2015).

In the case of field assessments, the environmental inspector, the operator of the facility or the professional responsible for monitoring the odour emissions, observes the odour in the ambient air and compares it with the OIRS (MCGINLEY, 2000). McGinley, McGinley and McGinley (1995) point out that the evaluator should use a charcoal filter mask to 'freshen' the olfactory system (sniffing) to avoid adaptation or fatigue due to odours present in the environment. This procedure is relatively easy to implement and useful, above all, for the determination of complaints and environmental monitoring.

It should be noted that intensity and concentration are related. The perceived intensity of an odour increases with increasing odour concentration (and hence the degree of annoyance). However, this relationship is not linear. For example, doubling the mass concentration does not cause a doubling of perceived odour strength, i.e., odour intensity (MCGINLEY; MCGINLEY; MANN, 2000). Two laws have been proposed to explain the magnitude of a sensation as a function of the physical stimulus intensity: the Weber-Fechner law and Stevens's law (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001):

Weber-Fechner law:

$$I = a \log C + b \tag{2.1}$$

Stevens's law:

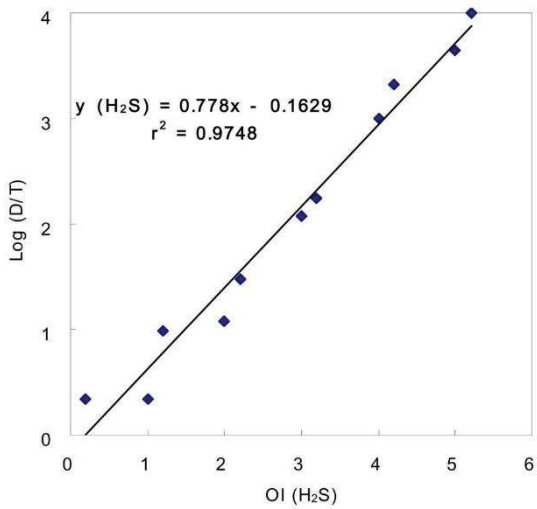
$$I = k\, C^{n} \tag{2.2}$$

Where:

I = intensity;
C = odour concentration;
a, b, k, n = constants.

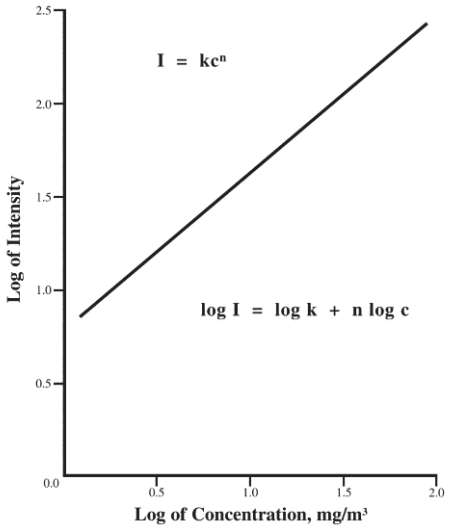
The Weber-Fechner law produces a linear graph of intensity against the logarithm of concentration (Figure 2.7), while Stevens's law produces a linear graph of the logarithm of the intensity against the logarithm of the concentration (Figure 2.8).

Figure 2.7 – Weber-Fechner law.



Source: Kim (2010).

Figure 2.8 – Stevens' Law.



Source: McGinley and McGinley (2002).

The choice of the model depends on the representation of the intensity of the odour – if a subjective category scale is used, the Weber-Fechner law is more appropriate. However, when scales of magnitude or reference are used, Stevens's law provides a better fit (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001).

The methodology for evaluating the variation of odour intensity as a function of concentration through dynamic olfactometry is given by the German standard VDI 3882 – Part 1 (VDI, 1992). This standard proposes a category scale of six points, in which zero corresponds to an imperceptible odour and six corresponds to an extremely strong odour (Table 2.3).

Table 2.3 – Category scaling for odour intensity.

Odour	Intensity level
Extremely strong	6
Very strong	5
Strong	4
Distinct	3
Weak	2
Very weak	1
Not perceptible	0

Source: VDI (1992).

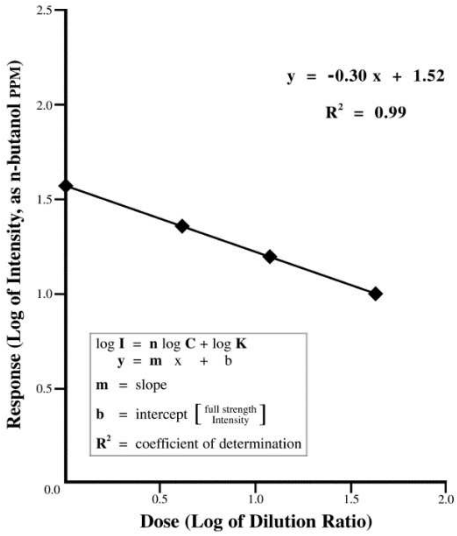
Thus, it is possible to estimate, in the laboratory, the required reduction in odour concentration to reduce the intensity of a perceived odour, e.g., from strong to weak.

2.2.2.5 Persistence

The intensity of an odour varies with the concentration as mentioned above. However, this increase or decrease occurs at different rates for different odours. This rate of change is called odour persistence. To evaluate this relationship, a dose-response function can be determined by measuring odour intensity at various dilutions and at full strength (MCGINLEY, 2000; SHEFFIELD; NDEGWA, 2008).

Using Stevens's law, the odour concentration (dose), expressed as the logarithm of the dilution rate, and the intensity of the odour (response), expressed as the logarithm of the n-butanol concentration, produces a log-log graph, with negative slope (Figure 2.9). The value of the exponent (n), which represents the slope of the line, corresponds to the relative persistence and the constant k is related to the intensity of the odour of the sample at full strength (MCGINLEY; MCGINLEY; MANN, 2000).

Figure 2.9 – Example of an odour persistency graph (dose-response).



Source: McGinley and McGinley (2002).

In practice, odour persistence is the parameter that describes the rate at which a perceived odour intensity decreases as the odour is diluted in the atmosphere towards the wind from the emitting source (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002). The more air you need to dilute an odour below your perception threshold, the more persistent is the odour. Thus, a more persistent odour will have a greater impact in the direction of the wind (greater 'duration' in the air; ZHANG et al., 2002).

For the control of odour pollution, persistence measurement (ratio of intensity to concentration) is useful for estimating the efficiency of a control equipment in terms of the reduction of odour intensity in the vicinity of the emitting source, in situations where the odour remains above the perception threshold. In addition, the determination of the persistence of an odour can be useful in situations where there are several sources of odour and there is a need to establish a priority for the treatment of emissions, aiming at the reduction of complaints (TURK; SWITALA; THOMAS, 1980).

2.2.3 GENERALITIES-CLASSIFICATION OF ODOROUS SOURCES

Many agricultural, industrial, and even domestic activities are sources odour nuisance. Bouscaren (1984 apud LE CLOIREC et al., 1994) presents a classification of odour sources based on the chemical or biological reactions that give rise to odorous emission. According to this classification, four categories are proposed:

- Thermal decomposition of organic compounds (e.g., solid waste incineration, foundries, petrochemical industries, thermal power stations, etc.);
- Anaerobic decomposition of organic material (for example, yeast or food manufacture);
- Anaerobic decomposition of animal products (found in slaughterhouses, gelatin factories, and fish meal factories);
- Animal excrements (intensive livestock farming produces this type of nuisance; this is the case of pig manure and chicken droppings).

Table 2.4 presents the characteristics of the main compounds responsible for odour nuisance in wastewater treatment plants, including their respective odour threshold.

Table 2.4 – Characteristics of principal compounds responsible for odours in wastewater treatment plants.

Compound Type	Compound	Molar mass	Chemical formula	Odour Characteristics	Odour threshold [mg.Nm^{-3}]
Sulfurized	Hydrogen sulfide	34.1	H_2S	Rotten egg	0.0001–0.03
	Methyl mercaptan	48.1	CH_3SH	Cabbage, garlic	0.0005–0.08
	Ethyl mercaptan	62.1	S_2H_5SH	Rotting cabbage	0.0001–0.03
	Dimethyl sulfide	62.13	$(CH_3)_2S$	Rotting vegetables	0.0025–0.65
	Diethyl sulfide	90.2	$CH_5)_2S$	Ether	0.0045–0.31
	Dimethyl disulphide	94.2	$CH_3)_2S_2$	Putrid	0.003–0.014
Nitrogenous	Ammoniac	17	NH_3	Very pungent, irritating	0.5–37
	Methylamine	31.05	CH_3NH_2	Rotting fish	0.021
	Ethylamine	45.08	CH_5NH_2	Pungent, ammoniacal	0.05–0.83
	Dimethylamine	45.08	$(CH_3)_2NH$	Rotting fish	0.047–0.16
	Indole	117.5	C_8H_6NH	Faecal, nauseating	0.0006
	Scatole	131.5	C_9H_8NH	Faecal, nauseating	0.0008–0.10
	Cadaverine	102.18	$NH_2(CH2)_5NH_2$	Rotting meat	
Acids	Acetic	60.05	CH_3COOH	Vinegar	0.025–6.5
	Butyric	88.1	C_3H_7COOH	Rancid butter	0.0004–3
	Valeric	102.13	C_4H_9COOH	Sweat, perspiration	0.0008–1.3
Aldehydes & Ketones	Formaldehyde	30.03	$HCHO$	Acrid, suffocating	0.033–12
	Acetaldehyde	44.05	CH_3CHO	Fruit, apple	0.04–1.8
	Butyraldehyde	72.1	C_3H_7CHO	Rancid	0.013–15
	Isovaleraldehyde	86.13	$(CH_3)_2CHCH_2CHO$	Fruit, apple	0.072
	Acetone	58.08	CH_3COCH_3	Sweat/fruit	1.1–240

Source: Modified from Le Cloirec et al. (1994).

2.3 THE EFFECTS OF ODOURS ON HUMAN HEALTH

Odours are widely recognised as a neighbourhood nuisance. In fact, odours can negatively interfere with the performance of everyday activities and cause devaluation of properties. However, several studies have also shown the occurrence of adverse effects on human health due to exposure to environmental odours, mainly near industrial and intensive livestock facilities.

For Frechen (2001), it must be recognised that although the odour itself does not act toxically or as a direct cause of diseases, odour annoyance can affect human health indirectly. Extended exposure to odours generates undesired reactions ranging from emotional stress to physical symptoms (ZARRA et al., 2010), which may affect the quality of life and well-being of individuals exposed to these emissions. Frequently reported symptoms include headaches; nausea; gastrointestinal distress; irritation of the eyes, nose, and throat; cough; shortness of breath; hoarseness; nasal congestion; coryza; somnolence; sleep disturbances; difficulty concentrating, palpitations, stress, and mood swings (WILSON; HUANG; SCHROEPFER, 1980; SCHIFFMAN et al., 1995; SCHIFFMAN et al., 2000; MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; ZARRA et al., 2008; HORTON et al., 2009).

Schiffman et al. (1995) reported that people exposed to odour emissions from a large swine feeding facility in North Carolina had significantly more stress, depression, irritability, fatigue, and confusion compared to a sample of non-exposed individuals. In another study conducted in North Carolina, Horton et al. (2009) discuss the issue of odour impacts in low-income communities, considering odour annoyance as an important aspect of environmental injustice, by threatening physical, mental, and social well-being. According to the authors, worse-off people need to open their windows for natural ventilation and are more dependent on their properties to perform everyday activities, e.g., drying clothes, exercising, enjoying leisure time with family and friends in their yards. In this context, it is even more relevant to control odour nuisance, since physical activity, social support, and quality sleep are important for health.

The World Health Organization (WHO) defines health as “a complete state of physical, mental, and social well-being, not just the absence of disease or infirmity.” In this way, odour annoyance can be considered a matter of public health.

2.4 THE 'FIDOL' FACTORS DETERMINING ANNOYANCE

The impact of an odour results from a combination of interacting factors collectively known as FIDOL (FREEMAN; CUDMORE, 2002):

- F – Frequency of occurrence;
- I – Intensity (and, therefore, concentration);
- D – Duration of exposure;
- O – Offensiveness;
- L – Location.

These factors influence the degree to which the negative effects of odours affect individuals and can be used as a basis for odour impact assessment and diagnosis (NICELL, 2009). These factors influence the degree to which the negative effects of odours affect individuals and can be used as a basis for diagnosis and odour impact assessments (NICELL, 2009). Table 2.5 briefly describes each of the 'FIDOL' factors that affect odour impacts and presents some important aspects that should be considered in the control of odour nuisances.

Table 2.5 – The FIDOL factors determining annoyance.

'FIDOL' factors	Comments
FREQUENCY (How often an individual is exposed to an odour.)	Even an odour with quite a pleasant hedonic score can be perceived as a nuisance if exposure is frequent. At low concentrations, a rapidly fluctuating odour is more noticeable than a steady background odour (i.e., this is an aggravating factor).
INTENSITY (The perceived strength of the odour, proportional to $\log_{10}$ concentration.)	Level of odour (usually expressed in terms of concentration).
DURATION (The length of a particular odour event or episode. Duration of exposure to the odour.)	Duration of exposure.
OFFENSIVENESS (Offensiveness is a mixture of odour character and hedonic tone at a given odour concentration/intensity.)	Some odours are universally considered offensive, such as decaying animal matter. Other odours may be offensive only to those who suffer unwanted exposure in the residential intimacy (e.g., coffee roasting odour).
LOCATION (The type of land use and nature of human activities in the vicinity of an odour source. Tolerance and expectation of the receptor.)	The characteristics of the neighbourhood where the odour occurs and the sensitivity of the receptor.

Source: Modified from DEFRA (2010).

Next, each of these factors will be discussed in more detail, with emphasis on its application for regulatory purposes, based on the excellent work of Nicell (2009).

2.4.1 FREQUENCY

Frequency is the measure of the number of times an individual is exposed to an odour in the environment at a given time interval. According to Freeman and Cudmore (2002) and Nicell (2009), the frequency of exposure to an odour is influenced by a number of factors, such as the characteristics of the emitting source; the location of the source in relation to the affected individuals; and the topography of the region. The latter authors also claim that the frequency of exposure to an odour is generally greater in areas that are in the direction of the predominant wind from the emitting source, especially under stable conditions (i.e. with low speed winds). In practice, the frequency of exposure is measured in terms of the number of hours over a year that the odour concentration in a given receptor exceeds a certain limit (concentration), e.g. 44 h of non-compliance in a year corresponds to a frequency of compliance of 99.5%. This evaluation is usually performed by the atmospheric dispersion modelling of odour emissions using mathematical models and a statistical function known as the percentile. A common criterion adopted for regulatory purposes, particularly in Europe, establishes compliance frequencies of 98% (VIEIRA, 2013).

2.4.2 INTENSITY

The response of an individual to an odour (stimulus) is directly related to the intensity with which it is perceived, where the intensity refers to the individual perception of its strength or concentration. This strength can be quantified in a number of ways. The most commonly used approach to regulating odourant emissions is based on the principle of dilution to the perception threshold (which determines an odour concentration in $OU.m^{-3}$ or equivalent units). According to this principle, an odorous air sample can be described in terms of the volume to which it must be diluted so that its intensity is reduced to the detection threshold (or perception threshold), i.e. the more dilutions that are required to render an odour sample undetectable, the higher the odour concentration (NICELL, 2009). The detection limit of an odour (chemical compound or odourant mixture) represents the concentration in which only 50% of a panel of jurors can detect the odour in a laboratory at the standard conditions (CEN, 2003). This determination is made through dynamic olfactometry, using a piece of equipment known as an olfactometer and a panel of trained assessors.

2.4.3 DURATION

The duration refers to the time elapsed during which an odour is perceived and is related to the type and location of the emitting source, as well as the local meteorology. The odours can be perceived intermittently, for short periods, or persist continuously and permanently. In general, the longer the duration, it is assumed the odour will have a greater impact. In fact, the longer an episode of odour lasts, the greater the chances of it causing changes in the activities or plans of exposed individuals (behaviour). It is important to note that duration cannot be dissociated from intensity and frequency. For example, the effect of a perceived odour for short periods, totalling a certain number of hours, will not have the same impact as the same odour continually perceived during the same period. Likewise, a high intensity odour, perceived for short periods, is not likely to have the same effect as a low intensity odour, occurring over a long period. However, it is not usual to limit the continuous periods in which an odour episode can be supported (NICELL, 2009). Thus, for regulatory purposes, the duration factor is regulated in terms of exposure frequency, based on the total number of hours on a yearly-basis in which a certain threshold is exceeded.

2.4.4 OFFENSIVENESS

Offensiveness is closely related to the hedonic tone and character of the odour. For odour-impact assessment purposes, offensiveness represents the potential of an odour to cause a nuisance to an individual or a population. For example, sewage or putrefying material odours are more likely to cause nuisance than an odour of vanilla essence, even though they have the same numerical value in terms of odour unit, i.e. odour concentration. Nicell (2009) points out that there is currently no scale or universally accepted descriptors for assessing the offensiveness of an odour. This inherent subjectivity makes offensiveness difficult to quantify and to be introduced into regulations.

2.4.5 LOCATION

The location where an odour is perceived is an important factor when assessing the likelihood of an adverse effect or complaint. For Nicell (2009) the location may take into account the type of land use in which the potentially affected person lives, works or visits; the type of activity in which it is involved; and the sensitivity of the receptor

environment. The absence or presence of background odours (in the environment) can also have a significant effect. The author further adds that, in general, the degree of impact of an odour is directly related to the observer expectations. For example, odours associated with industrial operations are more likely to be tolerated in industrialized areas where there is an expectation that these activities will occur. Likewise, if a person who is exposed to an odour associates it with a natural occurrence (e.g., mangrove), or with rural agricultural activities, they do not often consider the odour to be offensive or objectionable. On the other hand, if the odour is associated with a known activity such as wastewater treatment, landfill, composting, industrial, or agricultural production on an industrial scale, the odour is more likely to cause an adverse response in people (NICELL, 2009). Thus, the sensitivity of the receiving environment can be classified according to the land use (NICELL, 2009), based on urban and environmental zoning.

2.5 ODOUR METROLOGY

Odour measurement can be performed by analytical techniques, which indicate the chemical composition and concentration of the compounds responsible for the odour; sensory techniques, which provide the nasal perception of odour; and senso-instrumental techniques, which are able to determine the concentration of an odourant compound or a mixture of odourant compounds in real time (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001; ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008; ZARRA et al.; 2010, CAPELLI; SIRONI; DEL ROSSO, 2013). However, it is important to note that each of these methods has advantages and disadvantages and that the different analytical approaches are considered complementary (JIANG; SANDS, 1999; DESAUZIERS, 2000; ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008).

The knowledge of the physicochemical composition of the odour is particularly relevant to select the most appropriate treatment and to carry out the sizing of the deodorisation unit or to assist in the identification of an odour source. Moreover, the structural identification of the odourant compounds present in the gaseous stream can also provide important information about its formation mechanisms, allowing for the resolution of the odour problem through direct actions in the process (JIANG; SANDS, 1999; DESAUZIERS, 2000). However, the knowledge of the compounds responsible for the odour does not provide information regarding the potential for odour annoyance (ZARRA et al., 2008), since

the perception of odour is subjective and cannot be directly related to its chemical concentration (ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008; ZARRA et al., 2010).

2.5.1 ANALYTICAL TECHNIQUES: CHEMICAL ANALYSES

Physicochemical analyses uses analytical instruments to identification and quantification of the chemical compounds responsible for odour. Among the main techniques used are volumetric, gravimetric, colourimetric, and gas chromatographic analyses (LE CLOIREC; PERRIN, 1995). Table 2.6 shows a summary of the analytical techniques employed according to the compounds or families of compounds.

Table 2.6 – Summary of the principal analytical techniques used depending on the compound.

Products or families of products	Analysis	Observation
H_2S	Iodometry Gravimetry Colorimetry CG	Compound alone
Mercaptans	Gravimetry CG/EM	Global quantification by flame emission
SO_2	Volumetry CG/EM	Acidity Flame emission
NH_3	Volumetry Colorimetry	Possible interferences
Amines	Volumetry CG/EM	Global quantification by flame emission
Aldehydes and ketones	CG/EM	Flame emission
Alcohols	CG/EM	Possible interferences with amines and aldehydes

Source: Le Cloirec and Perrin (1994).

For Guillot, Fernandez and Le Cloirec (2000), gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS) seems to be the most powerful technique available for analysing odour organic compounds (in the laboratory). In case of very low concentration levels, an adsorption step in an appropriate adsorbent is often required for preconcentrating the

sample. The recovery of the concentrated sample is generally carried out by thermal desorption (DT), followed by separation and finally the detection of the chemical compounds present in the gaseous sample.

Direct measuring instruments

The quantification of all the odourant compounds present in a gaseous sample is a difficult task (LATOS et al., 2011) and of high cost. However, a single odourant may be predominant, and thus, it may be used as a surrogate to provide information on the overall odour concentration, e.g., hydrogen sulphide (H_2S) in wastewater treatment (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001).

The most common method of measuring hydrogen sulphide in the gas-phase is using gold film analysers, such as the Jerome 631-X (Arizona Instruments, USA; GOSTELOW, PARSONS, 2001; LATOS et al., 2011). This instrument allows direct measurement of reduced sulphur compounds in the range of 3 ppb to 50 ppm with a resolution of 1 ppb (SHEFFIELD; NDEGWA, 2008). Equipment like this is interesting for environmental monitoring, especially in the case of fugitive emissions.

2.5.2 SENSORIAL TECHNIQUES: OLFACTOMETRY

Sensory measurements use the human nose as a detector for odour. Olfactometry provides a global understanding of odour, since it allows for verification of the sensitivity of the human olfactory system, which can perceive chemical signals corresponding to small molecular concentrations not easily detected by the chemical analysers available today (GOURONNEC; TOMASSO, 2000). Thus, the problems of complex mixtures, interactions between different chemical compounds, and detectability below the perception threshold become irrelevant, since the “total effect” of the odourant mixture is measured (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001). However, sensory techniques do not allow for the identification of the substances responsible for the odour annoyance, as well as their individual concentrations (ZARRA et al., 2008). The main source of uncertainty related to the olfactometric method is the high biological variability of human olfactory sensitivity (ZARRA et al., 2008). Thus, a fundamental aspect to obtain accurate and reproducible results is the adequate selection of the persons that constitute the panel or olfactometric jury and the use of standardised methodologies.

Olfactometric thresholds

Due to the complexity of odour mixtures and the subjectivity of odour perception, techniques for relating magnitude (where a perceived odour intensity is compared to a known stimulus) were developed to assist in comparisons between groups of individuals (GARDNER; BARTLETT, 1999 apud STUETZ; GOSTELOW; BURGESS, 2001). In psychophysics, three thresholds that define different levels of intensity can be identified: the detection threshold, the discrimination threshold and the recognition threshold. A fourth threshold related to odour perception, however unrelated to a known (and therefore subjective) stimulus, can be considered: the annoyance threshold – Table 2.7.

Table 2.7 – Olfactometric thresholds.

Threshold	Comments
DETECTION THRESHOLD	Also, known as 'absolute threshold' (KÖSTER, 1994), the detection (or perception) threshold is defined by the European standard EN 13725:2003 as the dilution factor (i.e., concentration) in which the odour sample has a probability of 50% to be detected under the conditions of the test (CEN, 2003).
RECOGNITION THRESHOLD	The recognition threshold is the lowest concentration at which the character of the odour can be described or identified. The European standard EN 13725:2003 defines the recognition threshold as the concentration of odour having a 50% probability of being recognised under the test conditions, where recognition means being certain of the presence of an odour and, in addition, being able to describe or identify their character.
ANNOYANCE THRESHOLD	The annoyance threshold is the odour concentration, generally above the recognition threshold, from which an individual considers an odour to be annoying (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). This limit is subjective and depends on the experiences, expectations and general 'welfare' of the individual.

Source: The author with data from Vieira (2013).

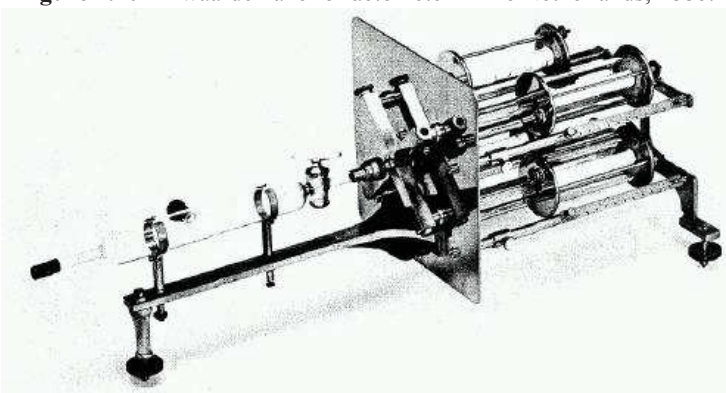
Dynamic dilution olfactometry

The odour can be quantified objectively in terms of concentration using equipment that dilutes the odour sample with odourless air, called the olfactometer. This determination can be performed in a laboratory or in the ambient air, using a field olfactometer.

The role of an olfactometer is to receive an odour sample, dilute it in different proportions with odourless air, and present the diluted samples to a group of panellists (DRAVNIEKS; JARKE, 1980) to determine the odour perception threshold and provide the odour concentration in $UO.m^{-3}$.

The first olfactometer was constructed by pioneers in the study of olfactometry, such as Professor Zwaardemaker, from the University of Utrecht, in the Netherlands – 1886 (VAN HARREVELD, 2003; Figure 2.10).

Figure 2.10 – Zwaardemaker olfactometer – The Netherlands, 1886.



Source: Van Harreveld (2003).

Currently, several models are commercially available to be used in olfactometric analysis, with panels of 4–16 assessors. Figure 2.11 shows a new-generation olfactometer manufactured by Odotech Inc. A computerized automatic dilution system distributes to the jury members several dilutions of the gaseous sample to be analysed. The analysis of the answers provided by the assessors, according to an appropriate statistical method, allows the determination of the odour perception threshold of the analysed gas mixture with jury-independent confidence, precision and repeatability (GINGRAS; GUY; PAGÉ, 2003).

Figure 2.11 – ODILE^{TM} olfactometer, Odotech Inc. – Canada.

Source: De Melo Lisboa, Pagé and Guy (2009).

There are two dilution categories related to dynamic olfactometry: detection threshold olfactometry and suprathreshold olfactometry. In the first category, the odour sample is successively diluted until it can only be detected (i.e., up to the perception threshold). The concentration is then expressed as the number of dilutions required to reach this threshold. In suprathreshold olfactometry, the odour sample is compared to a reference odour (e.g., n-butanol) and the result is expressed as an equivalent concentration of the reference gas. In this case, the reference gas is usually diluted until its intensity corresponds to the intensity of the sample (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001). The detection threshold technique is the most commonly used method in odour impact assessment studies.

The starting point for the quantification of the odour aspects is the definition of their concentration limit. The convention for calculating dilution factors (i.e., odour concentration) is based on the ratio of the total volume divided by the volume of the odour sample (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001):

$$Odour\ concentration = Z = \frac{Q_0 + Q_f}{Q_0} \qquad (2.3)$$

Where Q_0 is the volumetric flow rate of the odour sample and Q_f is the volumetric flow rate of odourless air required to dilute the sample to the detection threshold.

Thus, the odour concentrations obtained by detection threshold olfactometry through the dynamic dilution method are dilution factors and, therefore, dimensionless. The 'Z' dilution factor, which represents the odour concentration of the sample, is used in honour of the Dutch scientist H. Zwaardemaker, a pioneer in the study of olfactometry. Alternative terminologies include Dilution-to-Threshold (D/T or DT), Odour Units (OU), Number of Odour Thresholds (TON), and Effective Dose 50% (ED_{50}; DRAVNIEKS; JARKE, 1980; GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001; ASTM, 2011). However, physical concentrations are usually attributed to this dilution factor, giving rise to a pseudo-dimension of odour units per cubic metre ($UO.m^{-3}$). The odour concentration value (odour units per cubic metre) can then be multiplied by the volumetric flow rate of the emitting source (i.e., cubic metres per second) resulting in a pseudo-dimension of odour units per second, analogous to grammes per second commonly used in dispersion modelling studies (MCGINLEY; MCGINLEY; MANN, 2000). Gostelow, Parsons and Stuetz (2001) point out that the choice by cubic metre, as a reference, is arbitrary and should be used with caution. This is because some works in the literature express odour concentration in British Imperial units ($OU.ft^{-3}$). Finally, it is important to make it clear that, numerically, TON, D/T, $OU.ft^{-3}$ and $UO.m^{-3}$ are equivalent.

Field olfactometer

The Box Scentometer was the first piece of equipment designed to perform objective odour measurements in ambient air. This equipment was originally produced and manufactured by the Barnebey-Cheney Company (HUYE et al., 1960; SWEETEN, 1990), which later became the Barnebey & Sutcliffe Corporation, recently acquired by the Calgon Carbon Corporation (HENRY et al., 2009a). This device is the result of a project funded by the United States Public Health Service between 1958 and 1960 (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000).

The Dilution-to-Threshold (D/T) method with the Scentometer consists of mixing two 'volumes' of charcoal filtered air (two-and-a-half-inch holes, each with a charcoal bed) with specific volumes of ambient air – odourant (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). According to the diameter of the odorous air inlet orifice, different dilutions are obtained.

The first model (1959A) could generate four dilutions, which underwent some modifications giving rise to a second model capable of producing six dilutions (2, 7, 15, 31, 170 and 350 D/T; MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). According to Henry et al. (2009a), among the problems of the Box Scentometer are the lack of control of inhalation rate by the observer, uncomfortable inhalation ports and bad nasal sealing, besides the fatigue of the olfactory sense.

Based on the same principle as the Box Scentometer, a device called Nasal Ranger® was developed and marketed in 2002. This equipment provides a better nasal seal, greater control of airflow and more comfort to panellists during inhalation. However, fatigue with the handheld device during measurements continues to exist and olfactory sense fatigue can occur if a carbon filter mask is not used between measurements (HENRY et al., 2009a).

A third device consists of a 'homemade' charcoal filter mask for measuring odour in the environment, with the advantage of reducing discomfort and nasal fatigue (since it is stuck to the face) and low cost (SHEFFIELD et al., 2004; SHEFFERIEL; NDEGWA, 2008). Henry et al. (2009a) present the development and operation of a Mask Scentometer and report their respective dilution factors, i.e., 18, 4.5, 2, 1, and 0.35 D/T. Figure 2.12 shows each of the measurement devices described above.

Figure 2.12 – Field olfactometers (from left to right): Nasal Ranger®, Mask Scentometer and Box Scentometer.

Source: Sheffield et al. (2004).

According to Nicell (2009), field olfactometers such as the Nasal Ranger® may be interesting in the determination of odour complaints to provide a quantitative basis for assessing odour impacts on the field. However, it should be made clear that such ambient air odour measurement methods are not equivalent (i.e., produce different results) and are not comparable to those obtained through dynamic olfactometry. Henry et al. (2009b) have shown that the measured odour concentrations are specific to the assessment method from which they were determined. That is, the odour concentration measured by a Mask Scentometer is not the same as measured by a Nasal Ranger®. The authors emphasize the implications of this finding for regulatory purposes and warn that when an odour concentration is presented, the measurement method should be referenced.

Recently, another device to assess odours in ambient air – the Scentroid SM110 Field Olfactometer, was developed and introduced to the market by IDES Canada Inc. An early study conducted by Bokawa (2012) showed a good correlation between the results of this new device and those obtained by laboratory-based olfactometry. However, a significant difference was observed when working with concentrations in the range of 2,000 to 4,000 $UO.m^{-3}$. The study did not evaluate higher concentration ranges or very low concentrations from 2 $UO.m^{-3}$ to 60 $UO.m^{-3}$. Anyway, it represents an important technological development in the field of olfactometry.

2.5.3 SENSO-INSTRUMENTAL TECHNIQUES: E-NOSES

A third method for analysing and measuring odours is the use of the so-called electronic nose (E-nose). According to Hudon (1999), the term 'electronic nose' or 'artificial nose' is explained by the analogy between this type of measuring device and the human olfactory system: chemical sensors play the role of olfactory neuroreceptors, whereas the information can be associated with the olfactory brain.

The operating principle of the electronic nose is based on the use of a set of non-selective sensors that react in the presence of volatile compounds, thus forming a digital impression of the evaluated odour mixture. The role of the recognition system is to associate this fingerprint with a given odour, after a mathematical treatment previously implemented on a microprocessor. Thus, according to their applications, it is possible to identify, detect, or even discriminate between different odours (HUDON, 1999).

Among the various applications of electronic noses, we can mention the diagnosis of stomach diseases through the breath, the quality control in the food industry, and the monitoring of atmospheric emissions in real time. De Melo Lisboa, Pagé and Guy (2009) present a few case studies with applications to medicine, safety (risk analysis), and environment.

In the evaluation of the environmental impact of odourant emissions, the electronic nose is a high-cost technique, but may be justified in certain situations where continuous odour emission monitoring are required (VIEIRA, 2007). In fact, the electronic nose can predict a possible nuisance to the community and provide a warning signal to the plant operator so that proactive action could be taken (ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008).

From sample collection and subsequent analysis through dynamic olfactometry, a calibration curve between the odour concentration and the sensor response (i.e., an electrical resistance) can be obtained using a multilinear regression. This allows evaluation of the real-time odour level from the electronic nose signal. However, such calibration is only possible for a given atmospheric emission if its chemical concentration is correlated to its odour concentration. In this way, it can be expected that the chemical sensors used in the electronic nose will also present a proportional response to the odour (ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008).

Nimmermark (2001) apud Nimmermark (2004a) points out that measuring odour using electronic noses cannot yet be considered as an equivalent alternative to olfactometry. Thus, artificial detection systems, such as electronic noses, should always be compared to human “sensors”, which are not competitors but complementary in the assessment and monitoring of odour impacts. In addition, the method is not standardised and therefore cannot be used to date for verifying compliance with odour emission or odour exposure criteria (ROMAIN; DELVA; NICOLAS, 2008).

2.6 ODOUR IMPACT ASSESSMENT METHODOLOGIES

Odour impact assessments can be carried out to investigate odour complaints, environmental monitoring by verifying compliance with legally established odour-impact criteria and environmental permitting.

For Nicell (2009) the odour impact assessment methodologies can be classified according to two different approaches, which can be applied individually or in combination: characterization of the source and subsequent forecasting of odour impacts in neighbouring areas or direct measurements of odour impact in the field.

The first approach involves the characterization of the source through volumetric flow measurements and sample collection for later laboratory analysis. The results are used to predict or evaluate odour impact outside the boundaries of the emitting source by a mathematical dispersion model. Among the methodologies included in the second category are the odour surveys, the odour perception network, and the odour field inspections.

2.6.1 ODOUR DISPERSION MODELLING

The most commonly used approach worldwide for odour impact assessments is to use mathematical models of atmospheric dispersion to predict odour concentrations in the environment based on odour emission rates, topography, and meteorological data (NICELL, 2009; RANZATO et al., 2012; BOKAWA, 2012), as well as the characteristics of the emitting source (JIANG; SANDS, 1999).

The use of mathematical models includes the collection of odour samples from each of the potential odour sources in the facility; the analysis of odour samples collected through dynamic olfactometry; and the calculation of odour emission rates. Emission rates are then used in dispersion modelling studies to determine odour concentrations outside the boundaries of the emitting source (BOKAWA, 2012). From the determination of odour emission rates at source, atmospheric dispersion regulatory models such as Ausplume, Auspuff, and ISC3 (replaced by the AERMOD model from the list of recommended models by USEPA on November 9, 2006) can be used to predict concentration downwind from places of interest, in different atmospheric conditions (JIANG; SANDS, 1999). It is important to note that all odour sources of the facility must be evaluated and included in the modelling study. Otherwise, odour emissions will be underestimated and, consequently, so will the odour impacts over the surrounding communities (BOKAWA, 2012).

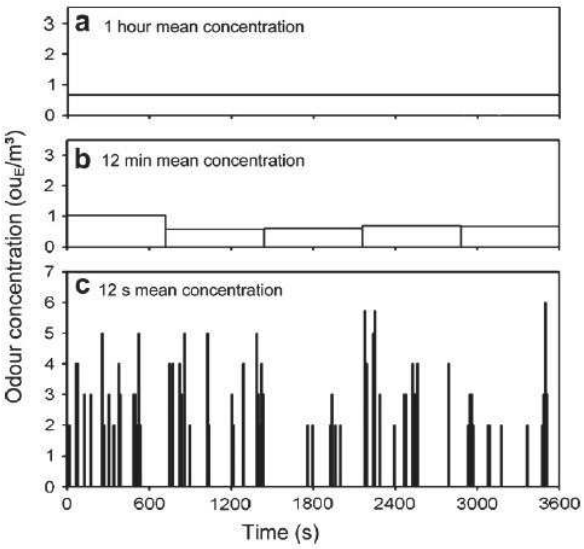
Frechen (2001) points out that there is no special dispersion for odours. An odourant is defined as a material that can cause what humanity recognizes as “odour”. Usually, odourants are gases and thus disperse into

the atmosphere like any other gas. Therefore, there is no special dispersion for odorous gases – the impact assessment is that it differs substantially from that required for other pollutants. The concentrations calculated using dispersion models are usually based on long periods of time (e.g., 1 hour), while odour can be perceived and can give rise to complaints from short periods of exposure (MUSSIO; GNYP; HENSHAL, 2001; DREW et al., 2007). In fact, since meteorological conditions are highly variable over short periods, the use of mean hourly concentrations fails to represent short-term peak concentrations that are likely to occur and to be perceived during this period (VENKATRAM, 2002). In order to evaluate peak values, which describe biologically adequate exposures, the so-called peak-to-mean ratio is generally used as a way of adapting the dispersion models to short-term odour concentrations. This is done with the aim to mimic the perception of the human olfactory system (SCHAUBERGER; PIRIGER, 2012).

Peak-to-mean ratio

Högström (1972) showed that although the mean hourly odour concentration is well below the perception threshold, several peaks of concentration above the perception threshold could be observed due to the turbulent effects of the atmosphere. Nicell (2009) and Schauberger et al. (2012) provide an example to represent this phenomenon. Figure 2.13 shows the time course of the odour concentrations for three time intervals: (a) 1 hour mean value (e.g., dispersion model output), (b) 12 min, and C) 12 s mean odour concentrations observed in a single receptor point in a field study. The 12 s mean values were recorded and subsequently used to calculate mean concentrations of 12 min and 1 hour mean concentrations.

Figure 2.13 – Time course of odour concentration for three time intervals.



Source: Modified from Nicell (2009) apud Schauberger et al. (2012).

As can be seen in Figure 2.13, the mean hourly concentration does not exceed the odour perception threshold of 1 OU.m^{-3}. However, considering an average time of 12 min, a concentration value exceeds the threshold. As for mean values of 12 s, concentrations up to 6 OU.m^{-3} are observed, which may give rise to odour annoyance. Thus, the smaller the time interval considered, the greater the maximum odour concentration calculated by the dispersion model.

The most widely used approach to estimate mean concentrations of short time intervals from long-term average values (e.g., 1 hour), calculated using dispersion models, involves the application of the following equation (SMITH, 1973 apud SCHAUBEGER et al., 2012):

$$\frac{C_p}{C_m} = \left(\frac{t_m}{t_p}\right)^u = F \tag{2.4}$$

Where, C_m is the average concentration calculated for a long integration time t_m, C_p is the peak concentration for an integration time t_p , and u is an empirical exponent (dimensionless) that depends on the

degree of atmospheric stability and ranges from 0.17 to 0.68 (CHA; LI; BROWN et al., 2010 apud RIBEIRO et al., 2010).

According to Eq. 2.4, the peak-to-mean ratio is defined by a factor F that can be determined from the ratio $\left(t_m/t_p\right)^u$, which multiplies the maximum concentrations calculated by the dispersion model to determine peak concentrations, according to an established criterion (e.g., 98th percentile).

Finally, the phases of the environmental impact assessment process of odour emissions using dispersion models can be summarized in four steps: (1) determination of the odour emission rate of the source; (2) dilution in the atmosphere, described by dispersion models, calculating time series of hourly mean odour concentrations; (3) determining peak odour concentrations from the mean values of one hour to mimic the odour perception of the human nose; and (4) comparing the results obtained against the OIC, defined by the odour concentration limit and its respective exceedance probability (i.e., percentile or frequency of compliance (SCHAUBERGER; PIRIGER, 2012).

2.6.2 FIELD ODOUR ASSESSMENT

The great advantage of in-field odour impact assessments is that the results obtained correspond to the real sensory perception of the observer in the environment and not to data deduced by a dispersion model from measurements at the emission level. However, such assessments can only be carried out after the installation and start-up of the project to be built or expanded. In this way, it is not possible to avoid the occurrence of annoyances, but only to reduce them when identified.

2.6.2.1 Investigation and analysis of complaints

Complaints are widely used as indicators of the existence of an odour problem and its severity (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002), particularly in densely populated areas (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). However, it is not known how exactly how the number of complaints related to odour perception reflects the general level of annoyance in the community and how complaints can best be used to support an investigation (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002). In fact, complaints do not necessarily indicate the true magnitude of adverse effects because people may not complain, even

though they are very upset, as others may give up complaining if they feel that they are not listened to (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). In addition, a reduction in the number of complaints can occur since people become accustomed to the smell. Thus, complaints are a good indicator of the occurrence of an incident, such as an accidental release or the sudden appearance of a new source of nuisance. The resulting complaints can be used to identify the source and map the extent of the affected area (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

Odour complaints data may be less relevant (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003):

- In less densely populated areas;
- When other sources of odour are present;
- When registered complaints cannot be validated with meteorological data.

2.6.2.2 Odour surveys

Odour surveys consist of an odour impact assessment methodology that promotes the diagnosis of air quality related to the perception of odours through the application of questionnaires. This type of evaluation involves conducting interviews with a selected sample of the population in a particular region of interest. The responses reflect the community's perception of odours present in the environment, based on their experience (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002), and represents the degree of discomfort (or level of satisfaction) of the population due to all odour sources. The results can be used to establish a hierarchy of odour sources according to their contribution to the global nuisance over the community (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003).

In the state of Santa Catarina, this methodology was used by few studies: Truppel (2002) evaluated the efficiency of deodorisation techniques applied to a sewage treatment plant; Silva (2002) evaluated the odour nuisance caused by the intensive production of pigs in properties in the west of Santa Catarina; and Carmo Jr. (2005) evaluated the perception of odours in the vicinity of a fuel station. In general, the methodology was shown to be efficient to characterize the resident population, evaluate critical points, identify the odours present in the region, and identify meteorological conditions related to odour episodes.

Thus, the odour surveys are an interesting methodology for the environmental diagnosis, which can be applied to evaluate the level of satisfaction regarding air quality of residents living near odour sources. It also can be used to compare a current situation with a future situation, e.g., before and after the installation and operation of an odour-emitting facility or the adoption of odour abatement measures.

Repeated questionnaires

The methodology for assessing nuisance through repeated questionnaires is established by the German standard VDI 3883 – Part 2 (VDI, 1993). The method involves the use of selected individuals from the community to routinely assess their level of odour annoyance at predetermined times of the day in a specific location. An annoyance index is calculated from the observations and is used to monitor the relative change in extent of odour impacts (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). Thus, this methodology differs from odour surveys, so that the opinion of the same group is evaluated repeatedly over the time (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

Panels can be formed in different ways, depending on the purpose of the study. The most common configuration consists of a large group of volunteers, randomly selected from a given area. About 25-35 people are required, although some tests can be performed with panels of only 10-15 people. Participants should evaluate, at regular and predetermined time intervals, whether they detect and are disturbed by some odour. The place of observation is usually outside the house. This way of collecting information has the advantage that a relatively large number of people can be consulted and that the information is not related to the memory of previous experiences (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

2.6.2.3 Odour perception network

An Odour Perception Network (OPN) consists of a group of volunteers, residents of the communities neighbouring an odour source, who have been trained to record and report odour observations. Participants can be instructed to record observations every day, each time they detect an odour or each time they detect an “offensive” odour, during a certain period of time (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

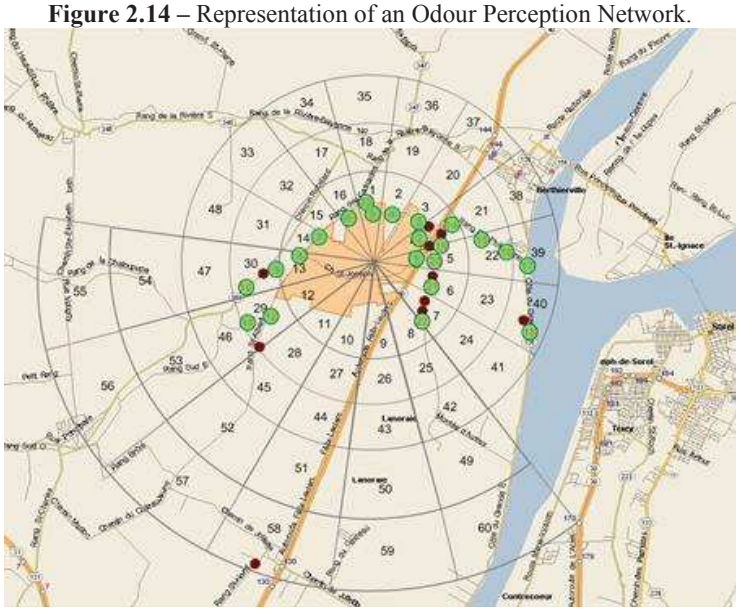
The response card, which must be completed by OPN members, consists of a closed questionnaire, including the following information (VDI, 1993):

- Date and time of day;
- Duration of the odour episode;
- Continuity of odour during the episode;
- Character and intensity of odour;
- Likely source of odour;
- Wind intensity and direction;
- Health status of the evaluator.

It is important to note that OPN members should receive training and guidance on how to record odour observations. They should also receive feedback from the results to help keep enthusiasm and continue to observe (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003), which must be correlated and validated from meteorological data (i.e., wind direction).

An OPN may be useful for collecting data on the frequency and magnitude of odour impacts at various locations over a given period. The results can be used to calculate the percentage of time (hours/year) that people are exposed to a particular odour source, as well as the intensity and nature of the impacts (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). This allows comparison with results of odour dispersion modelling studies. Figure 2.14 illustrates an OPN with emphasis on the location of its participants around the property boundaries of an emitting source.

Figure 2.14 – Representation of an Odour Perception Network.



Source: Herrera Cohen, Filiatrault and Vieira (2008) apud Vieira (2013).

Vieira (2013) claims that OPN methodology has been applied for more than 20 years by the paper industry in Brazil. According to Oliveira Filho and Queiroz (1998), an OPN was formed in the early 1990s in the state of Espírito Santo, as a requirement in the environmental licensing process for the expansion of a large paper and pulp mill. Although it is not as widespread in the country, this methodology has great applicability for odour impact assessment and monitoring of some odour sources such as landfills and wastewater treatment plants.

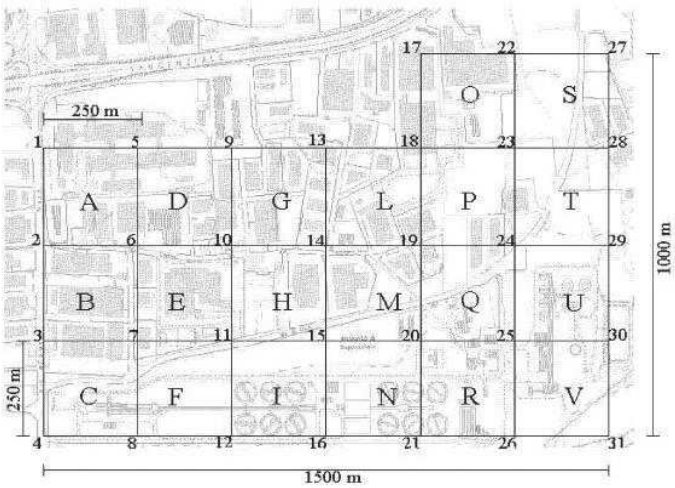
In the state of Santa Catarina, this methodology was also applied to a pulp and paper mill (BRANDEMBURGO, 2010). The study counted on the exclusive participation of employees of the company and assisted in the identification of critical operational procedures. This case demonstrates how an OPN can be introduced in the context of corporate management strategies of an issuing facility and not only by legal imposition.

Improving the relationship of the issuing facility with community, relatively low cost compared to other odour impact assessment methodologies, and monitoring over long periods are some of the benefits provided by an OPN.

2.6.2.4 Odour field inspections

Field inspections provides results comparable to those obtained through dispersion modelling studies (GOAA, 2008; RANZATO et al., 2012). The grid method is standardised by the VDI 3940-1, which assumes that a jury sniffs every 10 seconds to decide if a sample (of ambient air) is odourant. That way, in 1 hour there are 360 breaths. Specifically, in Germany, an hour of odour is computed if 10% of 360 breaths are evaluated as odourants. For practical reasons, only a 10 min period (60 breaths) is used as a sample to evaluate a given hour. In that case, if a group of panellists evaluates 6 out of 60 of the 10 s periods as odourants, it is defined as an 'odour hour'. All values above this criterion are counted as odour hours and the probability of exceeding this threshold is then called odour hour frequency (SCHAUBERGER et al., 2012). This provides short-term information on the frequency, duration, and odour intensity factors. The objective evaluation of the FIDOL factors should include the intrinsic nature of the odour, which is assessed by the odour character. Thus, the method also predicts the evaluation of perceived odour offensiveness based on a list of standard descriptors (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). Figure 2.15 shows an example of a receptor grid for conducting odour field inspections.

Figure 2.15 – Representation of a receptor grid for odour field inspections.



Source: Zarra et al. (2010).

In Germany, this methodology is used for regulatory purposes in the environmental licensing of new developments and the expansion of existing facilities, requiring a series of field inspections, generally over a minimum period of six months. This results in a high cost approach due to the excessive need of assessors and the long-time of analysis (ZARRA et al., 2010). However, odour field inspections can also be performed for one-off point assessments to determine the extent of the area affected by an emitting source or assisting in locating an odour source (UK ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

2.6.2.5 Field olfactometry

In the field olfactometer method, a portable olfactometer is used in which the evaluator breathes the air at different dilutions and determines the highest dilution in which it can detect the odour. The detection threshold is reached when the operator first detects the odour (SWEETEN, 1990). Figure 2.16 illustrates the field odour-impact assessment procedure using the Nasal Ranger®.

Figure 2.16 – Nasal Ranger® Field Olfactometer being used in field observations.

Source: Sheffield and Ndegwa (2008).

As previously stated, equipment as the Nasal Ranger® has some limitations. In spite of this, several jurisdictions, especially in the United States, have introduced such devices into their legislation for verification

of environmental compliance (LEONARDOS, 1974; PROKOP, 1978; SWEETEN, 1990; MAHIN, 2001). However, a study conducted by Bokawa (2012) concluded that the results of odour concentration obtained with the Nasal Ranger® are significantly lower than those obtained by other techniques, such as sampling and dispersion modelling, and ambient sampling with odour panel evaluations, or when comparable to the Scentroid SM110 results.

REFERENCES

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). **ASTM E544-10**: Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity. ASTM: West Conshohocken, 2010.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). **ASTM E679-04**: Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits. ASTM: West Conshohocken, 2011.

BOKAWA, Anna H. Ambient Odour Assessment Similarities and Differences between Different Techniques. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 30, p. 313–318, 2012.

BRANDEBURGO, Patrícia A. **Avaliação de percepção de odores por colaboradores de uma indústria de papel e celulose.** 2011. 183 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CAPELLI, Laura; SIRONI, Selena; DEL ROSSO, Renato. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. **Sensors (Basel)**, v. 13, n. 1, p. 938–955, 2013.

CARMO JUNIOR, Gersina Nobre da Rocha. **Otimização e aplicação de metodologias para análises olfatométricas integradas ao saneamento ambiental.** 2005. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION). **EN 13725**: Air quality—determination of odour concentration by dynamic olfactometry. CEN: Brussels, 2003.

CUSANO, Gianluca et al. Odour regulation in Italy: The regional guidelines on odour emissions in Lombardia. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 23, p. 19–24, 2010.

DE MELO LISBOA, H.; SCHIRMER, W. N.; MIRANDA, G. R.; QUADROS, M. E.; VIEIRA, M. M. Caracterização das emissões gasosas de um restaurante e avaliação do seu sistema de tratamento. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SILUBESA), 13., 2008, Belém. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2008.

DE MELO LISBOA, Henrique; PAGÉ, Thierry; GUY, Christophe. Aplicações do nariz eletrônico nas indústrias e na gestão de odores. **Estudos Tecnológicos**, São Leopoldo, v. 5, n. 2, p.195–211, 2009.

DEFRA (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS). **Odour Guidance for Local Authorities**. London: DEFRA, 2010.

DESAUZIERS, V. Odours: What measurement for what diagnosis? **Analusis**, Les Ulis, v. 28, n. 3, p. 169–170, 2000.

DRAVNIEKS, Andrew; JARKE, Frank. Odor Threshold Measurement by Dynamic Olfactometry: Significant Operational Variables. **Journal of the Air Pollution Control Association,** v. 30, n. 12, p. 1284–1289, 1980.

DRAVNIEKS, Andrew; MASURAT, Thomas; LAMM, Richard A. Hedonics of Odors and Odor Descriptors. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 34, n. 7, p.752–755, 1984.

DREW, G. H.; SMITH, R.; GERARD, V.; BURGE, C.; LOWE, M.; KINNERSLEY, R.; SNEATH, R.; LONGHURST, P. J. Appropriateness of selecting different averaging times for modelling chronic and acute exposure to environmental odours. A**tmospheric Environment**, Dorchester, v. 41, n. 13, p. 2870–2880, 2007.

FRECHEN, Franz-Bernd. Air pollution caused by odours - basics, measurement techniques and emission inventory at waste and wastewater treatment facilities. **WIT Trans. Ecol. Environ.**, Southampton, v. 4, p. 185–192, 1994.

FRECHEN, Franz-Bernd. Regulations and policies. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater**

Treatment: Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 2, p. 16–30.

FREEMAN, Tracy; CUDMORE, Roger. **Review of Odour Management in New Zealand**. Wellington: Ministry for the Environment, 2002. Air Quality Technical Report 24.

GINGRAS, Benoit; GUY, Christophe; PAGÉ, Thierry. Odours. In: GÉRIN, Michel et al. (Eds). **Environnement et santé publique: fondements** et pratiques. Acton Vale: Edisem; Paris: Tec & Doc, 2003. Cap. 19, p. 499–515.

GOAA (GUIDELINE ON ODOUR IN AMBIENT AIR). **Detection and Assessment of Odour in Ambient Air**. Berlin, 2008.

GOSTELOW, Peter; PARSONS, Simon A. Hydrogen sulphide measurement. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater Treatment:** Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 6, p. 120–129.

GOSTELOW, Peter; PARSONS, Simon A.; STUETZ, Richard. Odour Measurements for Sewage Treatment Works. **Water Research**, v. 35, n. 3, p. 579–597, 2001.

GOURONNEC, A. M.; TOMASSO, V. Measurement of odours by sensory analysis or "olfactometry". **Analusis**, Les Ulis, v. 28, n. 3, p.188–199, 2000.

GUILLOT, Jean-Michel; FERNANDEZ, Bruno; LE CLOIREC, Pierre. Advantages and limits of adsorption sampling for physico-chemical measurements of odorous compounds. **Analusis**, Les Ulis, v. 28, n. 3, p. 180–187, 2000.

HENRY, Christopher G. et al. Mask scentometer for assessing ambient odors. In: HENRY, Christopher G. **Development of the Mask Scentometer, a Comparison of Ambient Odor Assessment Methods, and their Application in Ground Truthing Atmospheric Dispersion Models**. 2009. 203 p. Tese (Doctor of Philosophy) – Agricultural and Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, 2009a. Paper nº 1.

HENRY, Christopher G. et al. Comparison of ambient odor assessment techniques in a controlled environment. In: HENRY, Christopher G. **Development of the Mask Scentometer, a Comparison of Ambient Odor Assessment Methods, and their Application in Ground Truthing Atmospheric Dispersion Models**. 2009. 203 p. Tese (Doctor of Philosophy) – Agricultural and Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, 2009b. Paper nº 2.

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

HERRERA COHEN, Mara Lu; FILIATRAULT, Mélissa; VIEIRA, Magnun M. **Projet d'aménagement d'une cellule d'enfouissement technique à Saint-Thomas:** rapport de suivi des onze mois d'activité. Montréal: Odotech Inc., 2008.

HIGUCHI, T.; UCHIDA, N.; SEKINE, M.; IMAI, T.; YAMAMOTO, K.; KANNO A. Improvement of sensory intensity scale using 1-butanol for environmental odour evaluation. In: CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 14, 3–5 September 2015, Rhodes. Disponível em: <http://cest2015.gnest.org>. Acesso em: 9 ago. 2017.

HÖGSTRÖM, Ulf. A method for predicting odour frequencies from a point source. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 6, n. 2, p. 103–121, 1972.

HORTON, R.A.; WING, S., MARSHALL, S.W.; BROWNLEY, K.A. Malodor as a trigger of stress and negative mood in neighbors of industrial hog operations. **American Journal of Public Health**, v. 99, supl. S3, p. S610–S615, 2009.

HUDON, Guillaume. **Quantification d'odeurs à l'aide de nez électroniques et de réseaux de neurones artificiels.** 1999. 167 p. Dissertação (Maîtrise ès Sciences Appliquées) – Département de Génie Chimique, École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal, Montréal, 1999.

HUEY, Norman A.; BROERING, Louis C.; JUTZE, George A.; GRUBER, Charles W. Objective odor pollution control

investigations. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 10, n. 6, p. 441–446, 1960.

JIANG, John K.; SANDS, John R. Controlling noxious animal odours: an imperative at the rural-urban interfaces: a review. **Asian-australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 12, n. 4, p. 633–641, 1999.

KIM, Ki-Hyun. Experimental demonstration of masking phenomena between competing odorants via an air dilution sensory test. Sensors, n. 10, p. 7287–7302, 2010.

KÖSTER, E. P. Psychophysical Methods on Evaluation in Environmental Studies. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 2, p. 29–66.

LATOS, Manolis; KARAGEORGOS, Petros; KALOGERAKIS, Nikolaos; LAZARIDIS, M. Dispersion of Odorous Gaseous Compounds Emitted from Wastewater Treatment Plants. **Water, Air, & Soil Pollution**, Dordrecht, v. 215, n. 1–4, p. 667–677, 2011.

LE CLOIREC, P.; GUEUX, M.; PAILLARD, H.; ANSELME, C. Sources of Volatile Organic Compounds and Study of Odorous Pollution. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 8, p. 213–264.

LE CLOIREC, P.; PERRIN, M. Metrology and Sampling. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 9, p. 265–282.

LEONARDOS, Gregory. A critical review of regulations for the control of odors. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 5, n. 24, p. 456–468, 1974.

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

MCGINLEY, Charles M.; MCGYNLEY, Donna L.; MCGYNLEY, Kelly J. **Odor School: Curriculum Development for Training Odor Investigators**. In: ODORS: INDOOR AND ENVIRONMENTAL AIR,

1995, Bloomington. **Proceedings…** Pittsburgh: Air and Waste Management Association, 1995.

MCGINLEY, Charles M.; MAHIN, Tomas D.; POPE, Richard J. Elements of Successful Odor/Odour Laws. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY, Charles M. Enforceable Permit Odor Limits. In: ENVIRONMENTAL PERMITTING SYMPOSIUM II, 2000, Chicago. **Proceedings…** Pittsburgh: Air and Waste Management Association, 2000.

MCGINLEY, Michael A.; MCGINLEY, Charles M.; MANN, Jeff. Olfactomatics: Applied Mathematics of Odor Testing. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY; Michael A.; MCGINLEY, Charles M. The New European Olfactometry Standard: Implementation, Experience, and Perspectives. In: AIR AND WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 94., 2001, Orlando. **Proceedings…** Pittsburgh: AWMA, 2001.

MCGINLEY, Charles M.; MCGINLEY; Michael A. Odor testing biosolids for decision-making. In: ANNUAL RESIDUALS AND BIOSOLIDS MANAGEMENT CONFERENCE, 16., 2002, Austin. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2002.

MCGINLEY, Charles M. Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing. In: SYMPOSIUM ON AIR QUALITY MEASUREMENT METHODS AND TECHNOLOGY, 2002, San Francisco. **Proceedings…** Pittsburgh: Air and Waste Management Association, 2002.

MILHAU, A.; HAMELIN, M.; TATRY, V. Regulations Concerning Odors. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 15, p. 445–463.

MUSSIO, P.; GNYP, A. W.; HENSHAW, P. F. A fluctuating plume dispersion model for the prediction of odour-impact frequencies from continuous stationary sources. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 35, n. 16, p. 2955–2962, 2001.

NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. **Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand**. Wellington: Ministry for the Environment, 2003. Air Quality Report 36.

NICELL, Jim. **Preliminary assessment of the odour impact model as a regulatory strategy.** 1986. 297 p. Dissertação (Master of Applied Science) – Department of Chemical Engineering, University of Windsor, Windsor, 1986.

NICELL, Jim. Assessment and regulation of odour impacts. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 43, n. 1, p. 196–206, 2009.

NIMMERMARK, Sven. Use of electronic noses for detection of odour from animal production facilities: a review. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 33–41, 2001.

NIMMERMARK, Sven. **Odour impact: odour release, dispersion and influence on human well-being with specific focus on animal production**. 2004. 58 p. Doctoral Thesis – Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 2004a.

NIMMERMARK, Sven. Odour influence on well-being and health with specific focus on animal production emissions. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine,** v. 11, n. 2, p. 163–173, 2004b.

POULIOT, Francis. Le contrôle des odeurs à la ferme: bâtiments et structures d'entreposage. In: **COLLOQUE D'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE**, 2001, Lorrainville. Centre de Développement du Porc du Québec. Available at: <http://www.bape.gouv.qc.ca>. Accessed: 4 nov. 2017.

PROKOP, William H. Developing odor control regulations: guidelines and considerations. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 28, n. 1, p. 9–16, 1978.

QUEIROZ, R. S.; OLIVEIRA FILHO, A. C. Avaliação dos resultados de controle de odor a partir da operação da rede de percepção de odor da Aracruz Celulose S/A. In: SEMINÁRIO DE MEIO AMBIENTE EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO, 1., 1998, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1998.

RANZATO, Laura; BARAUSSE, Alberto; MANTOVANI, Alice; PITTARELLO, Alberto; BENZO, Maurizio; PALMERI. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570–579, 2012.

RIBEIRO, Clara; VARELA, Helena; COUTINHO, Miguel; BORREGO, Carlos. Dispersion modeling and field inspections approach to evaluate the odor impact of a composting plant in Lisbon. In: HARMONISATION WITHIN ATMOSPHERIC DISPERSION MODELLING FOR REGULATORY PURPOSES, 13., 2010, Paris. **Proceedings…** Disponível em: <http://www.harmo.org>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ROMAIN, Anne-Claude; DELVA, Julien; NICOLAS, Jacques. Complementary approaches to measure environmental odours emitted by landfill areas. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 131, n. 1, p. 18–23, 2008.

RUIJTEN, M. W. M. M.; VAN DOORN, R.; VAN HARREVELD, A. P. **Assessment of odour annoyance in chemical emergency management.** Bilthoven: National Institute for Public Health and Environment, 2009. (RIVM Report 609200001/2009)

SCHAUBERGER, G.; PIRINGER, M.; SCHMITZER, R.; KAMP, M.; SOWA, A.; KOCH, R.; ECKHOF, W.; GRIMM, E.; KYPKE, J.; HARTUNG, E. Concept to assess the human perception of odour by estimating short-time peak concentrations from one-hour mean values: Reply to a comment by Janicke et al. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 54, p. 624–628, Jul. 2012.

SCHAUBERGER, Günther; PIRINGER, Martin. Assessment of Separation Distances to Avoid Odour Annoyance: Interaction between Odour Impact Criteria and Peak-to-Mean Factors. **Chem. Eng. Trans.**, Milano, v. 30, 2012.

SCHIFFMAN, Susan S.; SATTELY-MILLER, Elizabeth A.; SUGGS, Mark S.; GRAHAM, Brevick G. The Effect of Environmental Odors Emanating from Commercial Swine Operations on the Mood of Nearby Residents. **Brain Research Bulletin**, v. 37, n. 4, p. 369–375, 1995.

SCHIFFMAN, Susan S.; WALKER, John M.; DALTON, Pam; LORIG, Tyler S.; RAYMER, James H.; SHUSTERMAN, Dennis; WILLIAMS, C. Mike. Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. **Journal of Agromedicine**, v. 7, n. 1, p. 7–81, 2000.

SHEFFIELD, Ron; THOMPSON, Matthew; DYE, Bobby; PARKE, David. Evaluation of Field-based Odor Assessment Methods. In: WATER ENVIRONMENT FEDERATION AND THE AIR AND WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION CONFERENCE ON ODOR AND AIR QUALITY, 2004, Bellevue. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2004.

SHEFFIELD, Ron; NDEGWA, Pius. **Sampling Agricultural Odors.** Idaho: Pacific Northwest Extension, 2008. (PNW 595).

SHERIDAN, Brian. **Odour and bioaerosol impact assessment of the littleton recycling facility to be located in Littleton, Co. Tipperary.** Dublin: Odour & Environmental Engineering Consultants, 2008.

SHUSTERMAN, Dennis. Critical review: the health significance of environmental odor pollution. **Archives of Environmental Health**, v. 47, n. 1, p. 76–87, 1992.

SILVA, Glades Pinheiro da. **Avaliação de incômodos olfativos emitidos pela suinocultura:** estudos na bacia hidrográfica do Rio dos Fragosos e na região urbana do município de Concórdia. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SNEATH, Robert W. Olfactometry and the CEN standard prEN 17325. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater Treatment**: Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 7, p. 130–154.

SWEETEN, John M. **Cattle feedlot waste management practices for water and air pollution control.** Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, 1990. (B-1671). Available at: <http://tammi.tamu.edu/sweeten.pdf>. Acessed: 1 May 2017.

SPRINGER, K. Combustion odors—A case study. In: TURK, A.; JOHNSTON, J. W.; MOULTON, D. G. (Eds). **Human Responses to Environmental Odors**. New York: Academic Press, 1974. p. 227–262.

SUFFET, I. H.; BURLINGAME, G. A.; ROSENFELD, P. E.; BRUCHET, A. The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants. **Water Sci. Technol.,** London, v. 50, n. 4, p. 25–32, 2004.

SUFFET, I. H.; DECOTTIGNIES, V.; SENANTE, E.; BRUCHET, A. Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids. **Water Environment Research**, v. 81, n. 7, p. 670–679, 2009.

STUETZ, Richard M.; GOSTELOW, Peter; BURGESS, Joanna E. Odour perception. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater Treatment**: Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 1, p. 3–15.

TRUPPEL, Anderson. **Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente**. 2002. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TURK, Amos; SWITALA, Edward D.; THOMAS, Samuel H. Suprathreshold Odor Measurements by Dynamic Olfactometry: Principles and Practice. **J. Air Pollut. Control Assoc.,** v. 30, n. 12, p. 1289–1294, 1980.

UK ENVIRONMENT AGENCY. Draft Horizontal Guidance for Odour Part 2: Assessment and Control. **Technical Guidance Note IPPC H4.** Bristol: Environment Agency, 2002.

UNFPA (UNITED NATIONS POPULATION FUND). **State of world population 2011**: People and possibilities in a world of 7 billion. UNFPA: New York, 2011.

UNFPA (UNITED NATIONS POPULATION FUND). **State of world population 2016**: 10: How our future depends on a girl at this decisive age. UNFPA: New York, 2016.

VAN HARREVELD, Anton P. Odor regulation and the history of odor measurement in Europe. In: **Odor measurement review.** Tokyo: Government of Japan, 2003. p. 54–61.

VENKATRAM, Akula. Accounting for averaging time in air pollution modeling. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 36, n. 13, p. 2165–2170, 2002.

VIEIRA, Magnun M.; SCHIRMER, Waldir N.; DE MELO LISBOA, Henrique; BELLI FILHO, Paulo; GUILLOT, Jean-Michel. Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 23, p. 24115–24124, 2016.

VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE). **VDI 3882 Part 1**: Olfactometry; determination of odour intensity. Berlin: Beuth Verlag, 1992.

_____. **VDI 3882 Part 2**: Olfactometry: Determination of Hedonic Odour Tone. Berlin: Beuth Verlag, 1994.

_____. **VDI 3883 Part 1**: Effects and assessment of odours: Psychometric assessment of odour annoyance: Questionnaires. Berlin: Beuth Verlag, 1997.

_____. **VDI 3883 Part 2**: Effects and assessment of odours: Determination of annoyance parameters by questioning: Repeated brief questioning of neighbour panellist. Berlin: Beuth Verlag, 1993.

ZARRA, T.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V.; REISER, M.; KRANERT, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. **Water Science and Technology**, London, v. 58, n. 1, p. 89–94, 2008.

ZARRA, T.; NADDEO, V.; GIULIANI, S.; BELGIORNO, V. Optimization of field inspection method for odour impact assessment. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 23, p. 93–98, 2010.

ZHANG, Q.; FEDDES, J. J. R.; EDEOGU, I. K.; ZHOU, X. J. Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers. **Canadian Biosystems Engineering**, Winnipeg, v. 44, p. 6.27–6.32, 2002.

CAPÍTULO 3

Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil[1]

[1] Artigo publicado na revista Environmental Science and Pollution Research, v. 23, n. 23, 24115–24124, 2016. DOI: 10.1007/s11356-016-7509-0 (Cf. Anexo A).

ABSTRACT

In the food industry and linked activities, environmental impacts relate mainly to the generation of liquid and gaseous effluents. Rendering plants, which process animal by-products, are strongly associated with malodorous emissions. Thus, effective odour-control technologies are required to minimise odour annoyance in nearby communities and thereby public complaints. In this paper, the effectiveness of a biofilter for the treatment of odours from a meat-rendering plant located in southern Brazil was evaluated based on German guideline VDI 3477:2004-11. Samples were collected upstream and downstream of the gas treatment system using a pragmatic approach in order to minimise the cost of such a study. Odour concentration was determined according to European standard EN 13725:2003. The results showed an OER of 8.82 $\times 10^8$ OU_E h^{-1} and odour removal efficiency lower than the established benchmark set by SEMA Resolution 054/2006, taken as reference for being the only Brazilian regulation to establish quantitative odour emission criteria. Enhancement of the biofiltration system and/or association with other odour abatement technologies are required to increase odour removal, limit impacts and comply with regulatory requirements. The paper also includes a discussion on the current odour regulation in Brazil.

Keywords: Biofiltration. Dynamic olfactometry. Nuisance. Odour assessment. Regulation. Rendering process.

ABBREVIATIONS

ASTM	American Society for Testing and Materials
EN	European norm (standard)
FIDOL	Frequency, intensity, duration, offensiveness and location
GC-MS	Gas chromatography–mass spectrometry
ISO	International Organization for Standardisation
MES	Maximum emission standard
NBR	Brazilian technical norm
OER	Odour emission rate
OU_E	European odour unit
prEN	Proposed European standard
PTR-MS	Proton transfer reaction–mass spectrometry
SEMA	Secretariat of State for the Environment and Water
VDI	Association of German Engineers
VOCs	Volatile organic compounds

3.1 INTRODUCTION

Odour nuisance has become a major environmental issue worldwide and has received increasing attention from Brazilian authorities in recent years. Odours are the cause of most air pollution complaints to regulators and government bodies (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006) and represent a growing social problem in industrialised countries (RANZATO et al., 2012). However, odour is difficult to quantify and can be difficult to regulate (RWDI Air Inc., 2015). This complexity is due mainly to the subjectivity of odour perception, which relies on sensory and neurological processes. Thus, odour control is a challenging task and many countries and jurisdictions still lack odour laws and regulations.

Several industrial activities can give rise to objectionable odours that can cause a nuisance to nearby residents and surrounding communities after repeated episodes of odour exposure. This includes meat, fish or seafood processing; petroleum refining; paper mill production; waste disposal; wastewater treatment; and livestock farming among others. Odour control is a major challenge for the rendering industry. Without odour controls, rendering odours can reach up to 20 miles away from rendering plants and lead to many complaints by citizens (BETHEA et al., 1973). All rendering processes involve the application of heat, the extraction of moisture and the separation of fat (MEEKER; HAMILTON, 2006). These processes include fragmentation, grinding, cooking, tallow purification, seepage and condensation (PACHECO, 2006). Thus, taking into account the nature of the raw material (animal by-products) and the characteristics of the process, meat-rendering plants are inevitably associated with the generation of odorous emissions that results from a complex mixture of chemical compounds (ANET et al., 2013). However, not all chemicals contribute to the overall odour experience. Van Langenhove et al. (1982) identified 110 VOCs in rendering emissions. Of these, only 26 volatiles were identified as malodorants contributing to rendering odours, including an amine, five sulphur-containing compounds, eight volatile acids, one alcohol and 11 aldehydes. The remaining 80% of the compounds (mainly aliphatic, aromatic or halogenated hydrocarbons and terpenes) did not contribute significantly to the odour.

Odour measurement techniques fall into two classes: analytical measurements, which characterise odours in terms of their chemical composition and attempt to quantify the odorants present; and sensory

measurements, which rely on the human sense of smell (GOSTELOW et al., 2001). Regarding analytical methods, GC-MS is a powerful technique and PTR-MS is a great improvement to spectrometric methods for the online monitoring of VOCs in ambient air (NI et al., 2012). Nevertheless, analytical measurements have their limitations since odour perception is subjective and cannot be related to chemicals directly (ROMAIN; NICOLAS, 2009). Defoer et al. (2002) studied the relationship between chemical concentrations (GC-MS analysis) and odour concentrations (olfactometry) in the emissions from an animal-rendering plant treated by biofiltration. According to their results, the total concentration of VOCs was a poor estimator for odour concentration, even though concentrations of organic sulphur-containing compounds correlated well with odour concentrations. This weak correlation between chemical composition and olfactory perception is typically attributed to the complex interactions among odorants (synergism, antagonism, averaging effect, etc.; YAN et al., 2014) that results in a different global odour perception. In contrast to analytical measurements, olfactometry (i.e. measurement of the response of assessors to olfactory stimuli) uses the human nose as a detector of smell. Humans can detect and identify odours present at quantities to which commercially available instrumentation and chemical methods are completely insensitive (TURK et al., 2003). It was estimated that humans could detect as many as 10,000 to 100,000 chemicals as having a distinct odour (BUCK, 2005). However, this number may be much higher. Recent studies indicate that humans can discriminate over 1 trillion olfactory stimuli (BUSHDID et al., 2014). This highlights the complexity of odour perception and thus the assessment and regulation of odour impacts.

Odours have five measurable parameters: concentration (thresholds), intensity (intensity referencing), character (standard descriptors), persistency (the ‘hang time’ of the odour) and hedonic tone (subjective measure of pleasantness or unpleasantness of an odour; MCGINLEY; MCGINLEY, 2002). Determination of odour concentration at the source is recognised as the first step to solving an odour problem (LEYRIS et al., 2000). In fact, odour concentration can be used for input into dispersion models to determine odour impact in terms of annoyance and to assess the effectiveness of odour abatement measures (Bockreis and Steinberg, 2005). The odour concentration is measured by determining the dilution factor required to reach the 50% detection threshold, which is the odorant concentration that has a probability of 0.5 of being detected under the conditions of the test (CEN, 2003). This determination generally is performed in a laboratory using a dilution

device (olfactometer) and a panel of selected human assessors based on normal sensitivity qualification tests. The results are expressed in odour units per cubic metre (OU m^{-3}), usually according to EN 13725 (CEN, 2003) or ASTM E679-04 (ASTM, 2011). Dynamic olfactometry, performed according to the EN 13725:2003 standard, is the most commonly applied method in Europe to assess odour emissions from agricultural sources and industrial activities and to evaluate the efficiency of odour reduction techniques (HOVE et al., 2016). This method is becoming the most accepted protocol for odour measurement worldwide, mainly due to its accuracy and robustness.

It must be recognised that although odour itself does not act toxicologically or as a direct cause of diseases, odour nuisance can affect human health indirectly (FRECHEN, 2001). Extended exposure to odours generates undesirable reactions ranging from emotional to physical symptoms (ZARRA et al., 2010). Frequently reported symptoms include headaches, nausea, gastrointestinal distress, eye irritation, throat irritation, cough, shortness of breath, hoarseness, nasal congestion, runny nose, drowsiness, sleep disturbances, loss of appetite, difficulty concentrating, palpitations, stress and mood swings (SCHIFFMAN et al., 1995, 2000; MCGINLEY 2000; ZARRA et al., 2008; HORTON et al., 2009; SUCKER et al., 2009; HOOIVELD et al., 2015). Regarding social and economic impacts, odours also can cause loss of enjoyment of normal use of property and interference with the normal conduct of business (NICELL, 2009).

Sucker et al. (2008) have shown that exposure–annoyance and exposure–symptom associations are influenced strongly by the hedonic tone of odour. In particular, neutral and unpleasant odours are more likely to elicit annoyance responses compared to pleasant odours. Rendering odours, which typically smell like a dead animal, are among the most unpleasant odours to which one can be exposed to in the housing environment, with a hedonic tone value of −3.75 on a 9-points scale ranging from −4 to +4 (−4 stands for the most unpleasant and +4 for the most pleasant connotation; DRAVNIEKS et al., 1984). This makes effective odour-control technologies even more important in order to mitigate odour annoyance and to protect citizens' health and well-being.

Odour annoyance generally results from a combination of factors, collectively known as FIDOL: frequency, intensity, duration, offensiveness and location (FREEMAN; CUDMORE, 2002). These factors influence the extent to which odours adversely affect individuals

and can be used as a basis for odour investigations and environmental impact assessments (UK ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002; NICELL, 2009). Thus, FIDOL factors may be incorporated into odour policies and regulations.

According to Pacheco (2006), the most common odour-control techniques to minimise the environmental impacts of rendering industries are condensation, absorption, adsorption and incineration. Biofiltration is an interesting alternative on the market, both for its capacity not to transfer pollutants to another compartment (e.g. solid or liquid, once they are biologically oxidised into environmentally friendly compounds; KHAN; GHOSHAL, 2000) and for its low cost (deployment and operation) when compared to other treatment methods (BELLI FILHO et al., 2001). In a biofilter, a contaminated/odorous gas stream passes through a biologically enriched layer of a filter material followed by a biodegradation of the absorbed/adsorbed pollutants (HONG; PARK, 2004). However, biofilter' performance is not uniform, and it is influenced by several design and operational parameters, such as gas composition, packing material, moisture content, temperature, pH, pressure drop and gas residence time (DEVINNY et al., 1999; BURGESS et al., 2001).

Despite the growing concern about odour nuisance, few studies on odours have been conducted in Brazil (CARMO JR. et al., 2010), although there has been an increase in research in this field in recent years (VIEIRA et al., 2011; BEGHI et al., 2012; LORIATO et al., 2012; SCHIRMER et al., 2012; DE MELO LISBOA et al., 2014; MIRANDA et al., 2014; VIEIRA et al., 2015; PRATA JR. et al., 2016). Currently, there are few studies on odour control by biofiltration in rendering plants. Due to its low investment and operational costs, biofiltration technology can be applied to remove odours and VOCs from rendering emissions.

This paper presents a pragmatic approach for the performance evaluation of an open biofilter for treatment of odour emissions from a meat-rendering plant in southern Brazil. Dynamic olfactometry is used to evaluate the odour abatement efficiency and identify areas of improvement. Additionally, the volumetric flow rate of waste gas was evaluated in order to determine the OER and to verify compliance with relevant regulatory requirements.

The odour assessment study presented in this paper was commissioned by the plant's owners as part of their operating licence renewal by the local authorities.

3.2 MATERIAL AND METHODS

Plant description

The rendering plant produces protein meal (meat and bone meal and feather and blood meal) for animal feed. Rendering products are obtained from the thermal processing of animal by-products from nearby poultry slaughterhouses and abattoirs. The plant processes about 400 t day^{-1} of animal by-products (300 t of guts, 60 t of feathers and 40 t of blood). The system consists of 16 batch cookers (horizontal steam jacketed cylinders equipped with a mechanical agitator), each with an 8-m^3 volume. Batch cookers are charged with raw material and operated for between 2 and 5 h at 2 kgf cm^{-2} pressure and a temperature up to 130 °C. Following the cooking cycle, the contents are discharged into a percolator drain pan. The exhaust gases are passed through an up-flow open-bed biofilter packed with woodchips with a surface area of 325 m^2 (13 m × 25 m). The off-gas, which typically has an offensive smell of rotting flesh, is finally released into the atmosphere.

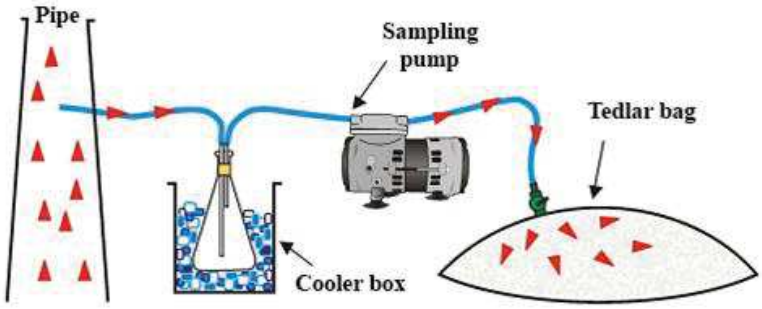
The plant is situated ±5 km to the southwest of the central region of a city of about 100,000 inhabitants, but some houses are closer than 2000 m. The system operates 24 h day^{-1} (three 8-h shifts), 6 days per week, from Tuesday to Sunday. The site has a history of odour complaints and thus an evaluation of the deodorisation system was required by the state environmental agency as a first step towards the establishment of an odour management and mitigation plan.

Odour sampling strategy

In order to perform an efficiency test for odour removal, the inlet and outlet of the rendering plant's waste gas treatment system were sampled at the same time. Samples for olfactometric analysis were collected using a diaphragm vacuum pump (Model L-79200-30, Cole-Parmer Instrument Co., Vernon Hills, USA), which has its inner side coated with stainless steel to prevent odour absorption. Odour samples were stored in 60-L Tedlar® (polyvinyl fluoride, DuPont™) bags. Taking into account the high temperature and humidity levels, the sampled gas was run through a set of 2–3 glass flasks immersed in ice in a 'cooler box' to avoid condensation inside the sampling bag. It is assumed that relative humidity will not affect the results as long as it remains below 100% (i.e. no condensation; CARMO JR. et al., 2010).

In the inlet duct of the gas treatment system (upstream of the biofilter), three samples were collected using the direct pumping technique (CEN, 2003; Figure 3.1).

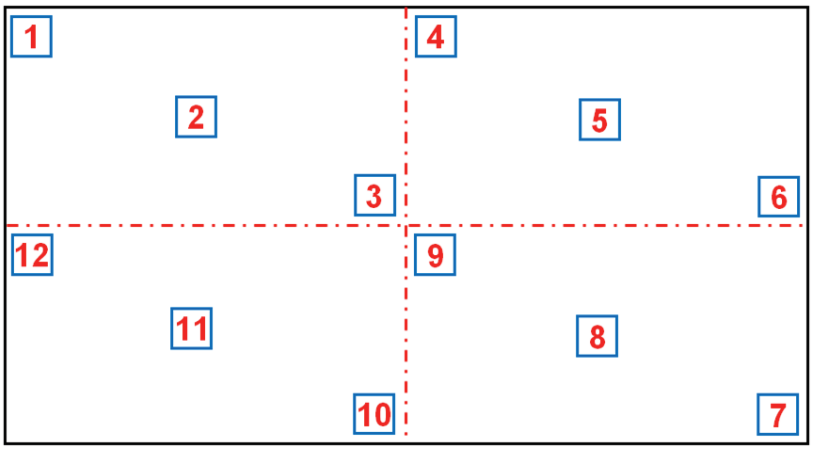
Figure 3.1 – System for collecting samples in the field.



Source: Vieira et al. (2016).

At the system outlet (over the biofilter surface), the active surface-sampling technique was applied, according to VDI 3477-2004 (VDI, 2011a). Samples were collected at a flow rate of approximately 10 L min^{-1} by means of a static hood with a base area of 0.84 m^{-2} (0.92 m × 0.91 m). The role of the hood is to isolate apart of the emitting surface from the outside atmosphere, thus preventing the sampled gas from being diluted by wind. This channels the outward airflow into the hood outlet duct, where the sample is collected using the same method as for point sources. To obtain representative data for the entire source, samples must be collected from different points, which should be distributed uniformly over the emitting surface (CAPELLI et al., 2013). In order to determine the sampling points, the biofilter emitting surface was divided into four sampling grids (Figure 3.2).

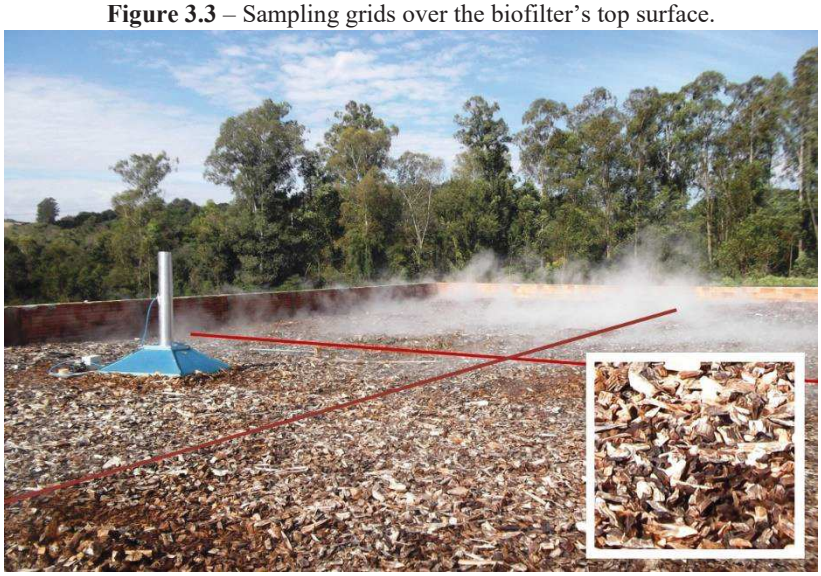
Figure 3.2 – Schematic representation of the measurement point locations on the biofilter's surface.



Source: Vieira et al. (2016).

At each grid, three-point velocity and temperature measurements of the airflow were carried out through the hood stack (Figure 3.3).

Figure 3.3 – Sampling grids over the biofilter's top surface.



Source: Vieira et al. (2016).

A digital thermo-anemometer with hot-wire probe (Model 471-2, Dwyer Instruments Inc., Michigan City, USA), operating in the range of 0.00 to 3.00 m s^{-1}, was used to perform measurements at 0.5 m height from the biofilter's top surface. In each grid, locations with the higher airflow velocities were selected for sampling purposes. New velocity measurements were carried out at the selected points just before sampling. These values then were used to calculate the average odour concentration from the biofilter. Therefore, the surface portion sampled met the minimum requirements set by VDI 3880 (VDI, 2011b), about 1% of the total emitting surface. In fact, in practical application, a trade-off between accuracy and economy plays an important role, because increasing the amount of sampling increases the accuracy of the mean concentration but the expenses for olfactometric analysis also rise significantly (AUTERSKÁ; KEDER, 2008). The biofilter outlet odour concentration was calculated as a weighted arithmetic mean according to Eq. 3.1.

$$c_{od} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^{n} v_i} \tag{3.1}$$

C_{od} is the average odour concentration at the biofilter outlet (ou_E m^{-3}), c_i is the odour concentration measured on the i-th surface portion (ou_E m^{-3}) and v_i is the effluent velocity measured on the i-th surface portion (m s^{-1}).

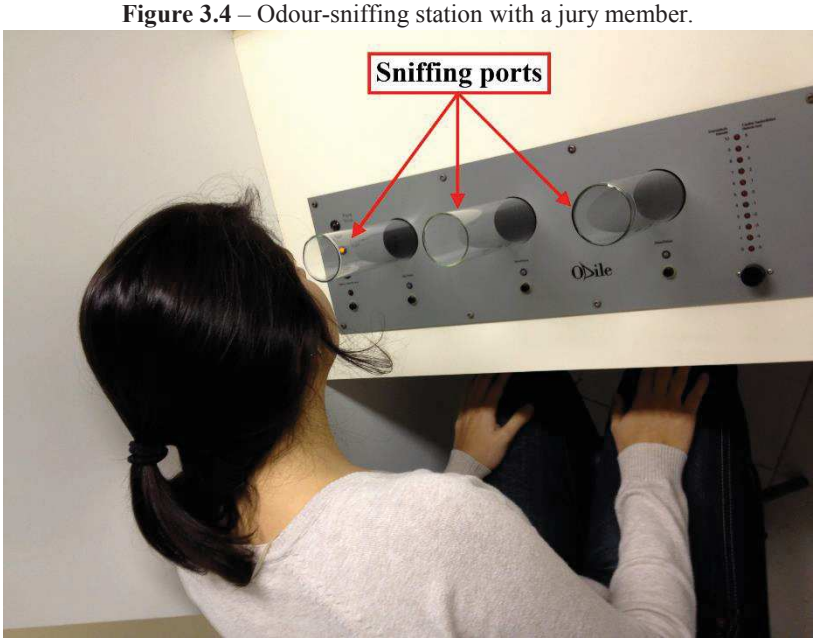
In the case of discontinuous monitoring, sampling should be representative and consider typical process variations (PARANÁ, 2006). For this reason, the rendering process was carefully analysed prior sampling in order to identify environmental and operational factors that could affect sampling representability. Furthermore, the number of cookers running before and during sampling was monitored constantly in the field to ensure the representativeness of samples.

Olfactometric analyses

Olfactometric analyses were performed according to EN 13725 (CEN, 2003). Odour concentration was determined in a laboratory using a dynamic dilution olfactometer (ODILE™ 3500, Odotech Inc., Montreal, Canada). The ODILE™ olfactometer comprises the following

units: dilution unit, operating system software, odour station, air purification system and pressurised vessel. Each station consists of three odour-sniffing ports and a voting box (Figure 3.4).

Figure 3.4 – Odour-sniffing station with a jury member.



Source: Vieira et al. (2016).

The odorous gas is brought to one of the sniffing ports, while the two remaining ones receive only odour-free diluting gas. An algorithm ensures a random rotation of the odorous gas feed. Dilutions were presented in a decreasing-step sequence of a factor of 1.58. Jury members had 15 s to smell the three ports and press the button beneath the port from which they believed the diluted odour was coming. The software continuously analysed the jurors' responses. The nominal value of the odour concentration of a sample in $ou_E\ m^{-3}$ is calculated as the geometric mean of the individual threshold estimates of the panel members, after retrospective screening (CEN, 2003). Immediately prior to analysis, a system blank was analysed for quality control purposes. All analyses were performed within 30 h of collection, relying on a sensory panel composed of six trained assessors.

Odour emission rate and odour abatement efficiency

Determination of pressure and temperature measurement points in the waste gas duct followed the specifications of NBR 10701 (ABNT, 1989). Measurements were performed using an S-type Pitot tube connected to a digital thermometer (IOPTHERM 46, IOPE, São Paulo, Brazil)—together with a K-type thermocouple—and a digital manometer (Series 475 Mark III, Dwyer Instruments Inc., Michigan City, USA). Then, calculation of the volumetric flow rate (on a wet basis) at standard conditions for olfactometry (20 °C and 101.3 kPa) was performed according to ISO 10780:1994 (ISO, 2011). Finally, the OER is obtained by Eq. 3.2 as follows (CAPELLI et al., 2013):

$$OER = Q_{air} \times c_{od} \tag{3.2}$$

OER is the odour emission rate ($ou_E\ h^{-1}$), Q_{air} is the effluent volumetric flow rate ($m_3\ h^{-1}$) and c_{od} is the measured odour concentration ($ou_E\ m^{-3}$). Determination of odour abatement efficiency is based on the relative difference in odour concentration in the crude and clean gas stream (CEN, 2003). The odour abatement efficiency (expressed as a percentage) can be calculated by Eq. 3.3.

$$\eta_{od} = \left(\frac{c_{od,crude} - c_{od,clean}}{c_{od,crude}} \right) \times 100 \tag{3.3}$$

η_{od} is the odour abatement efficiency (%), $c_{od,crude}$ is the odour concentration in untreated gas ($ou_E\ m^{-3}$) and $c_{od,clean}$ is the odour concentration in treated gas ($ou_E\ m^{-3}$).

Odour compliance criteria

SEMA Resolution 054/2006 is the only regulation to establish quantitative odour emission criteria in Brazil. Article12 states that

> Activities generating odoriferous substances with an emission rate exceeding 5,000,000 OU h^{-1} (odour units per hour) shall promote the installation of equipment, previously analysed by the Environmental Institute of Paraná, for the capture

and removal of odour. The type of odour control equipment installed will depend on local dispersion conditions, the proximity of residential areas and the amount of odoriferous substances emitted, which shall be measured by olfactometry and expressed in odour units released into the atmosphere per hour. The odour abatement efficiency, determined by olfactometry, should be at least 85% (PARANÁ, 2006).

3.3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 3.1 shows the values of temperature and airflow velocity measured on the hood stack for each of the 12 measurement points over the biofilter' surface.

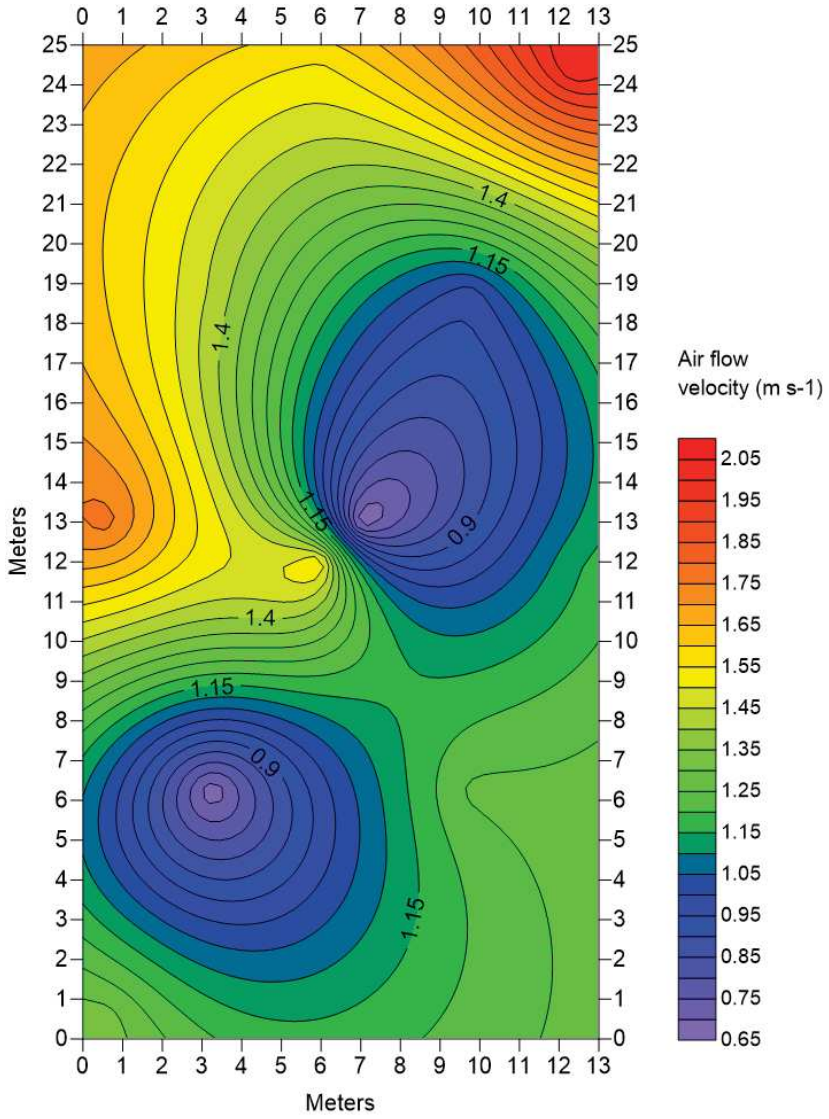
Table 3.1 – Temperature and airflow velocities measured for selecting sampling points on the biofilter's surface.

Measurement point	Average velocity [m s^{-1}]	Average temperature [°C]
1	1.32 ± 0.1	61.5 ± 1.0
2	0.66 ± 0.1	61.9 ± 1.0
3	1.55 ± 0.1	73.5 ± 1.0
4	1.77 ± 0.1	69.5 ± 1.0
5	1.44 ± 0.1	68.3 ± 1.0
6	1.54 ± 0.1	67.9 ± 1.0
7	2.05 ± 0.1	68.7 ± 1.0
8	0.97 ± 0.1	65.1 ± 1.0
9	0.65 ± 0.1	73.7 ± 1.0
10	1.14 ± 0.1	60.6 ± 1.0
11	1.26 ± 0.1	53.1 ± 1.0
12	1.16 ± 0.1	63.2 ± 1.0

Source: Vieira et al. (2016).

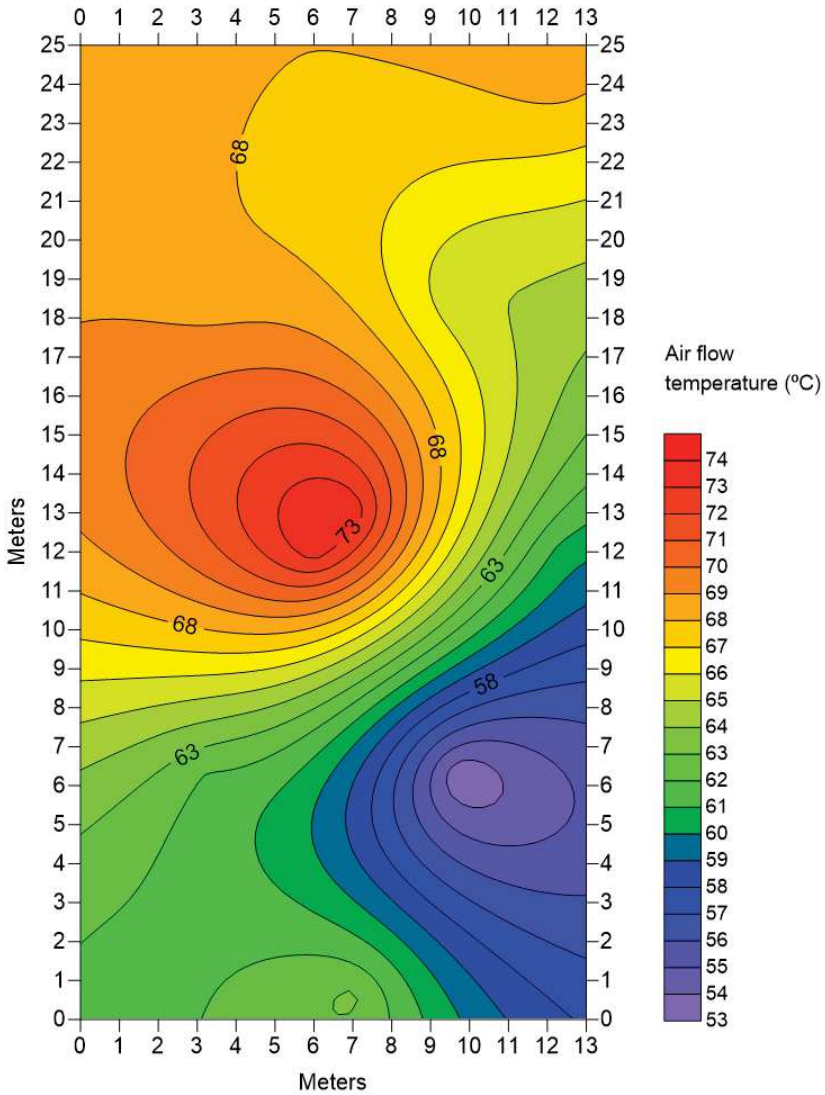
The average temperature and velocity of the off-gas were 65.6 °C and 1.29 m s^{-1}, respectively. Airflow temperature ranged from 53.1 to 73.7 °C, while airflow velocity ranged from 0.66 to 2.05 m s^{-1} (factor >2). This wide variation indicates a non-homogeneous distribution of the gas stream through the biofilter media. This becomes more evident by applying geostatistical interpolation tools (kriging) using the Surfer software (Golden Software Inc., Golden, USA; see Figure 3.5 and Figure 3.6).

Figure 3.5 – Airflow velocity distribution over the biofilter's surface.



Source: The Author.

Figure 3.6 – Airflow temperature distribution over the biofilter's surface.



Source: The Author.

The regions in blue (lower velocities) indicate the existence of compaction zones, whereas regions in red (higher velocities) suggest the existence of preferred flow channels in the filter bed. The results of the second measurement on selected sampling points on the biofilter's surface are shown in Table 3.2.

Table 3.2 – Temperature and airflow velocities at selected sampling points on the biofilter's surface.

Sampling point	Average velocity [m s^{-1}]	Average temperature [ºC]
3	1,18 ± 0,1	55,4 ± 1,0
4	1,33 ± 0,1	59,0 ± 1,0
7	2,26 ± 0,1	65,1 ± 1,0
11	2,01 ± 0,1	70,2 ± 1,0

Source: Vieira et al. (2016).

Some variations can be observed from one point to another compared to the previous measurement, which was expected, since the plant operates in a batch mode. However, it is reasonable to assume that the variation occurs in the same way throughout the biofilter surface. The average off-gas temperature was 62.4 °C and the average airflow velocity was 1.69 m s^{-1}. The points with higher airflow velocity in each of the subareas were selected to collect odour samples.

Table 3.3 presents the results of the olfactometric analyses and the average odour concentration at the inlet and outlet of the gas treatment system. It is noteworthy that the average odour concentration in untreated gas determined here (around 160,000 ou_E m^{-3}) represents all steps of the process (mixed gas streams), which converged to a single treatment point.

Table 3.3 – Odour concentration determined by dynamic olfactometry.

Sampling location	Odour concentration [OU m^{-3}]	Mean odour concentration [OU m^{-3}]
Inlet	131,305	159,684
	92,152	
	256,596	
Outlet	46,483	55,979
	54,458	
	59,915	
	58,136	

Source: Vieira et al. (2016).

In order to have an idea about the odour concentration values found in similar industrial processes, Oliveira (1990) cited by Pacheco (2006), reported average odour concentrations about 50,000 and 100,000 OU ft^{-3} for viscera and blood cookers, respectively, and 800 OU ft^{-3} for blood dryers. Luo and Lindsey (2006), studying pilot-scale biofilters packed with crushed pine bark and natural zeolite for the treatment of exhaust gases from direct-fired meal dryers at an animal rendering plant, reported influent odour concentrations ranging from 50,000 to 307,200 OU m^{-3}. The authors attribute this large variation to differences in the type and amount of raw materials processed. As a result, they have found odour removal efficiencies between 80 and 99%. Sironi et al. (2007), in their study on odour emission of Italian rendering plants, estimated odour emission factors of 4.52×10^8 ou_E t^{-1} for 'process air' (i.e. odorous air streams from cooking, boiling and pressing operations) and 8.02×10^7 ou_E t^{-1} for a mixture of 'process air' and 'department air'. The latter authors reported inlet odour concentrations varying from 160,000 to 180,000 ou_E m^{-3}, with an odour abatement efficiency by biofiltration of 79.8% on average (S.D. = 1.3). Thus, comparing the performance of biofilters reported in the literature can be a hard task due to differences in process parameters, such as the support media used for microbial growth, the composition of the waste gas stream and the gas flow rate through the biofilter bed.

Considering the average values presented in Table 3.3, the odour abatement efficiency determined through Eq. 3.3 is about 65%. This value is slightly lower than those reported above for odour removal in rendering plants by biofiltration. Furthermore, under its current conditions, the gas treatment system is insufficient to meet the legal requirements relating to odours (compliance criteria). It is important to highlight that the results reflect the reality of the industrial process during sampling. On the other hand, if different operating conditions were applied, variations in the efficiency of the treatment system could be expected. However, a preliminary study of the plant's production cycle ensures that measurements were carried out under normal operating conditions. The volumetric flow rate of the waste gas stream entering the biofilter was about 15,750 m^3 h^{-1}. Accounting for the average odour concentration at the biofilter outlet of 55,979 ou_E m^{-3}, the OER determined from Eq. 3.2 was about 8.82×10^8 ou_E h^{-1}. Therefore, the OER is 176 times higher than the MES established benchmark set by SEMA Resolution 054/2006 (PARANÁ, 2006). It should be mentioned that the laboratory blank's

odour concentration was lower than 40 ou_E m^{-3}, attesting to the excellent conditions of the analytical procedure.

The rendering plant's biotreatment system can improve its efficiency. In fact, biofilters can treat large volumes of odorous air streams (MUDLIAR et al., 2010). If necessary, other odour abatement technologies should be put in place in order to obtain satisfactory levels of deodorisation. Regarding operating conditions, the too-high airflow temperature observed shows that the biofilter is too hot for efficient odour biodegradation. Temperatures ranging from 20 to 40 °C has been recommended, with 35°C believed optimal for biofilter operation (CHEN; HOFF, 2009). Therefore, it is likely that the values measured mainly above 60 °C could have compromised the performance of the process through the action of microorganisms in the decomposition of the molecules responsible for the odour. Sheridan et al. (2002) suggested that a woodchip filter bed moisture content of greater than 63% should be used to maintain overall efficiency. Excess moisture generally is not a problem because the additional moisture drains through the media or evaporates due to the constant airflow through the biofilter (NICOLAI; SCHMIDT, 2005). The pH needs to be checked periodically and kept between 7 and 8 to encourage and accelerate the absorption process and maximise microbial activity (CHEN; HOFF, 2009). The plant operators had no specific data on pH and moisture content, although the latter does not seem to be a problem based on field observations. Furthermore, if necessary, the filter media can be loosened, restacked and screened at regular intervals for homogenisation (VDI, 2011a). Indeed, with time, media degradation can lead to media compaction, smaller surface area, higher-pressure drops and chemical accumulation, which can finally result in biofilter failure (CHEN; HOFF, 2009). This appears to be the case in the rendering plant investigated here, suggesting that the replacement of the biofilter media may be required to increase the odour removal efficiency.

Apart from complying with regulatory requirements, it must be recognised that, the goal of any odour abatement system is to avoid odour nuisance for the surrounding communities. Even if the biofilter had achieved an odour removal efficiency of 85%, as established by SEMA Resolution 054/2006, it would not guarantee the absence of odour annoyance, since the OER would still be 75 times higher than the MES. Moreover, there are inherent limitations in regulating odours by MES (VIEIRA, 2013). For example, this approach does not consider the physical characteristics of the emission source (e.g. geometry and

dimensions) and the effects of gas temperature and speed. It also does not consider site-specific data, such as topography, land use and weather conditions. These factors affect pollutants' transport and dispersion in the atmosphere, including odours. Thus, besides source characterisation, it is important to evaluate the effective impact on receptors based on the FIDOL factors that determine odour annoyance. For that, two commonly used approaches are dispersion modelling and field inspection (RANZATO et al., 2012; DENTONI et al., 2013; EUSEBIO et al., 2013).

With regards to these problems, environmental legislation evolved in 2014. SEMA Resolution 016/2014 (which superseded Resolution 054/2006; PARANÁ, 2014) eliminated the provisions of the OER and the minimum efficiency requirements for odour removal. However, the new regulation does not set any specific criteria for odour emissions and the evaluation of odour impacts. In the case of existing facilities, activities generating odoriferous substances, such as rendering plants, should follow good practices in odour minimisation. When the adoption of good practices is not enough to minimise odours, the environmental agency then will require the installation of systems and/or equipment for odour capture and elimination and the monitoring of the odour plume (if it reaches residential areas). This suggests that environmental legislation is moving in the right direction. Indeed, the determination of the extent of detectable and recognisable odours in the field is the subject of a new standard that is one step closer to standardisation in Europe. The new European standard EN-16841 will describe two methods to determine odour in ambient air using field inspection: the grid method (part 1) and the plume method (part 2; GUILLOT et al., 2012). The dynamic plume method (CEN, 2015) has broad applicability in Brazil due to the characteristics of the country (continental size and reduced number of olfactometry laboratories) and its low cost compared to other methods (VIEIRA et al., 2015). Finally, there is an urgent need for the establishment of a legal and regulatory framework for odours in Brazil, including a permitting system with industry-specific odour compliance criteria.

3.4 CONCLUSIONS

Odour emissions from a meat-rendering plant located in southern Brazil were evaluated using a pragmatic approach through dynamic dilution olfactometry. The OER was estimated to be equal to $8{,}82 \times 10^8$ $ou_E\ h^{-1}$, with an odour removal efficiency of 65%. As a result, the

rendering facility did not meet the compliance criteria established by SEMA Resolution 054/2006 (i.e. OER equal to or less than 5×10^6 OU h^{-1} or odour removal efficiency of at least 85%). Several technologies are available, and some clues have been provided on how to enhance the plant's treatment system. Characterisation of the waste gas in order to determine the odour-responsible compounds can be a great starting point. Moreover, in-depth studies of some process parameters (e.g. pH and moisture content) are required to improve biofilter-operating conditions and achieve higher odour removal efficiencies. With respect to regulatory requirements, we have emphasised that even an odour abatement efficiency of 85% would not protect neighbouring residents from odour nuisance. Dispersion modelling of odour emissions and direct assessment of odour in the field (e.g. plume measurements) would allow the assessment of the environmental impact of the odour emissions from the rendering plant on the community. This would provide site operators with tools for decision-making, especially for prioritising investments and choosing the best cost-effective control technologies to minimise odour impacts to an 'acceptable level', thus ensuring a certain degree of comfort and protection for the surrounding communities.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CAPES (The Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education) and CNPq (The Brazilian National Council for Scientific and Technological Development) for the doctoral grant to M. Vieira.

REFERENCES

ABNT (BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS). **NBR 10701**: determination of sampling points in ducts and chimneys from stationary sources—procedure. ABNT, Rio de Janeiro, 1989 (in Portuguese).

ANET, B.; LEMASLE, M.; COURIOL, C.; LENDORMI, T.; AMRANE, A.; LE CLOIREC, P.; COGNY, G.; FILLIÈRES, Characterization of gaseous odorous emissions from a rendering plant by GC/MS and treatment by biofiltration. **J. Environ. Manage.**, v. 128, p. 981–987, 2013.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS). **ASTM E679-04**: standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits. ASTM, West Conshohocken, 2011.

AUTERSKÁ, P.; KEDER, J. Assessment of odorant emission rate from biofilters. **Chem. Eng. Trans.**, v. 15, p. 23–28, 2008.

BEGHI, S. P.; SANTOS, J. M.; REIS JR., N. C.; DE SÁ, L. M.; GOULART, E. V.; DE ABREU COSTA, E. Impact assessment of odours emitted by a wastewater treatment plant. **Water Sci. Technol.**, v. 66, n. 10, p. 2223–2228, 2012.

BELLI FILHO, P.; COSTA, R.H.R.; GONÇALVES, R.F.; COURACCI FILHO, B.; DE MELO LISBOA, H. Odour treatment at sewage treatment works. In: CHERNICHARO, C.A.L. (Ed.), **Post-treatment of effluents from anaerobic reactors**. FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, p. 455–490, 2001 (in Portuguese).

BETHEA, R. M.; MURTHY, B. N.; CAREY, D. F. Odor controls for rendering plants. **Environ. Sci. Technol.**, v. 7, n. 6, p. 504–510, 1973.

BOCKREIS, A.; STEINBERG, I. Measurement of odour with focus on sampling techniques. **Waste Manag.**, New York, v. 25, n. 9, p. 859–863, 2005.

BUCK, L.B. Unraveling the sense of smell (Nobel lecture). **Angew Chem. Int. Ed. Engl.**, v. 44, n. 38, p. 6128–6140, 2005.

BURGESS, J. E.; PARSONS, S. A.; STUETZ, R. M. Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: a review. **Biotechnol Adv.**, v. 19, n. 1, p. 35–63, 2001.

BUSHDID, C.; MAGNASCO, M. O.; VOSSHALL, L. B.; KELLER, A. Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. **Science**, v. 343, n. 6177, p. 1370–1372, 2014.

CAPELLI, L.; SIRONI, S.; DEL ROSSO, R. Odor sampling: Techniques and strategies for the estimation of odor emission rates from different source types. **Sensors (Basel)** 13(1):938–955, 2013.

CARMO JR. G. N. R.; BELLI FILHO, P.; DE MELO LISBOA, H.; SCHIRMER, W. N.; LACEY, M. E. Q. Odor assessment tools and odor emissions in industrial processes. **Acta Sci-Technol.**, v. 32, n. 3, p. 287–293, 2010.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION). **EN 13725**: Air quality—determination of odour concentration by dynamic olfactometry. CEN: Brussels, 2003.

CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION). **prEN 16841-2**: Ambient air—determination of odour in ambient air by using field inspection—part 2: plume method. CEN: Brussels, 2015.

CHEN, L.; HOFF, S.J. Mitigating odors from agricultural facilities: a review of literature concerning biofilters. **Appl Eng. Agric.**, v. 25, n. 5, p. 751–766, 2009.

DE MELO LISBOA, H.; SIVRET, E.; STUETZ, R. M. Odour regulations—experiences from Australia. **Chem. Eng. Trans.**, v. 40, p. 181–186, 2014.

DEFOER, N.; DE BO, I.; VAN LANGENHOVE, H.; DEWULF, J.; VAN ELST, T. Gas chromatography–mass spectrometry as a tool for estimating odour concentrations of biofilter effluents at aerobic composting and rendering plants. **J. Chromatogr. A.**, v. 970, n. 1–2, p. 259–273, 2002.

DENTONI, L.; CAPELLI, L.; SIRONI, S.; GUILLOT, J.M.; ROSSI, A. N. Comparison of different approaches for odour impact assessment:

dispersion modelling (CALPUFF) vs field inspection (CEN/TC 264). **Water Sci. Technol.**, v. 68, n. 8, p. 1731–1738, 2013.

DEVINNY, J.S.; DESHUSSES, M.A.; WEBSTER, T.S. **Biofiltration for air pollution control**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

DRAVNIEKS, A.; MASURAT, T.; LAMM, R.A. Hedonics of odors and odor descriptors. **J. Air Pollut. Control. Assoc.**, v. 34, n. 7, p. 752–755, 1984.

UK ENVIRONMENTAL AGENCY. Horizontal guidance for odour part 1—regulation and permitting. **Technical Guidance Note IPPC H4.** Bristol: Environment Agency, 2002.

EUSEBIO, L.; DENTONI, L.; CAPELLI, L.; SIRONI, S.; ROSSI, A.N.; BONATI, S. Odour impact assessment in the field: the plume method. **Environ Eng. Manag J.**, v. 12, supl. S11, p. 193–196, 2013.

FRECHEN, F.B. Regulations and policies. In: STUETZ, R; FRECHEN, F.B. (Eds). **Odour in wastewater treatment**: measurement, modelling and control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 2, p. 16–30.

FREEMAN, T; CUDMORE, R. Review of odour management in New Zealand. **Air Quality Technical Report No. 24**. Ministry for the Environment, Wellington, 2002.

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

GUILLOT, J.-M.; BILSEN, I.; BOTH, R.; HANGARTNER M.; KOST, W. J.; KUNZ, W.; NICOLAS, J.; OXBOL, A.; SECANELLA, J.; VAN BELOIS, H.; VAN ELST, T.; VAN HARREVELD, T.; MILAN, B. The future European standard to determine odour in ambient air by using field inspection. **Water Sci. Technol.**, v. 66, n. 8, p. 1691–1698, 2012.

HENSHAW, P.; NICELL J.; SIKDAR A. Parameters for the assessment of odour impacts on communities. **Atmos. Environ.**, 40, n. 6, p. 1016–1029, 2006.

HONG, J.H.; PARK, K.J. Wood chip biofilter performance of ammonia gas from composting manure. **Compost Sci. Util.**, v. 12, n. 1, p. 25–30, 2004.

HOOIVELD, M.; VAN DIJK, C. E.; VAN DER SMAN-DE, B. F.; SMIT, L. A. M.; VOGELAAR, M.; WOUTERS, I. M.; HEEDERIK, D. J.; YZERMANS, C. J. Odour annoyance in the neighbourhood of livestock farming—perceived health and health care seeking behaviour. **Ann. Agric. Environ. Med.**, v. 22, n. 1, p. 55–61, 2015.

HORTON, R.A.; WING, S., MARSHALL, S.W.; BROWNLEY, K.A. Malodor as a trigger of stress and negative mood in neighbors of industrial hog operations. **American Journal of Public Health**, v. 99, supl. S3, p. S610–S615, 2009.

HOVE, N. C. Y; VAN LANGENHOVE, H.; VAN WEYENBERG, S.; DEMEYER, P. Comparative odour measurements according to EN 13725 using pig house odour and n-butanol reference gas. **Biosyst. Eng.**, v. 143, p. 119–127, 2016.

ISO 10780:1994: Stationary source emissions—Measurement of velocity and volume flow rate of gas streams in ducts. **International Organization for Standardisation**, Geneva, 2011.

KHAN, F. I.; GHOSHAL, A. K. Removal of volatile organic compounds from polluted air. **J. Loss Prevent. Proc.**, v. 13, n. 6, p. 527–545, 2000.

LEYRIS, C.; MAUPETIT, F.; GUILLOT, J.M.; POURTIER, L.; FANLO, J.L. Laboratory study of odour emissions from areal sources: evaluation of a sampling system. **Analusis**, v. 28, n. 3, p. 199–206, 2000.

LORIATO, A. G.; SALVADOR, N.; SANTOS, J. M.; MOREIRA, D. M.; REIS JR., N. C. Odour—a vision on the existing regulation. **Chem. Eng. Trans.**, v. 30, p. 25–30, 2012.

LUO, J.; LINDSEY, S. The use of pine bark and natural zeolite as biofilter media to remove animal rendering process odours. **Bioresour. Technol.**, v. 97, n. 13, p. 1461–1469, 2006.

MCGINLEY, C. M. Enforceable permit odor limits. In: ENVIRONMENTAL PERMITTING SYMPOSIUM II, Chicago, IL, 14–

16 November 2000. **Proceedings...** Pittsburgh: Air and Waste Management Association, 2000.

MCGINLEY, C.M.; MAHIN, T.D.; POPE, R.J. Elements of successful odor/odour laws. In: WEF SPECIALTY CONFERENCE ON ODORS AND VOC EMISSIONS, Cincinnati, OH, 16–19 April 2000. **Proceedings...** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY, C.M.; MCGINLEY, M.A. Odor testing biosolids for decision-making. In: WEF RESIDUALS AND BIOSOLIDS MANAGEMENT CONFERENCE, Austin, TX, 3–6 March 2002, **Proceedings...** Alexandria: Water Environment Federation, 2002.

MEEKER, D; HAMILTON, C. An overview of the rendering industry. In: MEEKER, D. L. (Ed.). **Essentials of rendering:** all about the animal by-product industry. Arlington: National Renderers Association, 2006. p. 1–16.

MIRANDA, Gilson R.; DE MELO LISBOA, Henrique; BAZZO, Edson; VIEIRA, Magnun M.; MAIA, Gilson N. Evaluation of carbonyl compounds and odorants concentration in exhaust of diesel engine fueled with fuel formulations. **SAE Technical Papers**, 2014. Paper No. 2014-36-0479 (in Portuguese).

MUDLIAR, S.; GIRI, B.; PADOLEY, K.; SATPUTE, D; DIXIT, R.; BHATT, P.; PANDEY, R.; JUWARKAR, A., VAIDYA, A. Bioreactors for treatment of VOCs and odours—a review. **J. Environ. Manage.**, v. 91, n. 5, p. 1039–1054, 2010.

NI, J. Q.; ROBARGE, W. P.; XIAO, C.; HEBER, A. J. Volatile organic compounds at swine facilities: a critical review. **Chemosphere**, v. 89, n. 7, p. 769–788, 2012.

NICELL, J. A. Assessment and regulation of odours impacts. **Atmos. Environ.**, v. 43, n. 1, p. 196–206, 2009.

NICOLAI, R.; SCHMIDT, D. Biofilters. **Livestock development in South Dakota**: environment and health, South Dakota State University, 2005. (Fact sheet 925-C).

OLIVEIRA, M. J. N. Rendering plants—recovery of animal waste. Technical note on control technology. **NT 20.** São Paulo: CETESB, 1990 (in Portuguese).

PACHECO, J. W. **Environmental technical guide of rendering plants**. São Paulo: CETESB, 2006 (in Portuguese).

PARANÁ. **SEMA Resolution 054/2006**: establishes air quality standards and provides regulation of air emission discharges to ambient air. Secretariat of State for the Environment and Water Resources of Paraná, Curitiba, 2006 (in Portuguese).

PARANÁ. **SEMA Resolution 016/2014**: establishes air quality standards and provides regulation of air emission discharges to ambient air. Secretariat of State for the Environment and Water Resources of Paraná, Curitiba, 2014 (in Portuguese).

PRATA JR., A. A.; SANTOS, J. M.; BEGHI, S. P.; FERNANDES, I. F.; VOM MARTTENS, L. C.; PEREIRA NETO, L. I.; MARTINS, R. S.; REIS JR., N. C.; STUETZ R. M. Dynamic flux chamber measurements of hydrogen sulfide emission rate from a quiescent surface—a computational evaluation. **Chemosphere**, v. 146, p. 426–434, 2016.

RANZATO, Laura; BARAUSSE, Alberto; MANTOVANI, Alice; PITTARELLO, Alberto; BENZO, Maurizio; PALMERI. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570–579, 2012.

ROMAIN, A. C.; NICOLAS, J. Monitoring malodours in the environment with an electronic nose: requirements for the signal processing. In: GUTIÉRREZ, A.; MARCO, S. (Eds). **Biologically inspired signal processing for chemical sensing**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. p. 121–135. (Series studies in computational intelligence, 188).

RWDI AIR INC. **Enforcement/Role of Regulation Task Group.** Final report to the Clean Air Strategic Alliance Odour Management Team, Alberta, 2015.

SCHIFFMAN, S. S.; SATTELY-MILLER, E. A.; SUGGS, M. S.; GRAHAM, B. G. The effect of environmental odors emanating from commercial swine operations on the mood of nearby residents. **Brain Res. Bull.**, v. 37, n. 4, p. 369–375, 1995.

SCHIFFMAN, S. S.; WALKER, J. M.; DALTON, P; LORIG, T. S.; RAYMER, J. H.; SHUSTERMAN, D.; WILLIAMS, C. M. Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. **J. Agromedicine**, v. 7, n. 1, p. 7–81, 2000.

SCHIRMER, W. N.; OTTAVIANO, L. M.; GOMES, S.; VIEIRA, M. M. Evaluation of treated sewage deodorization in root-zone wetlands through dynamic olfactometry. **J. Urban. Environ. Eng.**, v. 6, n. 2, p. 113–122, 2012.

SHERIDAN, B.; CURRAN, T.; DODD, V.; COLLIGAN, J. Biofiltration of odour and ammonia from a pig unit—a pilot-scale study. **Biosyst. Eng.**, v. 82, n. 4, p. 441–453, 2002.

SIRONI, S.; CAPELLI, L.; CÉNTOLA, P.; DEL ROSSO, R.; IL GRANDE, M. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian rendering plants odour impact. **Chem. Eng. J.**, v. 131, n. 1–3, p. 225–231, 2007.

SUCKER, K.; BOTH, R.; BISCHOFF, M.; GUSKI, R.; KRÄMER, U.; WINNEKE, G. Odor frequency and odor annoyance part II: dose–response associations and their modification by hedonic tone. **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, v. 81, n. 6, p. 683–694, 2008.

SUCKER, K. BOTH, R.; WINNEKE, G. Review of adverse health effects of odours in field studies. **Water Sci. Technol.**, v. 59, n. 7, p. 1281–1289, 2009.

TURK, A.; LIPTÁK, B. G.; DURDEN, W. P. Odor detection. In: LIPTÁK, B. G. (Ed.). **Instrument engineers' handbook**, 4th edn. Vol. 1: process measurement and analysis. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 1480–1485, 2003.

VAN LANGENHOVE, H. R.; VAN WASSENHOVE, F. A.; COPPIN, J. K.; VAN ACKER, M. R.; SCHAMP, N. M. Gas chromatography/mass

spectrometry identification of organic volatiles contributing to rendering odors. **Environ Sci. Technol.**, v. 16, n. 12, p. 883–886, 1982.

VDI (ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS). **VDI 3477:2004-11**: biological waste gas purification—biofilters. Beuth Verlag, Berlin, 2011a.

VDI (ASSOCIATION OF GERMAN ENGINEERS). **VDI 3880:2011**: olfactometry—static sampling. Beuth Verlag, Berlin, 2011b.

VIEIRA, Magnun M. **An approach of legal procedures for odour-nuisance control** (Master's thesis), Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 195 p. (in Portuguese).

VIEIRA, Magnun M.; MANDU, Julio B.; DE MELO LISBOA, Henrique. Application of the AERMOD dispersion model in the odorant emission assessment of a rendering industry. In: IWA CONFERENCE ON ODOURS AND VOCS, 4., 7–21 October 2011, Vitória. **Proceedings...** London: International Water Association, 2011.

VIEIRA, M. M.; GUILLOT, J.-M.; BELLI FILHO, P.; ROMAIN, A.-C.; ADAM, G.; DELVA, J.; BARON, M.; VAN ELST, T. Applicability of field olfactometry to improve the plume method: potentialities and limitations. In: IWA CONFERENCE ON ODOURS AND AIR EMISSIONS, 6., 16–18 November 2015, Paris. **Proceedings...** London: International Water Association, 2015.

YAN, L.; LIU, J.; WANG, G.; WU, C. An odor interaction model of binary odorant mixtures by a partial differential equation method. **Sensors (Basel)**, v. 14, n. 7, p. 12256–12270, 2014.

ZARRA, T.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V.; REISER, M.; KRANERT, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. **Water Sci. Technol.**, v. 58, n. 1, p. 89–94, 2008.

ZARRA, T.; GIULIANI, S.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V. Optimization of field inspection method for odour impact assessment. **Chem. Eng. Trans.**, v. 23, p. 93–98, 2010.

CAPÍTULO 4

Can we combine field olfactometry and plume method measurements?[2]

[2] This work was honoured with the Best Poster Award at the 7th IWA Conference on Odours and Air Emissions, held in Warsaw, Poland, from 25th to 27th September 2017. See Appendix A and Annex B.

SUMMARY

Sniffing team campaigns were conducted in Flanders (northern Belgium) to evaluate the applicability of field olfactometry to improve the plume method. Field measurements were conducted around five different industrial sites, under neutral or slightly unstable weather conditions. Results show some limitations and possible applications of in-field odour-measuring devices to enhance the method by supplementing bare nose sniff testing observations.

Keywords: odour impact assessment; plume measurement; field olfactometer.

4.1 INTRODUCTION

Odour sampling and dispersion modelling is a widely used approach for odour impact assessment and regulation worldwide. However, this approach may not be appropriate or cost-effective in certain situations, especially when diffuse and discontinuous odour sources are involved. In such cases, field inspection is an interesting and promising approach that is one step closer to standardisation in Europe. The new European standard EN-16841 will describe two methods to determine odour in ambient air using field inspection: the grid method (Part 1) and the plume method (Part 2) (Guillot et al., 2012). The dynamic plume method, described in the EN 16841-2, is partially based on a methodology developed by Ghent University in the late 1980s. Thus, it brings together more than 20 years' experience with the method in Belgium (MOORTGAT et al., 1992; VAN LANGENHOVE; VAN BROECK, 2001; NICOLAS et al., 2006; VAN ELST; DELVA, 2016). This approach is the basis of the Flemish odour policy. The method has broad applicability in Brazil due to the country's characteristics (continental size and reduced number of olfactometry laboratories) and its low cost compared to other methods. This study aims to evaluate the applicability of field olfactometry to improve the plume method by supplementing bare-nose sniff-testing observations.

4.2 MATERIAL AND METHODS

Sniffing team campaigns were conducted in Flanders according to the methodology described by Bilsen et al. (2008). Field measurements were conducted by two qualified panel members around five different industrial sites under neutral or slightly unstable weather conditions. The duration of the sniffing field inspection varied from 35 to 55 min. Two commercially available field olfactometers – the Nasal Ranger® (St. Croix Sensory, Inc., USA) and the Scentroid SM110 (IDES Canada Inc., Canada) – were assessed for their application in supplementing bare-nose sniff-testing observations. At each point of observation where odour was perceived by the straightforward sniff test (YES/NO), odour strength was additionally assessed with the field olfactometers.

4.3 RESULTS AND CONCLUSIONS

The response time was shown to be a critical aspect in the field olfactometry, especially at plume boundaries and far away from the odour

sources (intermittent odour). Moreover, panelist fatigue (Nasal Ranger®) and high consumption of odour-free diluting gas (Scentroid SM110) make it difficult to use such in-field odour-measuring devices to determine different odour-intensity levels within the odour plume. Nevertheless, near the odour sources (relatively constant odour and steady conditions), measurements could be easily performed and odour strength assessed with field olfactometers. An overview of the results is shown in Table 4.1.

Table 4.1 – Synthesis of field measurement results with and without field olfactometers.

Application to	Nose alone	Nasal Ranger®	Scentroid SM110
Determine odour strength:			
• for plotting isopleths of odour concentration within the odour plume	+	–	–
• at specific locations near the odour sources	+	+++	+++
Help in the validation of dispersion-modelling results	+	++	+++
Determine plume boundaries and maximum distance of odour perception	+++	–	–

Source: Vieira et al. (2017).

Based on the sniffing-team measurements, field olfactometry seems not to be suitable in a general manner for plotting isopleths of ground-level odour concentration within the odour plume. However, it may provide useful information to validate dispersion-modelling results (assisting in the back calculation of odour emission rates from sniffing measurements) by quantifying odour strength at specific locations near the odour sources. Furthermore, the direct assessment of odours in ambient air with the nose alone remains a practical and effective approach to determine plume boundaries and maximum distance of odour perception.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CAPES (the Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education) and CNPq (the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development) for the doctoral grant to M. Vieira.

RESUMO EXPANDIDO EM PORTUGUÊS

INTRODUÇÃO

A amostragem e modelagem de dispersão de odor é uma abordagem amplamente utilizada para avaliação e regulação de impacto odorante em todo o mundo. No entanto, esta abordagem pode não ser apropriada ou economicamente viável em certas situações, especialmente quando fontes de odor difusas e descontínuas estão envolvidas. Nestes casos, inspeções de campo são uma abordagem interessante e promissora que estão a um passo de serem padronizadas na Europa. A nova norma europeia EN-16841 descreverá dois métodos para determinação de odores no ar ambiente utilizando inspeções de campo: o método da grade (Parte 1) e o método da pluma (Parte 2) (GUILLOT et al., 2012). O método da pluma dinâmico, descrito na EN 16841-2, é baseado em uma metodologia desenvolvida pela Universidade de Gante no final da década de 1980. Dessa forma, reúne mais de 20 anos de experiência com o método na Bélgica (MOORTGAT et al., 1992; VAN LANGENHOVE; VAN BROECK, 2001; NICOLAS et al., 2006; VAN ELST; DELVA, 2016). Esta abordagem é a base da política de odor flamenga. O método tem ampla aplicabilidade no Brasil devido às características do país (tamanho continental e número reduzido de laboratórios de olfatometria) e seu baixo custo comparado a outros métodos. Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade de olfatômetros portáteis para aprimorar o método da pluma, complementando observações de odor realizadas apenas com o nariz humano.

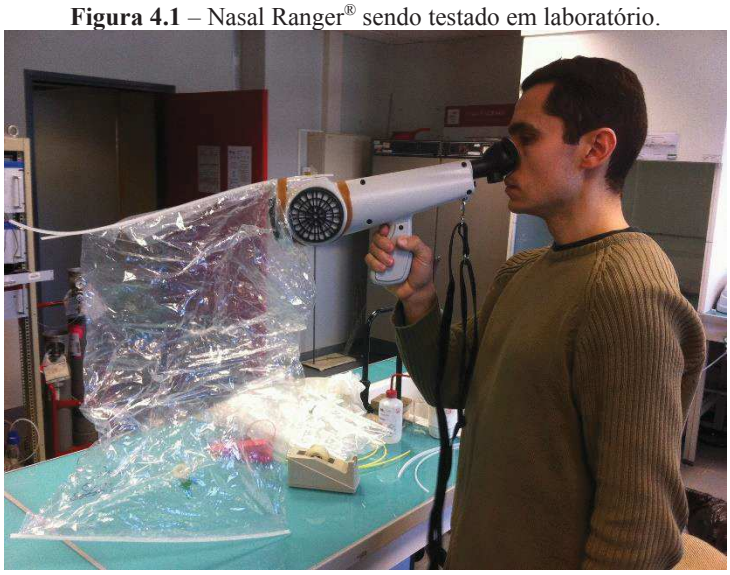
MATERIAIS E MÉTODOS

Ensaios preliminares

Com o objetivo de avaliar o funcionamento de um olfatômetro portátil do tipo Nasal Ranger®, foram realizados ensaios preliminares em laboratório e em campo. Primeiramente, foi testada uma adaptação desse aparelho, através de uma conexão com um saco de Nalophan™, para determinação da concentração de odor de amostras de fraca intensidade odorante (Figura 4.1). A fim de avaliar o funcionamento do equipamento em campo, onde as condições de medição são mais variáveis (e.g. velocidade e direção do vento), um ensaio foi realizado em uma instalação industrial situada nas proximidades de Alès (França) durante operações

de revolvimento de pilhas de compostagem (i.e., com liberação de compostos odoríferos na atmosfera; Figura 4.2).

Figura 4.1 – Nasal Ranger® sendo testado em laboratório.



Fonte: O Autor.

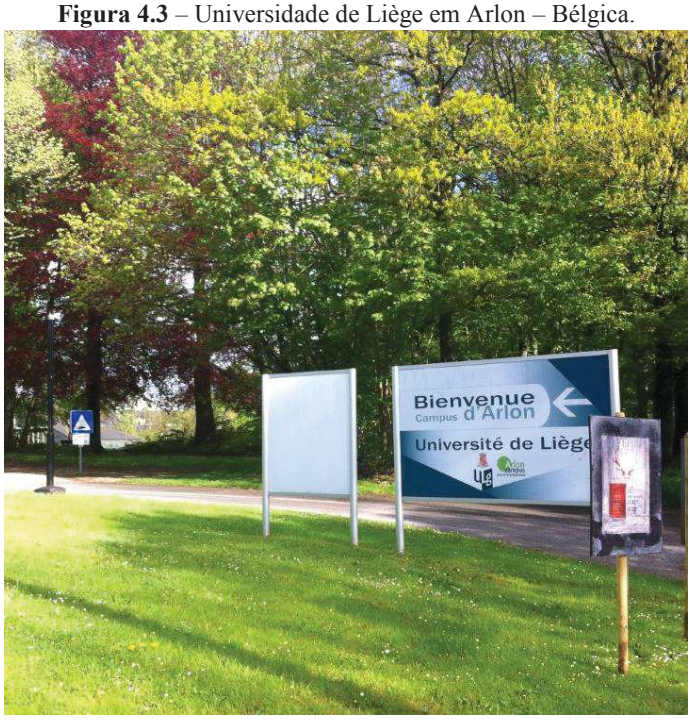
Figura 4.2 – Nasal Ranger® sendo testado em campo.

Fonte: O Autor.

Pesquisa de campo – Bélgica

A pesquisa de campo teve início no dia 02/05/2015, com a saída do doutorando de Alès a partir do aeroporto de Nîmes-Garons em direção a Charleroi (Bélgica). De Charleroi, foi efetuado um deslocamento por via terrestre até Arlon, próximo à fronteira com o Luxemburgo. Em Arlon, foi realizada uma formação (utilização do aparelho Scentroid SM110) junto à equipe do laboratório *Sensing of Atmosphere and Monitoring* da Université de Liège (Figura 4.3).

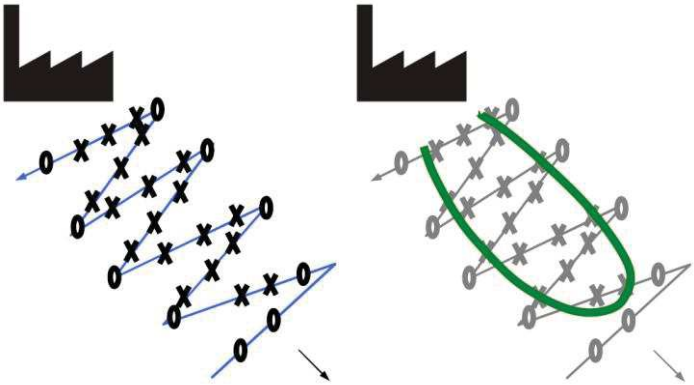
Figura 4.3 – Universidade de Liège em Arlon – Bélgica.



Fonte: O Autor.

A formação laboratorial foi complementada por um trabalho de campo (aplicação do chamado "Método da Pluma"), junto à equipe da empresa Odometric, em um aterro sanitário situado nas proximidades da fronteira franco-belga. Em seguida, o doutorando foi acolhido na empresa Olfascan, sediada em Gante na região de Flandres (Norte da Bélgica). Com a equipe da Olfascan, foram realizadas medições de odor de acordo com a metodologia descrita por Bilsen et al. (2008) – Figura 4.4.

Figura 4.4 – Princípio do método da pluma (dinâmico).



Movimento em zigue-zague; cruzando a pluma.
X = Clara percepção e reconhecimento do odor da fonte.
O = Nenhum odor da fonte detectável/reconhecível.

Fonte: Adaptado de Bilsen et al. (2008).

A seguir são apresentadas as condições de aplicação do método:

- Velocidade do vento 2–8 $m.s^{-1}$
- Estabilidade atmosférica neutra ou estável
- Temperatura ambiente > 5 ºC
- Sem chuva/neve/neblina
- Variação na direção do vento < 15º
- Seleção do painel conforme EN 13725; formação em campo é necessária (o odor deve ser distinguido do odor de fundo).

As medições de campo foram realizadas por dois painelistas qualificados em torno de cinco instalações industriais, em condições atmosféricas neutras ou ligeiramente instáveis. A duração das inspeções de odor variou de 35 a 55 min. Dois olfatômetros portáteis disponíveis comercialmente – o Nasal Ranger® (St. Croix Sensory, Inc., EUA) e o Scentroid SM110 (IDES Canada Inc., Canadá) – foram avaliados quanto à sua aplicação para complementar observações de odor realizadas apenas com o nariz humano – figuras 4.5 e 4.6.

Figura 4.5 – Medição de odor utilizando o Nasal Ranger® Field Olfactometer.

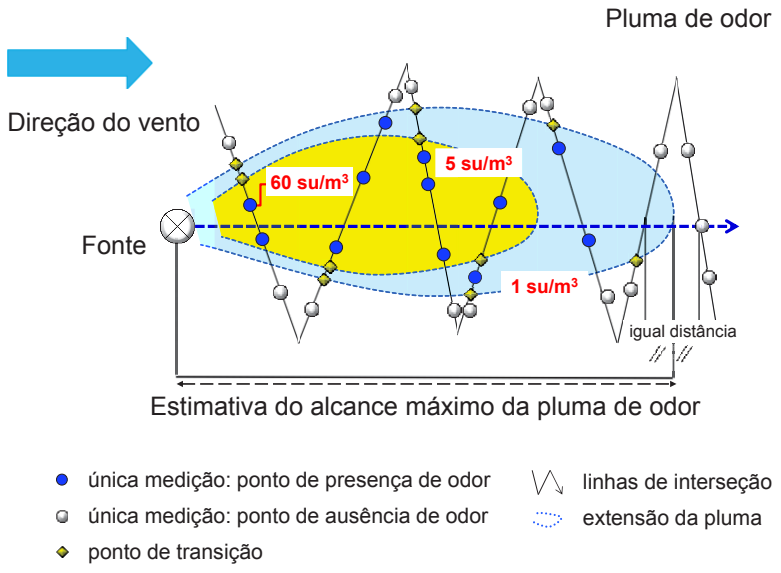
Source: Vieira et al. (2015, 2017).

Figura 4.6 – Medição de odor utilizando o Scentroid SM110 Field Olfactometer.

Source: Vieira et al. (2015, 2017).

A fim de avaliar a aplicabilidade dos aparelhos para a definição dos contornos de uma pluma odorante no ambiente, em cada ponto de observação onde o odor foi percebido pelo teste direto de cheiro (SIM/NÃO), a intensidade do odor foi adicionalmente avaliada com os olfatômetros de campo. O objetivo principal foi verificar a possibilidade de definir isolinhas de concentração mais elevadas no interior da pluma de odor, visando aprimorar o chamado "método da pluma". A Figura 4.7 representa esquematicamente as melhorias almejadas na medição da pluma de odor.

Figura 4.7 – Representação esquemática das melhorias almejadas na medição da pluma de odor.



Fonte: Adaptado de Vieira et al. (2015, 2017).

Na Figura 4.7 é possível observar os limites da pluma (1 su.m^{-3})[3] e uma isopleta de concentração de odor mais alta (5 su.m^{-3}) no interior da pluma de odor. Um ponto de medição com uma concentração mais elevada (60 su.m^{-3}) é mostrado próximo a fonte emissora.

[3] su = *Sniffing unit* (do inglês); na prática, 1 su = 1 UO (apenas distinção entre medições de laboratório e de campo).

A Figura 4.8 apresenta geograficamente os locais de medição de odor na região de Flandres: (1) fábrica de processamento de batatas, na cidade de Ranst; (2) indústria de abate e processamento de carne de aves, na cidade de Maasmechelen, próximo à fronteira com a Holanda; (3) fábrica de painéis de madeira (MDF, OSB e aglomerados), em Genk; (4) fábrica de processamento de subprodutos animais – incluindo uma estação de tratamento de esgotos – em Denderleeuw; (5) abatedouro em Zottegem, na província de Flandres Oriental.

Figura 4.8 – Localização dos locais de medição de odor na região de Flandres – Bélgica.

Fonte: O Autor[4].

[4] Direitos autorais da imagem de fundo: tupungato / 123RF Imagens.

REFERENCES

BILSEN, I.; DE FRÉ, R; BOSMANS, S. **Code van Goede Praktijk: Bepalen van de geurverspreiding door middel van snuffelploegmetingen** (Code of Good Practice: Determination of the odour dispersion by means of sniffing team measurements). Mol: VITO, 2008 (em holandês).

GUILLOT, J.-M.; BILSEN, I.; BOTH, R.; HANGARTNER, M.; KOST, W. J.; KUNZ, W.; NICOLAS, J.; OXBOL, A.; SECANELLA, J.; VAN BELOIS, H.; VAN ELST, T.; VAN HARREVELD, T.; MILAN, B. The future European standard to determine odour in ambient air by using field inspection. **Water Sci. and Technol.**, v. 66, n. 8, p. 1691–1698, 2012.

MOORTGAT, M.; SCHAMP, N.; VAN LANGENHOVE, H. Assessment of odour nuisance problems in Flanders: a practical approach. In: DRAGT, A. J.; VAN HAM, J. (Eds). **Biotechniques for Air Pollution Abatement and Odour Control Policies.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1992. p. 447–452. (Studies in Environmental Science, 51).

NICOLAS, J.; CRAFFE, F.; ROMAIN, A.-C. Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. **Waste Manag.**, New York, v. 26, n. 11, p. 1259–1269, 2006.

VAN ELST, T.; DELVA, J. The European Standard prEN 16841-2 (Determination of odour in ambient air by using field inspection: Plume method): a review of 20 years' experience with the method in Belgium. **Chem. Eng. Trans.**, v. 54, p. 175–180, 2016.

VAN LANGENHOVE, H.; VAN BROECK, G. Applicability of sniffing team observations: experience of field measurements. **Water Sci. Technol.**, v. 44, n. 9, p. 65–70, 2001.

VIEIRA, M. M.; GUILLOT, J.-M.; BELLI FILHO, P.; ROMAIN, A.-C.; ADAM, G.; DELVA, J.; BARON, M.; VAN ELST, T. Applicability of field olfactometry to improve the plume method: potentialities and limitations. In: IWA CONFERENCE ON ODOURS AND AIR EMISSIONS, 6., 16–18 November 2015, Paris. **Proceedings...** London: International Water Association, 2015.

VIEIRA, M. M.; GUILLOT, J.-M.; BELLI FILHO, P.; ROMAIN, A.-C.; ADAM, G.; DELVA, J.; BARON, M.; VAN ELST, T. Can we combine field olfactometry and plume method measurements?. In: IWA CONFERENCE ON ODOURS AND AIR EMISSIONS, 7., 25–27 September 2017, Warsaw. **Proceedings...** London: International Water Association, 2017.

CAPÍTULO 5

Rumo a um quadro legal e regulamentar eficaz para os odores no Brasil[5]

[5] *Towards an effective legal and regulatory framework for odours in Brazil; Vers un cadre légal et réglementaire efficace pour les odeurs au Brésil* (título en inglês e francês, respectivamente).

RESUMO

A poluição odorante é uma área difícil e com alto potencial de conflitos. Uma série de processos neurológicos e sensoriais leva a uma forte componente subjetiva no desenvolvimento da percepção odorante, o que dificulta uma análise puramente técnica. Por essa razão, a eliminação de incômodos olfativos não é uma tarefa fácil. Entretanto, décadas de estudos levaram a avanços no campo da olfatometria e ao desenvolvimento de metodologias padronizadas de medição e avaliação de impacto odorante. Com isso, diversos países implementaram mecanismos de regulação para prevenir ou mitigar esses impactos. No Brasil, as abordagens estabelecidas pelas legislações em vigor não satisfazem os requisitos de controle e monitoramento de emissões odorantes de forma a assegurar a saúde e o bem-estar da população. Nesse contexto, uma pesquisa bibliográfica e documental foi realizada visando levantar informações que poderão auxiliar as autoridades brasileiras no desenvolvimento de soluções adaptadas, com base em experiências e práticas empregadas internacionalmente. São descritas as abordagens adotadas por alguns países, incluindo: Holanda, Reino Unido, Alemanha, França, EUA, Canadá, Nova Zelândia, Austrália, Israel, Lituânia e Itália. O estudo teve como foco principal o padrão máximo de impacto (i.e., critério de impacto de odor), por ser este um elemento-chave no estabelecimento de uma boa política de controle de incômodos olfativos. Diferentes critérios de conformidade são discutidos e recomendados, com base em uma abordagem regulatória que prevê a adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e o estabelecimento de Padrões de Distâncias Mínimas (PDM), Padrões Máximos de Emissão (PME), Padrões Máximos de Impacto (PMIm) e Padrões Máximos de Incômodo (PMIn; VIEIRA, 2013). Espera-se, que essa pesquisa possa promover discussões sobre gestão e regulação de odores no Brasil e corroborar para o desenvolvimento do quadro legal e regulamentar em vigor, a fim de assegurar um nível mínimo de conforto e proteção à população exposta a esse tipo de poluição.

Palavras-chave: Odores. Regulação de emissões odorantes. Incômodos olfativos. Políticas públicas. Brasil.

ABSTRACT

Odour pollution is a hot topic with high potential for conflict. A series of neurological and sensory processes leads to a strong subjectivity in the development of odour perception, which hampers a purely technical analysis. For this reason, the elimination of odour nuisances is not an easy task. However, decades of studies have led to advances in the field of olfactometry and the development of standardised methodologies for odour measurement and odour impact assessment. With this, several countries have implemented regulation mechanisms to prevent or mitigate these impacts. In Brazil, the approaches established by current legislation do not meet the requirements of odour control and monitoring to ensure the health and well-being of citizens. In this context, bibliographical and documentary research were conducted to provide information that may assist Brazilian authorities in developing tailored solutions by reference to experience and practices that have been employed internationally. We describe the approaches adopted by some countries, including the Netherlands, the United Kingdom, Republic of Ireland, Germany, France, USA, Canada, New Zealand, Australia, Israel, Lithuania and Italy. Special attention has been paid to the odour impact criteria, as it is a key element for establishing a good odour-control nuisance policy. Different odour compliance criteria are discussed and recommended, based on a regulatory approach that provides for the adoption of the Best Available Techniques (BAT) and the establishment of Minimum Distance Standards (MDS), Maximum Emission Standards (MES), Maximum Impact Standards (MIS) and Maximum Annoyance Standards (MAS; VIEIRA, 2013). It is expected that this research will foster discussions on odour management and regulation in Brazil (involving citizens, government bodies, industry and academia) and may help support the development of the legal and regulatory framework in force, to ensure a minimum level of comfort and protection for the population exposed to this type of pollution.

Keywords: Odours. Odour regulation. Odour annoyance. Public policies. Brazil.

RÉSUMÉ

La pollution odorante est une matière difficile à fort potentiel de conflit. Un certain nombre de processus neurologiques et sensoriels entraîne une forte subjectivité dans le développement de la perception olfactive, ce qui empêche une analyse purement technique. Pour cette raison, l'élimination des nuisances olfactives n'est pas une tâche facile. Cependant, les avancées dans le domaine de l'olfactométrie obtenus au cours des décennies ont conduit au développement de méthodologies standardisées pour la mesure des odeurs et l'évaluation de l'impact odorante. Ainsi, plusieurs pays ont mis en place des mécanismes de régulation pour prévenir ou atténuer ces impacts. Au Brésil, les approches établies par la législation en vigueur ne répondent pas aux exigences de contrôle et de surveillance de manière à assurer la santé et le bien-être de la population. Dans ce contexte, une recherche bibliographique et documentaire a été mené afin de fournir des éléments qui pourront aider les autorités brésiliennes dans le développement de solutions adaptées en référence aux expériences et pratiques utilisées à l'échelle internationale. Ils sont décrites les approches adoptées par certains pays, notamment les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la République de l'Irlande, l'Allemagne, la France, les États-Unis, le Canada, la Nouvelle-Zélande, l'Australie, l'Israël, la Lituanie et l'Italie. Une attention particulière a été portée aux critères d'impact odeur, car il s'agit d'un élément clef pour l'établissement d'une bonne politique de contrôle de nuisances olfactives. Différents critères de conformité sont discutés et recommandés, sur la base d'une approche réglementaire qui prévoit l'adoption des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) et l'établissement de Normes de Distances Minimales (NDM), Normes Maximales d'Émission (NME), Normes Maximales d'Impact (NMI), Normes Maximales de Nuisance (NMN; VIEIRA, 2013). Il est prévu que cette recherche promeut des discussions sur la gestion et la réglementation des odeurs au Brésil (y compris les citoyens, le gouvernement, l'industrie et le milieu académique) et puisse aider à soutenir le développement des structures juridique et réglementaire en vigueur, afin d'assurer un niveau minimum de confort et de protection à la population exposée à ce type de pollution.

Mots-clefs : Odeurs. Réglementation en matière d'odeurs. Nuisances olfactives. Politiques publiques. Brésil.

5.1 INTRODUÇÃO

Incômodos causados por odores se tornaram um grande problema ambiental em todo o mundo e tem recebido cada vez mais atenção das autoridades brasileiras (VIEIRA et al., 2016). Os odores constituem a principal causa de queixas relacionadas a poluição do ar feitas a agências reguladoras e órgãos governamentais (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006; NICELL, 2009) e representam um problema social crescente em países industrializados (RANZATO et al., 2012), especialmente em áreas densamente povoadas (FRECHEN, 2001). No entanto, o odor é difícil de quantificar e pode ser difícil de ser regulado (RWDI AIR INC., 2015). Essa complexidade se deve principalmente à subjetividade da percepção olfativa, que depende de processos sensoriais e neurológicos. Assim, o controle de odor é uma tarefa desafiadora e muitos países e jurisdições ainda não possuem leis e regulamentações específicas.

Apesar dos problemas inerentes à complexidade relacionada à poluição odorante, legislações mais ou menos objetivas que abordam problemas de incômodos olfativos têm sido elaboradas. As primeiras regulamentações para odores começaram a ser desenvolvidas nos anos 70, na Europa, Austrália e Estados Unidos, acompanhando o aumento global de regulamentações na área ambiental (MCGINLEY; MCGINLEY, 2001). Os princípios da *Nuisance Law* são utilizados até hoje, principalmente em países com um sistema legislativo baseado no *Common Law*; VAN HARREVELD, 2003). Esse é o caso do Brasil e de outros países onde os odores ainda não são regulamentados. Entretanto, a sociedade exige cada vez mais transparência e uniformidade nas regulamentações ambientais com o objetivo de atingir um nível uniforme de risco e proteção para todos os cidadãos. Além disso, as indústrias requerem um conjunto de critérios de desempenho claros e previsíveis a fim avaliar programas de gestão ambiental, planejar investimentos e adotar uma postura proativa para enfrentar o problema (HENSHAW; NICELL; SIKDAR, 2006).

Antes que uma boa política de controle de incômodos olfativos possa ser desenvolvida, é necessário estabelecer critérios para definir conformidade. Isso nos leva à seguinte pergunta: a partir de que momento um odor se torna um incômodo e até que ponto um incômodo pode ser considerado "tolerável"? "Nenhum odor" (i.e., nenhum impacto) não seria uma resposta razoável, pois estações de tratamento de esgotos, abatedouros e fábricas de processamento de subprodutos de origem

animal sempre vão emitir algum odor. Da mesma forma, é praticamente impossível evitar emissões residuais, mesmo após efetivos processos de tratamento. "Nenhum incômodo" também não seria uma resposta razoável, pois nenhum país no mundo tem condições de para manter seus cidadãos livres até mesmo do menor incômodo (FRECHEN, 2001). Portanto, uma definição de incômodo deve ser estabelecida levando em conta os fatores FIDOL que afetam o impacto odorante e considerar o impacto econômico do controle do odor.

McGinley, Mahin e Pope (2000) utilizam a expressão "leis de odor" (do inglês, *odour laws*) para se referir aos diferentes tipos de instrumentos legais de regulação utilizados para abordar problemas de odor. Esses instrumentos podem possuir diferentes poderes de coação, sejam eles leis, diretrizes, portarias ou políticas voltadas ao controle de incômodos olfativos. Cabe ressaltar que uma "lei de odor" é eficaz se, e somente se, utilizar critérios para definir conformidade; os critérios não precisam ser necessariamente "objetivos". No entanto, metodologias padronizadas estão disponíveis, e dessa forma, podem ser incorporadas em "leis de odor" (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000).

5.2 ANTECEDENTES[6]

5.2.1 QUADRO REGULAMENTAR NACIONAL – BRASIL[7]

No Brasil, não há legislação federal que estabeleça limites aceitáveis de incômodo olfativo. Vieira (2013) estudou o quadro legar e regulamentar brasileiro e concluiu:

> O levantamento de legislações relacionadas à poluição do ar revelou que, de maneira geral, os requisitos para o controle de incômodos olfativos se baseiam essencialmente nas disposições gerais de incômodo do Direito Comum. Alguns estados brasileiros tentaram adicionar um pouco mais de objetividade estabelecendo limites de concentração para alguns compostos odorantes fora dos limites da propriedade da fonte emissora. Esse tipo de abordagem foi inicialmente estabelecido no estado de São Paulo, em 1976, e posteriormente adotada

[6] Esta tese de doutorado dá continuidade à pesquisa iniciada em 2010 por Vieira (2013), acerca da gestão e regulação de emissões odorantes no Brasil.
[7] Para mais informações, consultar o Apêndice B.

> por outros estados – Goiás (1979), Santa Catarina (1981) e Roraima (1997). Em 2007, uma regulamentação semelhante foi introduzida no município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. O estado do Paraná é o único no Brasil a estabelecer um padrão máximo de emissão de odor, em unidades de odor por metro cúbico ($UO.m^{-3}$), determinado por ODD. Além disso, uma série de instrumentos de regulação ambiental foram identificados. Porém, a aplicabilidade dessas disposições depende do estabelecimento de uma política de controle de incômodos olfativos que estabeleça metodologias e critérios objetivos de avaliação de impacto odorante.

Ainda segundo o autor:

> A legislação ambiental existente oferece certa base para abordar o problema através de alguns mecanismos regulação, como os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (e.g., zoneamento, licenciamento, estudo de impacto e padrões de qualidade ambiental), além de diretrizes e normas para o controle da poluição. No entanto, faltam metodologias e critérios objetivos para definir conformidade.

O Estado do Paraná é pioneiro no reconhecimento da olfatometria dinâmica (PARANÁ, 2002; 2006; 2014) como base para avaliação de emissores odorantes, estabelecendo um PME em $UO.h^{-1}$. Vieira (2013) apresenta um estudo de caso da aplicação da Resolução 054/2006 (PARANÁ, 2006) em uma instalação industrial com múltiplas fontes emissoras e concluiu:

> O estudo de caso da aplicação da Resolução SEMA nº 054/2006 revelou algumas deficiências dos critérios estabelecidos para o controle de incômodos olfativos, sobretudo, no caso de múltiplas fontes emissoras. Além disso, proporcionou uma discussão com relação às limitações intrínsecas à abordagem de PME, que não considera diversos fatores que afetam o transporte e a dispersão de poluentes na atmosfera, incluindo os odores. No entanto, deve-se reconhecer o pioneirismo da legislação paranaense ao introduzir a ODD como metodologia de

> medição objetiva da concentração odorante. Afinal, a determinação da taxa de emissão odorante é o ponto de partida para uma avaliação de impacto fidedigna, que estabeleça uma ligação entre as emissões de odor na fonte e os impactos sobre a comunidade, através da modelagem da dispersão atmosférica.

Em Santa Catarina, o Decreto nº 14.250/81 (SANTA CATARINA, 1981), revogado pela Lei nº 14.675 (SANTA CATARINA, 2009), que instituiu o novo Código Estadual do Meio Ambiente do Estado, proibia a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que pudessem ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. A constatação das emissões deveria ser realizada por agentes credenciados à FATMA (Fundação do Meio Ambiente) de Santa Catarina e baseada em uma lista de substâncias odoríferas, através da comparação de sua concentração no ar ambiente com seu LPO. Trata-se da abordagem introduzida no Estado de São Paulo em 1976 e posteriormente adotada pelos estados de Goiás (1979) e Roraima (1997). Vieira (2013) discute as limitações desta abordagem para fins regulatórios:

> Além de sinergismos e antagonismos envolvendo misturas de compostos odorantes, existem diversos problemas e limitações inerentes à medição de odores em ar ambiente. Por exemplo, a seleção/escolha do local e o tempo de duração das medições podem ser arbitrários (DRAVNIEKS; JARKE, 1980). Existem também problemas relacionados à medição de poluentes em baixas concentrações e à dificuldade de relacionar essas concentrações a uma fonte de emissão específica (CUSANO, et al., 2010), sobretudo, quando mais de uma fonte de odor está presente em uma mesma região. Dessa forma, medições de concentração de odor em ar ambiente através de instrumentos analíticos ou através de olfatômetros de campo, não servem como base para avaliações de impacto odorante. No entanto, medições de odor em ar ambiente podem ser úteis para comprovar a ocorrência de um impacto significativo (DRAVNIEKS; JARKE, 1980). Esse procedimento pode ser aplicado para a apuração de queixas ou para o monitoramento ambiental.

Além disso, conforme observado por Muniz (2007), os valores estabelecidos como sendo o LPO coincidem com os valores determinados por Leonardos, Kendall e Barnard (1969), em um estudo experimental onde o limite de odor foi definido como sendo a menor concentração na qual todos os membros do painel eram capazes de reconhecer o odor (descrevendo sua qualidade). Portanto, tais valores constituem o limite de reconhecimento para 100% da população e não o limite de detecção (quando existe uma probabilidade de 50% do odor ser percebido). Os próprios autores alertam que os limites estabelecidos foram determinados sob condições ideais em laboratório e não os recomendam para fins regulatórios, uma vez que não foi avaliada a ofensividade dos compostos odorantes. De fato, isso se faz necessário quando se trabalha com o limite de reconhecimento. Entretanto, quando se considera o limite de detecção a ofensividade do odor torna-se irrelevante, uma vez que o odor é apenas perceptível (VIEIRA, 2013).

Afim de destacar a necessidade de estabelecer um quadro legal e regulamentar para os odores no Brasil, Vieira (2013) traz à luz um caso de jurisprudência no Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma ação civil pública impetrada pelo Ministério Público Estadual contra uma fábrica de farinhas e óleos de origem animal (SANTA CATARINA, 2008):

> A leitura dos autos revela que desde o início das atividades a empresa sempre provocou odores em níveis insuportáveis, ocasionando efeitos adversos sobre a comunidade que vão desde náuseas, enjoos, dores de cabeça, enfim, mal-estar generalizado, até depressão. Apesar de todas as evidências recolhidas ao longo de mais de dois anos, através de inúmeras diligências, laudos e pareceres técnicos, pode-se notar a dificuldade encontrada pelo promotor do Ministério Público em autuar a referida empresa com base nas legislações vigentes (VIEIRA, 2013).

5.2.2 UMA ABORDAGEM DE PROCEDIMENTOS LEGAIS PARA O CONTROLE DE INCÔMODOS OLFATIVOS (VIEIRA, 2013)

Emissões odorantes podem causar sérios impactos sobre o bem-estar e a qualidade de vida da população. Considerando a necessidade de prevenir ou mitigar tais impactos e as limitações das legislações vigentes, torna-se evidente a necessidade de regular a emissão de odores.

De acordo com Frechen (2001), existem basicamente quatro tipos de abordagens regulatórias empregadas para o controle de incômodos olfativos:

- Padrões de Distâncias Mínimas (PDM; *Minimum Distance Standards – MDS*): Com base na experiência prática, esse tipo de regulação normalmente leva em conta o tipo e o tamanho da instalação. Essa é uma das formas mais antigas de regulação e pode ser aceita hoje como uma regra de ouro em casos muito simples. No entanto, essa abordagem geralmente não considera a sensibilidade do meio receptor e dessa forma, não satisfaz todas as considerações de incômodo dos dias atuais;
- Padrões Máximos de Emissão (PME; *Maximum Emission Standards – MES*): Baseado em conhecimentos consolidados sobre o impacto resultante de emissões autorizadas, ou mesmo negligenciando o impacto. Este tipo de regulamentação, na maioria dos casos, não vai atender as necessidades de hoje, mesmo quando é feita distinção entre o tipo e o tamanho da instalação ou a magnitude da emissão;
- Padrões Máximos de Impacto (PMIm; *Maximum Impact Standards – MIS*): Impacto na vizinhança ou nos limites da propriedade da fonte emissora. As emissões são limitadas indiretamente com base nos impactos medidos (instalações existentes) ou previstos (instalações em fase de projeto, modelagem da dispersão atmosférica), resultantes da operação da instalação.
- Padrões Máximos de Incômodo (PMIn; *Maximum Annoyance Standards – MAS*): Nível de satisfação da população, avaliado através de questionários. É o valor chave que indica se, em uma determinada área, ações contra odores devem ou não ser tomadas. McGinley, Mahin e Pope (2000), acrescentam que também podem ser estabelecidos critérios baseados no número de queixas.

Nesse contexto, é apresentada uma abordagem composta por PDM, PME, PMI e PMIn. A abordagem foi concebida visando fornecer razoável proteção à população e, ao mesmo tempo, ser de simples e fácil implementação, considerando a realidade brasileira.

Em primeiro lugar, a política de proteção ambiental deve se basear na aplicação das MTD. Essa é a base do conceito de Prevenção e Controle Integrados da Poluição (IPPC) da União Europeia, onde documentos de

referência, denominados BREF (*BAT*[8] *Reference documents*), apresentam orientações para diversos segmentos industriais. Tais documentos são utilizados por autoridades competentes dos Estados-Membros no processo de licenciamento ambiental de instalações potencialmente poluidoras.

No Brasil, a CETESB desenvolveu guias técnicos de produção mais limpa para alguns segmentos industriais, que incluem, uma descrição dos respectivos processos produtivos e seus principais aspectos ambientais. No que diz respeito ao controle de incômodos olfativos, são apresentadas algumas recomendações e práticas de gerenciamento para minimizar a emissão de odores para alguns setores, como o de papel e celulose, industrialização de carne suína e bovina, curtumes e cervejarias.

Na abordagem proposta, a aplicação das MTD deve buscar uma condição onde não exista causa "razoável para incômodo". Diretrizes para Distâncias Mínimas de Separação (DMS) – isto é, Padrões de Distâncias Mínimas (PDM) – e PME devem auxiliar no planejamento territorial e simplificar o processo de licenciamento ambiental. Além disso, PMIn podem ser estabelecidos, baseados no número de queixas ou no percentual da população incomodada.

O ponto-chave dessa abordagem é o estabelecimento de PMIm, que definem critérios objetivos de exposição, baseados em um nível aceitável de incômodo (critério de aceitabilidade). As emissões são medidas na fonte e então é avaliada a concentração de odor nos receptores, através da modelagem da dispersão atmosférica. Essa é a base da abordagem mais utilizada atualmente, adotada por países como Holanda, Alemanha, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos, Itália, Austrália, e Nova Zelândia. Para uma definição de valores é necessário fundamentar a relação entre impacto e incômodo, uma vez que o incômodo é reduzido ao se limitar o máximo impacto admitido (FRECHEN, 2001).

O Quadro 5.1 apresenta, resumidamente, o conjunto de abordagens propostas e seus respectivos critérios para verificação de conformidade.

---

[8] *Best Available Techniques.*

Quadro 5.1 – Abordagens e critérios de conformidade propostos – Vieira, 2013.

Abordagem	Critério de conformidade
Padrões de Distâncias Mínimas[9]	Distancias mínimas de separação entre fontes potencialmente causadoras de incômodos olfativos e receptores sensíveis
Padrões Máximos de Emissão	Taxa de emissão odorante para atividades geradoras de substâncias odoríferas ou para o conjunto de fontes emissoras da instalação
Padrões Máximos de Incômodo	Número de queixas; % da população incomodada
Padrões Máximos de Impacto	Concentração de odor máxima, tempo de média e frequência de conformidade (critério de aceitabilidade)

Fonte: Adaptado de Vieira (2013).

MODELO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO ODORANTE NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Diversas metodologias de avaliação de impacto odorante estão disponíveis. A escolha do método mais adequado depende em parte do tipo de situação, i.e., licenciamento de uma nova instalação ou ampliação de uma instalação existente, renovação da licença de uma instalação existente ou verificação de conformidade em decorrência de queixas de odor.

Instalações que tenham sido identificadas como fontes potenciais de incômodos olfativos devem ser avaliadas com relação aos seguintes aspectos: magnitude das emissões; utilização das MTD; histórico de queixas; e distância de separação em relação a receptores sensíveis.

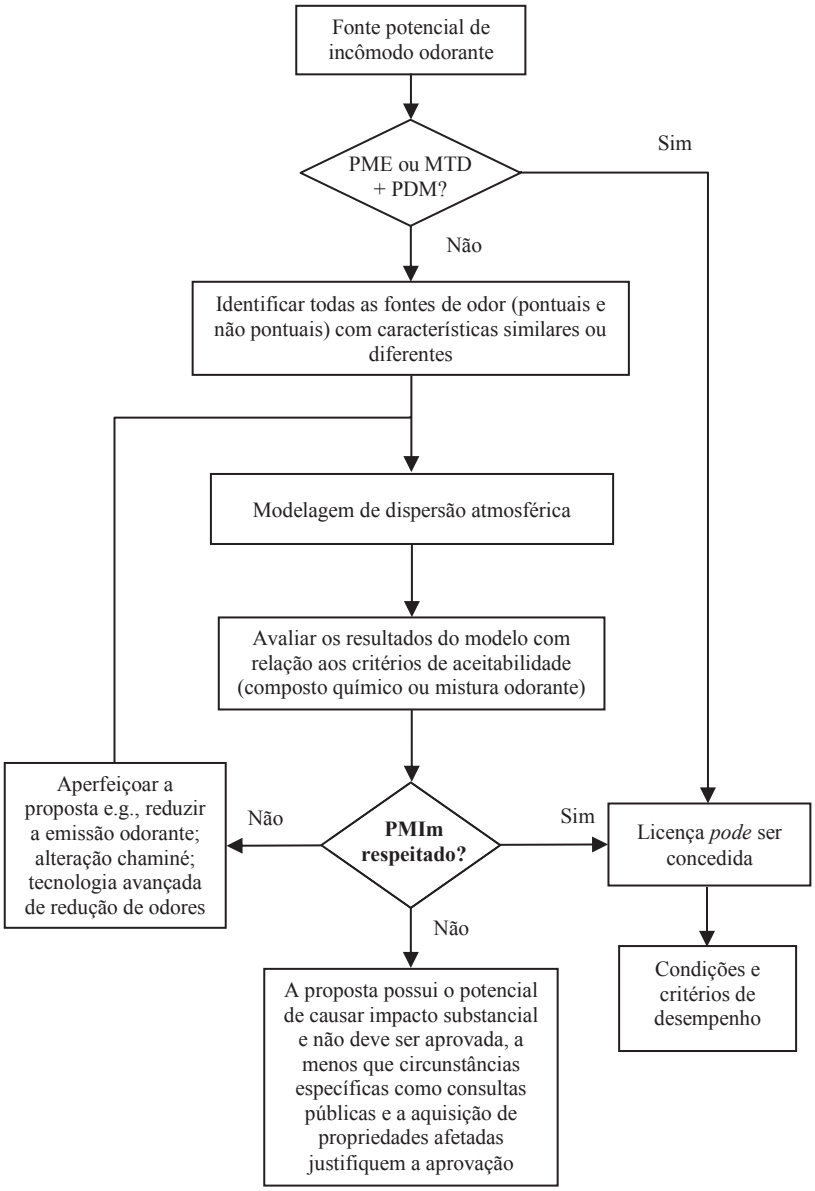
Novas instalações ou ampliação de instalações existentes

Se o projeto da instalação que está sendo avaliado atender o PME (i.e., apresentar insignificante ou baixa emissão de substâncias odoríferas) ou empregar as MTD e respeitar os PDM, a licença de operação pode ser concedida. No entanto, caso algum desses requisitos não sejam atendidos ou haja razões para acreditar que a instalação possui potencial para causar

[9] Distâncias Mínimas de Separação.

incômodos olfativos sobre a comunidade, todas as fontes de odor (pontuais e não pontuais), com características similares ou diferentes, devem ser identificadas e, em seguida, deve ser conduzido um estudo de modelagem de dispersão atmosférica com base nas emissões de odor previstas. O próximo passo é avaliar os resultados do modelo e compará-los aos critérios de aceitabilidade (composto químico ou mistura odorante). Se os resultados estiverem de acordo com os critérios estabelecidos, a licença pode ser concedida. Caso contrário, a proposta deve ser aperfeiçoada, e.g., reduzir a emissão odorante, aumentar a altura da chaminé, aplicar tecnologias avançadas de redução de odores. Nesse caso, novas simulações devem ser realizadas e a licença deve ser fornecida somente se os critérios forem atendidos. Propostas que possuam o potencial de causar um impacto substancial não devem ser aprovadas, a menos que circunstâncias específicas como audiências ou consultas públicas e a aquisição de propriedades afetadas justifiquem sua aprovação. À exceção desses procedimentos estão instalações cujas emissões não possam ser medidas ou estimadas adequadamente. Nesses casos, em que não é aconselhável realizar um estudo de dispersão atmosférica, a licença de operação somente poderá ser concedida se o projeto utilizar as MTD e boas práticas de gestão de odores, além de respeitar as distâncias mínimas de separação recomendadas (caso sejam estabelecidas). A Figura 5.1 apresenta um fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante proposto para novas instalações ou ampliação de instalações existentes.

Figura 5.1 – Fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante para novas instalações ou ampliação de instalações existentes – Vieira, 2013.

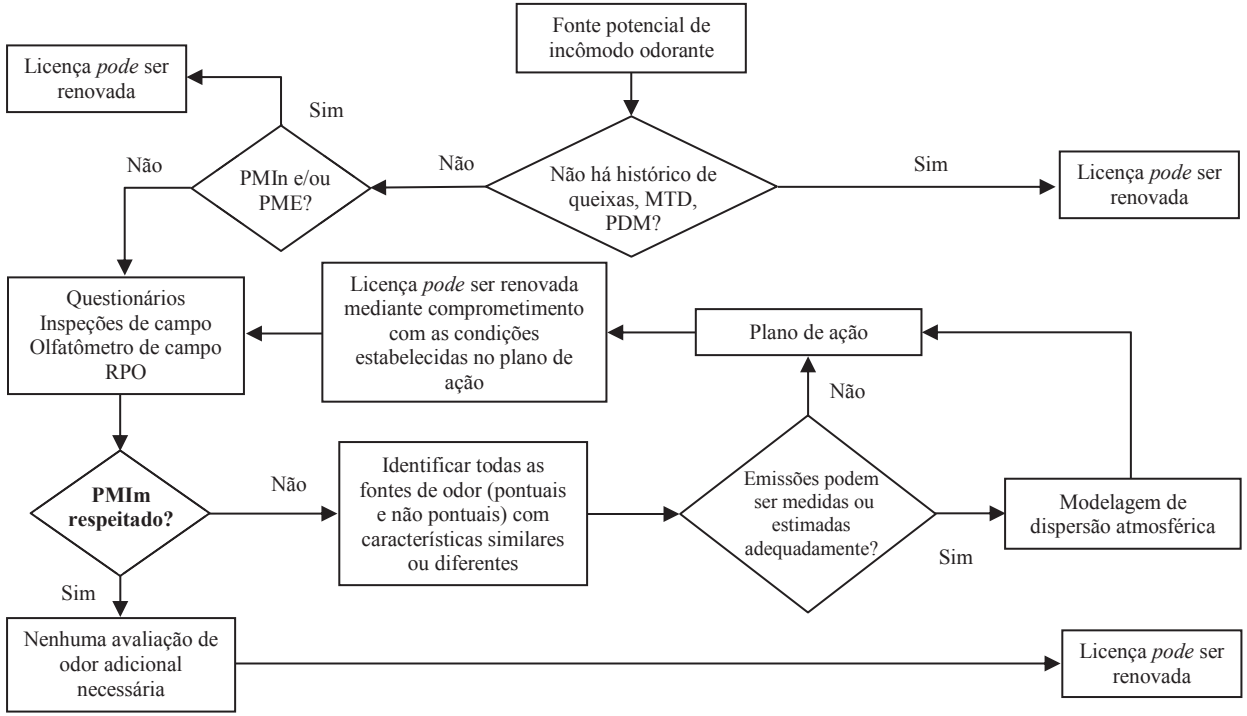


Fonte: Adaptado de Vieira (2013).

Instalações existentes

Se a instalação que está sendo avaliada for uma fonte potencial de incômodos olfativos, porém, não possuir histórico de queixas, empregar as MTD e respeitar os PDM, a licença de operação pode ser renovada. Caso contrário, deve ser avaliado o percentual da população incomodada e/ou serem realizadas amostragens e medições nas fontes de odor para determinação das taxas de emissão odorante (TEO). Os resultados devem ser comparados aos respectivos PMIn e PME estabelecidos. A escolha do critério (PMIn e/ou PME) dependerá do tamanho da instalação, do histórico de queixas e da adoção das MTD. Nos casos em que esses padrões não sejam atendidos, deve ser realizada uma avaliação de impacto odorante em campo, com base nos fatores FIDOL, através de questionários, inspeções de campo, olfatômetros portáteis ou de uma RPO. Se o PMIm for respeitado, nenhuma avaliação de odor adicional é necessária e a licença pode ser renovada. Caso o PMIm seja ultrapassado, deverá ser realizado um estudo de modelagem de dispersão atmosférica. Com base nos resultados da modelagem, um plano de ação deve ser elaborado, estabelecendo as devidas medidas mitigadoras a serem aplicadas e seus respectivos prazos de execução. Se as emissões não puderem ser medidas ou estimadas adequadamente, um plano de ação deve ser elaborado considerando a aplicação das MTD. Portanto, instalações que não estiverem em conformidade com os padrões estabelecidos somente terão sua licença de operação renovada mediante a apresentação do plano de ação. De acordo com os prazos estabelecidos no plano, uma nova avaliação de impacto em campo deverá ser realizada, afim de verificar a eficácia das medidas empregadas. Caso os padrões ainda não sejam atendidos, um novo plano de ação deve ser elaborado e o procedimento deve ser refeito até que os padrões sejam atendidos. Isso confere características de um ciclo de melhoria contínua e flexibilidade ao processo de licenciamento ambiental. Esta abordagem é inspirada nas diretrizes regionais da Lombardia (REGIONE LOMBARDIA, 2012). A Figura 5.2 apresenta o um fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante proposto para instalações existentes.

Figura 5.2 – Fluxograma do modelo de avaliação de impacto odorante para instalações existentes – Vieira, 2013.



Fonte: Adaptado de Vieira (2013).

5.3 QUADRO REGULAMENTAR INTERNACIONAL

Não é possível nem prático apresentar uma descrição completa de todas as "leis de odor" ou diretrizes existentes na Europa, em um país específico europeu ou em qualquer outro país do mundo. No entanto, é apresentada a experiência de alguns países que possuem legislações específicas visando fornecer elementos que possam auxiliar autoridades locais no desenvolvimento de soluções adaptadas. Ressalta-se que o estudo tem interface com a área do Direito (i.e., direito ambiental internacional), com vocabulário específico, que varia de um país para o outro. A seguir são descritas, resumidamente, as abordagens adotadas por Holanda, Reino Unido, República da Irlanda, Alemanha, França, EUA, Canadá, Nova Zelândia, Austrália, Israel, Lituânia e Itália.

5.3.1 HOLANDA

Na Europa, a Holanda é pioneira no gerenciamento quantitativo de odores. A abordagem baseia-se na medição das emissões na fonte e na modelagem da dispersão para determinar critérios de exposição derivados de estudos de dose e efeito. O objetivo é definir um nível em que não exista "causa razoável para incômodo". A necessidade de gerenciar impactos odorantes foi consequência da elevada atividade agrícola e industrial aliada à alta densidade populacional e ao alto nível econômico do país (VAN HARREVELD, 2003).

A primeira diretriz resultante da aplicação da *Nuisance Law* de como considerar os aspectos ambientais do odor para fins de licenciamento foi introduzida em 1971 (PSILLAKIS; GEKAS, 2006), em termos de distâncias mínimas de separação entre áreas residenciais e instalações de produção suína. Segundo Van Harreveld (2003), essas diretrizes foram inicialmente baseadas na experiência de inspetores de saúde pública, porém levaram a pesquisas de métodos para quantificar emissões odorantes.

Na Holanda, o setor de produção suína é considerável em tamanho tanto em relação ao número de habitantes quanto em relação à área superficial do país. A produção anual é de aproximadamente 30 milhões de suínos, o que equivale a dois suínos per capta da população. Portanto, não é surpreendente que o impacto odorante da produção de suínos seja um grande problema ambiental no país (PSILLAKIS; GEKAS, 2006).

Em 1984 foram introduzidos critérios quantitativos de avaliação de impacto odorante para fontes industriais. Os critérios se baseavam na medição das emissões odorantes por olfatometria dinâmica e na modelagem da dispersão atmosférica. Foi estabelecido um limite de concentração média horária de 0,5 $UO.m^{-3}$ com frequências de conformidade de 98% para instalações existentes e 99,5% para novas instalações (VAN HARREVELD, 2003). Esses critérios foram aplicados até no ano de 1995 e se mostraram efetivos na redução de incômodos olfativos. Entretanto, com o passar dos anos alguns problemas foram identificados, i.e., os critérios não consideravam diferenças na ofensividade (caráter do odor) e se revelaram muito protecionistas e rígidos em suas abordagens. Além disso, as técnicas de medição disponíveis na época não eram capazes de fornecer dados suficientemente precisos para coação.

Dessa forma, em 1995 uma abordagem mais flexível foi introduzida com uma carta do Ministro de Saúde Pública, Planejamento Territorial e Meio Ambiente[10]. Nela, é descrita a nova política de odor holandesa, que se baseia na aplicação de medidas de redução de emissão de odor de acordo com a Melhor Tecnologia de Controle Disponível (BACT) e no estabelecimento de limites de incômodo com base no princípio "*As Low As Reasonable Archieved"* (ALARA). O objetivo da política é manter a população o mais livre possível de incômodos olfativos, tendo como princípios a redução e a prevenção de novos incômodos (VROM, 2003). No ano de 2000, essas diretrizes foram incorporadas formalmente nas *Netherlands Emission Guidelines* – NeR (VAN HARREVELD, 2003).

A nova política estabeleceu como meta para o ano 2000, limitar em 12% o percentual da população incomodada por odores resultantes de atividades agrícolas, industriais e de tráfego rodoviário (LAGAS, 2010). Frechen (2001) destaca que, nesse caso, "incomodado" significa perceber um odor irritante, independente da frequência de exposição. Para 2010, a meta era de acabar com incômodos considerados "severos" (VROM, 2003).

A Quadro 5.2 apresenta limites máximos de exposição estabelecidos para uma variedade de atividades industriais e suas respectivas áreas de aplicação.

---

[10] Do inglês, *Minister of Public Health, Spatial Planning and the Environment.*

Quadro 5.2 – Critérios de impacto odorante – Holanda (continua)

Tipo de indústria	Limite de concentração de odor no ambiente	Tempo de média @ Frequência de conformidade	Aplicação
Instalações de secagem de forragem	2,5 $UO.m^{-3}$	1h @ 98%	Áreas urbanizadas e outros receptores sensíveis
Fabricação de ração animal	1,0 $UO.m^{-3}$	1h @ 98%	Áreas residenciais densamente povoadas e outros receptores sensíveis
Confeitarias e Padarias	5,0 $UO.m^{-3}$	1h @ 98% 1h @ 95%	Áreas urbanizadas e outros receptores sensíveis Habitações dispersas próximas à instalação emissora
Abatedouros[1]	1,5 $UO.m^{-3}$	1h @ 98%	Áreas urbanizadas e outros receptores sensíveis
Fábricas de processamento de carne (incluindo instalações para produção de *fast food*) [2]	2,5 $UO.m^{-3}$	1h @ 98%	Áreas urbanizadas e outros receptores sensíveis
Indústria de torrefação de café	3,5 $UO.m^{-3}$ (Instalações existentes)	1h @ 98%	
Fabricação de aromatizantes e essências[3]	3,5 $UO.m^{-3}$ 2,0 $UO.m^{-3}$ (Novas instalações)	1h @ 98%	Áreas urbanizadas e outros receptores sensíveis

Quadro 5.2 – Critérios de impacto odorante – Holanda (conclusão).

Tipo de indústria	Limite de concentração de odor no ambiente	Tempo de média @ Frequência de conformidade	Aplicação
Grandes cervejarias	1,5 $UO.m^{-3}$	1h @ 98%	Receptores sensíveis
Estações de tratamento de esgoto	1,5 $UO.m^{-3}$ 0,5 $UO.m^{-3}$ (Novas instalações)	1h @ 98%	Áreas residenciais densamente povoadas, aglomerações de edifícios situados ao longo de rodovias ou outros receptores sensíveis
	3,5 $UO.m^{-3}$ 1,0 $UO.m^{-3}$ (Novas instalações)	1h @ 98%	Habitações dispersas e aglomerados residenciais em zonas industriais
Produção de composto a partir de resíduos orgânicos domésticos	1,5 – 3,0 $UO.m^{-3}$ 1,5 $UO.m^{-3}$ (Novas instalações)	1h @ 98%	Área residencial mais próxima ou outros receptores sensíveis

Fonte: Adaptado de VROM (2003).

[1] Se a concentração de odor estiver entre 0,55 $UO.m^{-3}$ e 1,5 $UO.m^{-3}$ (considerando uma frequência de conformidade de 98%) o órgão administrativo competente decide se medidas adicionais de redução são necessárias;
[2] No caso de um nível de concentração de odor entre 0,95 $UO.m^{-3}$ e 2,5 $UO.m^{-3}$ (considerando uma frequência de conformidade de 98%) o órgão administrativo competente decide se medidas adicionais de redução são necessárias;
[3] Se a concentração de odor está entre 2,0 $UO.m^{-3}$ e 3,5 $UO.m^{-3}$ (considerando uma frequência de conformidade de 98%) o órgão administrativo competente decide se medidas adicionais de redução são necessárias.

Lagas (2010) avaliou os efeitos da política holandesa de redução de incômodos olfativos e constatou que, embora as metas não tenham sido cumpridas, houve uma diminuição na percentagem da população incomodada por odores. No entanto, o autor alerta que recentes modificações nas regulamentações de planejamento territorial, especialmente no setor agrícola, deverão aumentar a exposição da população a odores ambientais.

5.3.2 REINO UNIDO

No Reino Unido, o odor é considerado um incômodo estatutário dentro da Environmental Protection Act 1990 (UNITED KINGDOM, 1990). No entanto, até então não havia regulamentações objetivas que estabelecessem limites de impacto odorante em termos de concentrações máximas ou frequências de exposição (FRECHEN, 2001).

Em 2002 foram publicadas diretrizes para a regulamentação e o controle de emissões odorantes no contexto da política de Controle e Prevenção Integrada da Poluição (IPPC) da União Europeia (UK ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002a, 2002b). O documento, intitulado "Nota Técnica de Orientação H4"[11], foi elaborado pela Agência de Proteção Ambiental da Inglaterra e do País de Gales, em colaboração com a Agência de Proteção Ambiental da Escócia (SEPA) e o Serviço de Patrimônio e Meio Ambiente da Irlanda do Norte (EHS).

A Nota Técnica H4 estabelece uma abordagem quantitativa, baseada na medição das emissões de odor e na modelagem de dispersão para determinar se "causas razoáveis de incômodo" existem nos locais de propriedades residenciais e em outros receptores sensíveis. As diretrizes são horizontais, i.e., aplicam-se a todas as instalações sujeitas a licenciamento ambiental, e se baseiam na ofensividade do odor para estabelecer critérios de exposição. Isso levou a níveis de exposição diferenciados para setores específicos da indústria (VAN HARREVELD, 2003). De acordo com a ofensividade do odor (alta, média ou baixa), foram estabelecidos critérios de exposição de concentração máxima horária que variam de 1,5 $UO.m^{-3}$ a 6,0 $UO.m^{-3}$, com frequências de conformidade de 98% (Quadro 5.3).

---

[11] Do inglês, *Technical Guidance Note H4*.

Quadro 5.3 – Critérios de exposição para misturas odorantes – Reino Unido.

Atividade	Ofensividade relativa do odor	Critério indicativo (percentil 98º)
Atividades que envolvam resíduos putrescíveis Processos que envolvam restos de animais ou pescados Olarias Laticínios Processamento de óleos e gorduras Estações de tratamento de águas residuárias Refinamento de petróleo Fábricação de ração animal	ALTA	1,5 $UO_E.m^{-3}$
Criação intensiva de animais Fritura (processamento de alimentos) Processamento de beterraba sacarina	MÉDIA	3 $UO_E.m^{-3}$
Fábricação de chocolate Cervejarias Confeitarias Fragrâncias e aromas Torrefação de café Padarias	BAIXA	6 $UO_E.m^{-3}$

Fonte: Adaptado de UK Environmental Agency (2002a).

Segundo Van Harreveld (2003), esses critérios são provenientes de um estudo de dose e efeito realizado na Holanda para o setor de criação intensiva de animais, que também serviu de ponto de partida para a Agência de Proteção Ambiental irlandesa estabelecer critérios de qualidade do ar para o setor de criação de animais confinados.

De acordo com as diretrizes do IPPC, fatores específicos da instalação devem ser considerados na determinação de valores máximos de emissão. Dessa forma, caso necessário, é admitido que os valores estabelecidos sejam ajustados para cima (menos rígidos) ou para baixo (mais rígidos), de acordo com as características técnicas da instalação e de condições locais. No caso de limites mais rígidos, os critérios de exposição podem ser reduzidos para 1 $UO_E.m^{-3}$, 2,5 $UO_E.m^{-3}$ e 5,5 $UO_E.m^{-3}$ para odores de ofensividade alta, média e baixa, respectivamente (UK ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002a).

Além disso, a Nota Técnica H4 apresenta um protocolo para "testes subjetivos" (i.e., avaliações de impacto em campo), destinado à realização de rápidas avaliações da presença, intensidade e caráter de um odor. Essa metodologia pode ser utilizada para monitoramento de emissões odorantes, apuração de queixas de odor ou avaliação de conformidade com os critérios estabelecidos. Sugere-se, também, que a utilização de olfatômetros de campo, como o Nasal Ranger®, podem fornecer mais objetividade a essas avaliações.

5.3.3 REPÚBLICA DA IRLANDA

Atualmente não há uma norma regulamentar específica para odores na Irlanda aplicada a instalações industriais. No entanto, critérios máximos de exposição são estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental da Irlanda e utilizados no processo de licenciamento ambiental, tanto de novas instalações como de instalações existentes.

A EPA irlandesa reconhece a modelagem da dispersão atmosférica como uma importante ferramenta para avaliação de impacto ambiental de emissões odorantes. Para EPA irlandesa (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF IRELAND, 2010a), são consideradas "razoáveis" as abordagens adotadas pelo Reino Unido e pela Nova Zelândia. Desse modo, de acordo com a ofensividade do odor, podem ser estabelecidos limites de exposição que variam de 1,5 $UO.m^{-3}$ a 6,0 $UO.m^{-3}$, com uma frequência de conformidade de 98%. Da mesma forma, baseado na sensibilidade do meio receptor, são admitidos limites de exposição que variam de 1 $UO.m^{-3}$ a 10 $UO.m^{-3}$, com frequências de conformidade de 99,5%. Além disso, é estabelecido que quando mais de um composto químico é responsável pelo odor, a olfatometria é a abordagem preferida devido a efeitos sinérgicos e não lineares de múltiplos compostos odorantes.

No que diz respeito ao setor de criação intensiva de animais, existem diretrizes específicas para a suinocultura (Quadro 5.4). Os valores se baseiam em estudos de dose e efeito realizados na Holanda (VAN HARREVELD; JONES; STOALING, 2001).

Quadro 5.4 – Diretrizes de odor para o setor de produção suína – República da Irlanda.

Aplicação	Concentração [$UO_E.m^{-3}$]	Frequência @ Tempo de média
Valor alvo em todas as situações	1,5	98% @ 1h
Valor limite para novas instalações	3,0	
Valor limite para instalações existentes	6,0	

Fonte: O Autor.

Além disso, foi elaborado um procedimento detalhado para realização de avaliações de impacto de odor em campo (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF IRELAND, 2010b). A metodologia é baseada em um estudo desenvolvido por agências de proteção ambiental do Reino Unido (UK ENVIRONMENTAL AGENCY, 2002a).

5.3.4 ALEMANHA

Na Alemanha, a legislação de proteção ambiental é relativamente antiga. O rápido desenvolvimento econômico após a Segunda Guerra Mundial e a alta densidade populacional exigiu o estabelecimento de mecanismos de regulação ambiental (FRECHEN, 2001).

As bases legais para quaisquer requisitos no que diz respeito à qualidade do ar são a Lei Federal de Controle da Poluição *(Bundes-Immissionsschutzgesetz, "BImSchG";* GERMANY, 2002a) e o documento intitulado "Instruções Técnicas sobre o Controle da Qualidade do Ar" *(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*, *"TA Luft"*) (GERMANY, 2002b). De acordo com o § (1) da BImSchG, são considerados "efeitos nocivos sobre o meio ambiente" qualquer "poluição que devido a sua natureza, intensidade e duração sejam susceptíveis de causar quaisquer riscos, danos graves ou incômodos significativos à vizinhança ou à população em geral". No entanto, tanto a BImSchG quanto a TA Luft não estabelecem uma definição clara de quando um incômodo pode ser considerado significativo (BOTH, 1996). Além de algumas diretrizes de distâncias mínimas e regulamentações mais ou menos vagas, não havia muitas orientações sobre como lidar com problemas relacionados a incômodos olfativos até o início da década de 90 (FRECHEN, 2001).

Em 1995, foi introduzida uma nova diretriz, a qual foi desenvolvida e testada durante anos no estado de Renânia do Norte-Vestefália (região mais populosa e industrializada da Alemanha), a partir de pesquisas de incômodo e inspeções de campo (BOTH, 1996; FRECHEN, 1997; FRECHEN, 2001). Essa diretriz estabeleceu um completo sistema de gestão de incômodos olfativos, começando com métodos para a medição dos níveis de odor existentes, o cálculo da exposição de odor esperada e concluindo com critérios de qualidade do ar expressos em termos de frequências máximas anuais de odor no ar ambiente, que variam de acordo com o tipo de uso do solo (BOTH, 1996). Os critérios de exposição foram estabelecidos a partir da definição de uma concentração de odor máxima igual a 1 $OU.m^{-3}$ (no ar ambiente) para limitar a percentagem do tempo durante a qual concentrações de odor superiores podem ser consideradas toleráveis – o chamando "incômodo insubstancial" (FRECHEN, 2001). A abordagem se baseia no conceito de odores reconhecíveis (FRECHEN, 1997; MAHIN, 2001). Isso implica que 1 $OU.m^{-3}$ seja definido como limite de reconhecimento e não de detecção, conforme normalmente considerado por outros países.

Essas diretrizes sofreram algumas modificações ao longo dos anos e hoje compõe as "Diretrizes sobre Odor no Ar Ambiente" (*Geruchsimmissions-Richtlinie, GIRL;* GOAA, 2008). O Quadro 5.5 apresenta os limites de exposição, expressos em termos de frequências de "horas de odor", de acordo com as atuais diretrizes alemãs.

Quadro 5.5 – Limites de exposição de odor no ar ambiente – Alemanha.

Áreas residenciais e mistas		Áreas industriais e comerciais		Áreas rurais[12] (Villages)	
Frequência relativa	%	Frequência relativa	%	Frequência relativa	%
0,10	10%	0,15	15%	0,15	15%

Fonte: Adaptado de GOAA (2008).

Assim, a percentagem máxima permitida de horas para a qual um odor reconhecível pode ser observado é de 10% para áreas residenciais (percentil 90º) e 15% (percentil 85º) para áreas industriais e áreas rurais. No entanto, as diretrizes determinam que o licenciamento de uma instalação não deve ser recusado devido à exposição total de odor ser

[12] Aplicável somente para odores provenientes da criação intensiva de animais.

superior aos limites estabelecidos se a futura contribuição para a exposição de odor total da instalação investigada (valor característico da exposição adicional de exposição de odor) não exceder o valor de 2% em cada área avaliada. Dessa forma, considera-se que a instalação não irá aumentar significativamente o efeito do incômodo da exposição de odor existente (critério de irrelevância), i.e., uma frequência de conformidade de 98%.

A verificação do atendimento aos padrões estabelecidos é realizada através de inspeções de campo e cálculos de dispersão que, de acordo com as diretrizes, produzem resultados comparáveis (GOAA, 2008). Para o licenciamento de novas instalações as diretrizes determinam que também sejam considerados os níveis de exposição de odor existentes no ambiente. Essa avaliação pode ser realizada através de medições de odor em campo (*grid measurements*), conforme as especificações da norma VDI 3940 – Parte 1 (2006), ou por meio de cálculos de dispersão de odor. A exposição de odor adicional esperada, decorrente da operação da futura instalação, é naturalmente realizada através de cálculos de dispersão. A exposição de odor total deve, então, atender os limites de exposição de odor estabelecidos.

Para as medições de odor em campo, o período de medições deve ser representativo de todo o ano. Em geral, esse pode ser reduzido para seis meses, podendo ainda ser reduzido para três meses apenas em casos especiais. Durante as medições, cada ponto da grade (i.e., cada extremidade do quadrado) deve ser visitado pelo painel de jurados (composto por pelo menos 10 indivíduos certificados de acordo com a norma EN 13725) 13 ou 26 vezes, dependendo da certeza estatística necessária. Essas visitas devem ser distribuídas igualmente durante todo o intervalo do período de medições (GOAA, 2008).

No que diz respeito aos cálculos de dispersão, é utilizado o modelo regulatório de dispersão AUSTAL2000, que calcula valores médios de 1 hora, aplicando um fator constante igual a 4 para determinação de concentrações de pico (fator F). Portanto, se a concentração de odor média horária calculada com o modelo exceder o limite de 0,25 $UO.m^{-3}$, então essa é contabilizada como uma hora de odor de acordo com a norma VDI 3940 – Parte 2 (2006). O fator 4 se baseia em estudos que sugerem que o percentil 90 da concentração instantânea pode ser estimado com suficiente precisão a partir da média horária (SCHAUBERGER et al., 2012). Vale destacar que, anteriormente, era utilizado um fator constante igual a 10 (FRECHEN, 1997).

5.3.5 FRANÇA

Na França as instalações que podem apresentar perigos ou inconvenientes ao bem-estar da comunidade são classificadas e submetidas à supervisão do Estado através de uma legislação específica denominada ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). Além disso, algumas atividades possuem regulamentações setoriais exclusivas.

O decreto imperial de 15 de outubro de 1810 deu origem ao quadro regulamentar que tornou possível a redução de incômodos olfativos na França. Esse decreto foi atualizado pela lei de 10 de dezembro de 1917 e, posteriormente, substituído pela lei de 19 de julho de 1976, relativa às instalações classificadas para a proteção do meio ambiente (MILHAU; HAMELIN; TATRY, 1994).

O Regime das ICPE

O Regime das ICPE, instituído pela lei n°. 76-663, de 19 de julho de 1976, prevê a classificação de todos os tipos de instalações, de acordo com o grau de poluição, risco ou inconveniente que essas possam apresentar. Essa lei é a base dos regulamentos sobre poluição olfativa na França (AIRFOBEP, 2009a). Entre as atividades classificadas, i.e., sujeitas a licenciamento ambiental, algumas podem gerar odores desagradáveis e dar origem a incômodos olfativos. Dependendo do tamanho da instalação, as instalações estão sujeitadas à declaração, autorização ou registro. Essa última constitui uma nova categoria de autorização instituída com a sanção da Ordonnance 11/06/2009, que instituiu o Código do Meio Ambiente.

Decreto de 02/02/1998

O Decreto de 02/02/1998 estabelece os requisitos gerais para o controle de incômodos olfativos. Os dispositivos se aplicam a todas as instalações sujeitas a licenciamento ambiental, com exceção de alguns tipos de instalações que possuem regulamentações setoriais específicas, tais como: cimenteiras, indústrias de processamento de subprodutos de origem animal, fábricas de papel e celulose, aterros sanitários, usinas de compostagem e instalações de criação intensiva de animais.

Os odores são abordados no Art. 29, que apresenta o conceito de concentração de odor e determina a fórmula para o cálculo da taxa de

emissão odorante. É estabelecido ainda que a licença poderá fixar, quando necessário, limites mais restritivos aos estabelecidos que não devem ser ultrapassados pelo conjunto de fontes canalizadas, canalizáveis e difusas da instalação. Isso permite que a sensibilidade do meio receptor seja considerada.

Circulaire DPPR/SEI de 17/12/1998

O Decreto de 02/02/1998 é objeto de um importante documento, i.e., *a Circulaire du 17/12/1998*, que estabelece diretrizes para o controle da taxa de emissão odorante com base na altura da fonte emissora (Tabela 5.1).

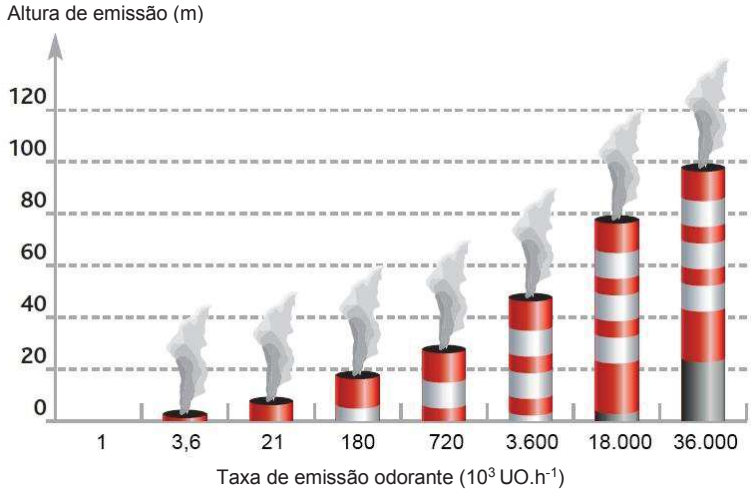
Tabela 5.1 – Limites máximos de emissão de odor para ICPE – França.

Altura de emissão [m]	Taxa de emissão odorante [10^3 UO.h^{-1}]
0	1.000
5	3.600
10	21.000
20	180.000
30	720.000
50	3.600.000
80	18.000.000
100	36.000.000

Fonte: Adaptado de Republique Française (1998).

Os valores apresentados na tabela acima podem ser visualizados esquematicamente na Figura 5.3, que ilustra a variação da taxa de emissão odorante em função da altura da chaminé.

Figura 5.3 – Taxa de emissão odorante máxima vs. altura da chaminé – França.



Fonte: Adaptado de AIRFOBEP (2009b).

É importante ressaltar que os valores apresentados constituem diretrizes gerais. A licença (*arrêté d'autorisation*) fixa os requisitos que o operador deve respeitar tanto em nível de planejamento como de operação da instalação, podendo essa estabelecer limites mais restritivos. Além disso, pedidos adicionais podem reforçar a qualquer momento os requisitos iniciais (AIRFOBEP, 2009a).

Para Malan e Poutier (2001), em termos de odor, a legislação de instalações classificadas evoluiu com a introdução de noções de níveis de odor através da definição de limites máximos de emissão odorante. No entanto, embora valores de referência sejam fornecidos na *Circulaire* de aplicação do Decreto de 02/02/1998, esses não garantem a ausência de odores desagradáveis no meio receptor, entre os residentes. Dessa forma, os autores ressaltam que muitas licenças ambientais definem efetivamente os valores-limite de taxa de emissão odorante a serem respeitados, com base em cálculos de modelagem de dispersão atmosférica.

Legislações mais recentes, particularmente para os setores de compostagem e processamento de subprodutos de origem animal, estabelecem limites máximos de concentração de odor no ar ambiente, i.e., em nível de imissão, definindo critérios de exposição baseados em estudos de modelagem de dispersão atmosférica.

Decreto de 12/02/2003

O Decreto de 12/02/2003 regulamenta dispositivos para o controle de emissões e impactos odorantes decorrentes de indústrias de processamento de subprodutos de origem animal (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE, 2003).

O Art. 3 estabelece distâncias mínimas de separação para implantação de edificações que variam de 35 m para pontos de água até 500 m para áreas de cultivo e piscicultura, com distâncias mínimas de 200 m para áreas residências e áreas de banho.

O Art. 11 determina que as áreas de recepção e armazenamento de matérias-primas devem estar localizadas em edifícios fechados para restringir a emissão de odores perto do estabelecimento, incluindo a instalação de portas retráteis automaticamente.

No Art. 28 são estabelecidos limites máximos de concentração de odor no ar ambiente (em unidades de odor). Para novas instalações, a taxa de emissão resultante de todas as fontes deve ser tal que não seja ultrapassado o limite de 5 $UO_E.m^{-3}$ durante mais de 44 h/ano em um raio de 3000 metros em relação aos limites da propriedade da instalação emissora. Já para instalações existentes, é admitida uma frequência de ultrapassagem de 175 h/ano. Dessa forma, os limites referem-se ao percentil 98º e 99,5º da concentração de odor máxima horária, respectivamente.

O Art. 46 regulamenta a frequência de monitoramento das emissões odorantes, que varia de acordo com a concentração de odor da fonte emissora e a existência ou não de dispositivos para a medição contínua dessas emissões:

- Concentração de odor emitida por cada fonte > 100.000 $UO_E.m^{-3}$: medição trimestral antes e depois do dispositivo de tratamento de odores (ou anualmente, em caso de monitoramento contínuo com a utilização de narizes eletrônicos);
- Concentração de odor emitida por cada fonte entre 5.000 e 100.000 $UO_E.m^{-3}$: medição mensal (ou cada dois anos, em caso de monitoramento contínuo com a utilização de narizes eletrônicos);
- Concentração de odor emitida por cada fonte < 5.000 $UO_E.m^{-3}$: medição anual (ou a cada três anos, em caso de monitoramento contínuo com a utilização de narizes eletrônicos).

As informações acimas são sintetizadas na Quadro 5.6, a seguir.

Quadro 5.6 – Frequência de monitoramento de emissões odorantes para instalações de processamento de subprodutos de origem animal – França.

	Concentração de odor [$UO_E.m^{-3}$]		
	0 – 5.000	**5.000 – 100.0000**	**> 100.000**
Sem nariz eletrônico	1 ano	6 meses	3 meses
Com nariz eletrônico	3 anos	2 anos	1 ano

Fonte: O Autor.

Conforme pode ser observado, a frequência mínima de campanhas de amostragem sobre as fontes emissoras pode ser estendida caso narizes eletrônicos sejam empregados na medição contínua das emissões de odor. No entanto, essa redução na frequência de medições é condicionada a uma etapa de calibração que permita estabelecer correlações entre os valores de concentração de odor medidos ou diretamente com o desconforto sentido pelos moradores (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE, 2003).

Decreto de 22/04/2008

O Decreto de 22/04/2008 (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE, 2008) estabelece diretrizes técnicas a serem respeitas pelas instalações de compostagem ou de estabilização biológica aeróbia submetidas a licenciamento ambiental.

O Art. 25 estabelece concentrações máximas para o lançamento de emissões canalizadas na atmosfera de 5 $mg.Nm^{-3}$ para sulfeto de hidrogênio (H_2S) e 50 $mg.Nm^{-3}$ para amônia (NH_3), caso a vazão mássica em base seca seja superior a 50 $g.h^{-1}$ e 100 $g.h^{-1}$, respectivamente.

O Art. 26 determina que a taxa de emissão odorante resultante de todas as fontes de odor da instalação deve ser avaliada através de um estudo de impacto com base nos seguintes critérios de qualidade do ar ambiente: concentração de odor máxima de 5 $UO_E.m^{-3}$ em áreas de ocupação humana (e.g. habitações ocupadas por terceiros, edifícios públicos, estádios ou parques de campismo autorizados) em um raio de 3.000 metros a partir dos limites da propriedade da instalação emissora, que não deve ser ultrapassado por mais do que 175 horas por ano, i.e., uma frequência de ultrapassagem de 2%. É estabelecido ainda que o

estudo de dispersão deve ser realizado por uma instituição competente, às custas do operador e sob sua responsabilidade. Entretanto, instalações com taxa de emissão odorante total inferior a 20×10^6 $UO_E.h^{-1}$ não são obrigadas a realizar o estudo. Isso também se aplica nos casos em que se considera que o ambiente em torno da instalação apresente uma sensibilidade particularmente baixa.

O Art. 27 estabelece que a frequência com a qual deverão ser realizados os controles efetivos das taxas de emissão odorante deverá ser determinada na licença ambiental. Esses controles podem ser mais frequentes durante o ano seguinte ao licenciamento da instalação ou em casos de queixas de moradores. É estabelecido também que, quando necessário, o órgão fiscalizador competente poderá exigir a realização de um programa de vigilância avançado para monitorar o nível de incômodo da população nas proximidades da instalação ou quantificar por medidas de intensidade odorante, a evolução do nível global de impacto olfativo da instalação.

5.3.6 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Nos Estados Unidos não há uma regulamentação federal para odores. Dessa forma, questões relacionadas ao controle de incômodos olfativos são reguladas pelos estados ou, em alguns casos, por governos locais (FRECHEN, 2001).

As abordagens variam de um local para outro. Dependendo da localidade, podem ser estabelecidos limites máximos de concentração para poluentes específicos no ar ambiente, especialmente sulfeto de hidrogênio; limites máximos de concentração de odor no ambiente, a partir de olfatometria dinâmica e cálculos de modelagem de dispersão ou através de medições diretas utilizando olfatômetros de campo (*Scentometers*); ou critérios de incômodo baseados nos princípios da *Nuisance Law* (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; FRECHEN, 2001; PSILLAKIS; GEKAS, 2006).

Diversos estudos realizaram um extenso levantamento sobre o quadro regulamentar norte-americano relacionado a odores (LEONARDOS, 1974; PROKOP, 1978; SWEETEN, 1990; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1979). Em um estudo mais recente, Mahin (2001) discute as abordagens utilizadas por alguns países para o controle de incômodos olfativos, incluindo os Estados Unidos.

A Quadro 5.7 apresenta os limites de concentração de odor estabelecidos por algumas agências reguladoras (fora da área da propriedade da fonte emissora) com base em níveis previstos por modelagem de dispersão a partir de medições por olfatometria dinâmica.

Quadro 5.7 – Limites de odor estabelecidos por algumas agências reguladoras – EUA.

Local	Limite ou diretriz fora da área da propriedade ($UO.m^{-3}$ ou D/T)	Comentário
Condado de Allegheny (ETE)	4 (valor de projeto)	2 min (F = 2)
Distrito de Qualidade do Ar da Área da Baía de São Francisco (BAAQMD)	5	Aplicado após pelo menos 10 reclamações no intervalo de 90 dias
Pensilvânia	4 (residencial com rodovias)	F = 2 (99,43% conformidade)
Califórnia	4 (limite da propriedade)	F = 2,29 (99,5% conformidade)
Estado de Massachusetts	5	1 hora[a]
Estado de Nova Jersey	5 [b]	5 min ou menos
Estado de Oregon	1 – 2	15 min
Cidade de Oakland, CA	50	3 min
Cidade de San Diego (ETE)	5 D/T	5 min (99,5% conformidade)
Cidade de Seattle (ETE)	5 D/T	5 min

Fonte: Adaptado de Mahin (2001); Schauberger e Piringer (2012).
[a] Convertido para tempos de média mais curtos por equação de lei de potência, caso a caso;
[b] Para instalações de tratamento de lodo ou biossólidos.

Alguns estados estabelecem critérios de incômodo ou de conformidade com base em medições de olfatômetros de campo efetuadas por inspetores. A maioria das agências com esse tipo de regulamentação, como Colorado, Missouri, Kentucky e Wyoming, estabelece que o odor no ar ambiente em áreas residenciais e comerciais deve se tornar indetectável depois de diluído em 7 partes de ar inodoro (7 D/T) com a utilização de um Scentometer. Na prática, se o limite estabelecido é de 7 D/T e o inspetor de poluição do ar percebe um odor com o olfatômetro de

campo ajustado a 7 D/T, então, o "critério de incômodo" foi verificado naquele momento. Caso contrário, a concentração de odor no ar ambiente estava dentro no "critério de conformidade" (MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000). A Quadro 5.8 apresenta os limites estabelecidos por agências de proteção ambiental americanas que utilizam essa abordagem.

Quadro 5.8 – Limites de odor no ar ambiente utilizando o Scentometer – EUA.

Estado ou subdivisão política	Concentração de odor (D/T)		
	Residencial	Comercial	Industrial
Colorado	7	7	15
Illinois	8	8	24
Kentucky	7	7	7
Missouri	7	7	7
Dakota do Norte	2	2	2
Nevada	8	8	8
Oregon	–	–	2
Wyoming	7	7	7
Distrito de Columbia	1	1	1
Dallas, Texas	2	1	1
Sudoeste do estado de Washington (AQMA)	1–2	1–2	8–32
Condado de Polk, Iowa	7	7	7
Cedar Rapids, Iowa	4	8	20
Omaha, Nebraska	4	8	20
Chattanooga, Condado de Hamilton, Tennessee	0	4	4

Fonte: Adaptado de Sweeten (1990); McGinley, Mahin e Pope (2000); Mahin (2001).

A abordagem baseada na *Nuisance Law* utiliza uma linguagem geral de incômodo. De acordo com Mahin (2001), tal linguagem exige que os odores não causem incômodo fora dos limites da propriedade da fonte emissora, conforme verificado por fiscais de campo, em resposta a reclamações públicas.

No que diz respeito ao setor de criação intensiva de animais, as regulamentações se baseiam principalmente em abordagens que estabelecem DMS. Diversos estados estabelecem diretrizes de distâncias mínimas entre instalações de criação animal e receptores sensíveis, baseadas no tipo e no número de animais. Outros estados consideram também a sensibilidade do meio receptor. Como diretriz geral, a

Sociedade Americana de Engenharia Agrícola (ASAE) recomenda um afastamento de 400 a 800 metros para residências domésticas vizinhas e 1,6 km para áreas de desenvolvimento residencial (MAHIN, 2001).

5.3.7 CANADÁ

A legislação federal canadense não contém qualquer disposição relativa à emissão de odores proveniente de instalações agrícolas ou industriais. As leis (ou decretos) aprovadas pelo legislativo estabelecem um quadro jurídico para abordar a questão, cabendo às províncias ou territórios elaborar regulamentações para aplicar tais leis (BOKAWA, 2010).

Na Província de Quebec, a *Règlement* 2001-10 da Comunidade Metropolitana de Montreal (que substituiu a *Réglement* 90 da antiga Comunidade Urbana de Montreal, CUM), proíbe emitir ou deixar emitir na atmosfera um poluente odorante em concentração igual ou superior a 1 $UO.m^{-3}$ fora dos limites da propriedade da instalação emissora (CUM, 2001). Dessa forma, a determinação do impacto odorante é realizada através da quantificação das emissões através de olfatometria dinâmica e da modelagem da dispersão atmosférica. Na prática, os valores são convertidos em concentrações de odor de pico com tempo de média de 4 minutos através da aplicação de um fator de 1,9 (fator pico/média), de acordo com as recomendações do Guia de Modelagem do Quebec (LEDUC, 2005).

A cidade de Boucherville (na Província de Quebec), possui uma regulamentação específica para odores. A *Réglement (By-law) 2008-109*, que dispões sobre o controle de incômodos olfativos, estabelece limites máximos de concentração de odor no ar ambiente que se aplicam a todas as instalações industriais e comerciais do município. A abordagem se baseia na realização de um estudo de impacto odorante contemplando a caracterização de todas as fontes de odor por olfatometria dinâmica e a modelagem da dispersão atmosférica. São estabelecidos dois limites de odor no ar ambiente: uma concentração de odor máxima fixada em 10 $UO.m^{-3}$ que deve ser respeitada durante todo o tempo e um limite de 5 $UO.m^{-3}$ que pode ser excedido durante 2% do tempo em uma base anual (i.e., uma frequência de conformidade de 98%). Dessa forma, ao longo de um ano, admite-se que durante 175 horas a concentração de odor no ambiente esteja entre 5 $UO.m^{-3}$ e 10 $UO.m^{-3}$. Os critérios se aplicam aos limites da propriedade da instalação emissora e são baseados em uma concentração média de 4 minutos, conforme recomendado por Leduc

(2005). No caso de uma frequente ou significativa ultrapassagem desses limites, a lei determina que o Departamento de Desenvolvimento Urbano de Boucherville poderá exigir o monitoramento contínuo das emissões odorantes através da instalação de narizes eletrônicos (BOUCHERVILLE, 2008).

Na Província de Ontário a *Regulation 419/05 – Local Air Quality*, que entrou em vigor em novembro de 2005, revogando a *Resolution 346 – General Air Pollution*. Isso resultou em mudanças radicais e abrangêntes na maneira com que a qualidade do ar passou a ser regulada (MOE, 2009). Os elementos desse regulamento foram concebidos para serem implementados durante um período 15 anos, devendo englobar todas as instalações emissoras de compostos odoríferos até 2020. Nesse novo sistema, relatórios de inventário de emissão e de modelagem de dispersão (ESDM[13]) são os principais instrumentos utilizados para o controle de emissões industriais e a verificação de conformidade com os padrões de qualidade do ar estabelecidos nos chamados "pontos de impacto" (e.g., residências, escolas, hospitais, centros comunitários, áreas de recreação ao ar livre; MOE, 2009). São estabelecidos padrões de imissão para uma série de compostos odorantes (MOE, 2012). Além disso, reconhecendo que a ofensividade é um fator importante que afeta o impacto odorante, foram estabelecidos padrões de imissão específicos para compostos reduzidos de enxofre (i.e., sulfeto de hidrogênio, metilmercaptana, dimetilsulfeto e dimetildisulfeto) com tempo de média de 10 minutos (contra 30 minutos normalmente definidos para outros compostos odorantes) e frequências de conformidade de 99,5%. Para misturas odorantes, existe uma diretriz de 1 $UO.m^{-3}$ (MAHIN, 2001; BOKAWA, 2010). A conversão da concentração máxima horária, calculada pelo modelo de dispersão, para o tempo de 10 min, deve ser realizada através da aplicação de um "fator conversão" (*peak-to-mean ratio*) de 1,65 (MOE, 2008). A Quadro 5.9 apresenta critérios adotados por outras províncias ou territórios canadenses.

[13] Do inglês, *Emission Summary and Dispersion Modelling*.

Quadro 5.9 – Critérios de impacto de odor – Canadá.

Província ou Território	Critério
Manitoba	2 UO medidos em áreas residenciais e 7 UO em áreas industriais
Alberta, Nova Brunswick, Terra Nova e Labrador, Territórios do Noroeste, Ilha do Príncipe Eduardo	Nenhum critério. O odor é um contaminante proibido
Nova Brunswick, Terra Nova e Labrador	H_2S – 15 $\mu g.m^{-3}$ (1 hora) ou 5 $\mu g.m^{-3}$ (24 horas)
Terra Nova e Labrador	NH_3 – 100 $\mu g.m^{-3}$ (1 hora)
Colúmbia Britânica, Nova Escócia, Saskatchewan	Nenhum critério. O odor é considerado um contaminante

Fonte: Adaptado de Bokawa (2010).

Algumas províncias como Saskatchewan, Manitoba e Alberta possuem diretrizes de distâncias mínimas de separação aplicadas ao setor de criação intensiva de animais. As diretrizes de Saskatchewan e Manitoba baseiam-se apenas no número de animais. Já em Alberta, as diretrizes se baseiam em formulações empíricas que envolvem parâmetros relacionados à fonte de odor, às condições de dispersão e à topográfica local (LI, 2009).

5.3.8 NOVA ZELÂNDIA

Na Nova Zelândia a *Resource Management Act 1991*, estabelece os requisitos básicos para proteção do meio ambiente contra efeitos adversos, incluindo incômodos olfativos. A lei prevê a inclusão de uma condição no licenciamento para que seja adotada a melhor opção praticável (*Best practicable option, BPO*) no controle da poluição atmosférica (CASANZ, 2011).

Para fornecer uma abordagem nacional padronizada o Ministério do Meio Ambiente da Nova Zelândia elaborou o documento intitulado "Guia de Boas Práticas para Avaliar e Gerir odores na Nova Zelândia"[14] (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003). Esse documento estabelece diretrizes e recomendações para determinar quando um odor pode ou não ser considerado um incômodo e apresenta

[14] Do inglês: *Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand*.

as metodologias e critérios de avaliação de impactos mais adequados de acordo com a natureza da fonte emissora.

Para instalações existentes, a modelagem da dispersão geralmente não é recomendada como uma ferramenta de avaliação de impacto odorante, devendo prevalecer a opinião da comunidade sobre os efeitos dos odores. Se dados da comunidade estão disponíveis para demonstrar que existe um problema de odor, então, a modelagem de dispersão não deve ser utilizada para argumentar de maneira contrária. No entanto, modelos de dispersão podem ser utilizados para identificar fontes de odor que estão causando impactos sobre a comunidade ou identificar quais fontes devem ser controladas e em que nível. Nesse caso, são recomendadas algumas metodologias como a investigação e análise de queixas, a aplicação de questionários e a realização de reuniões comunitárias (NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2003).

No caso de novas instalações ou para estimar o futuro impacto decorrente de ampliações em instalações existentes, a modelagem de dispersão atmosférica pode ser apropriada. Estudos devem ser realizados de acordo com o documento "Guia de Boas Práticas para Modelagem de Dispersão Atmosférica" (*Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling;* NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2004). Para misturas de compostos odorantes, critérios numéricos são utilizados para avaliar concentrações previstas em nível do solo, além dos limites da propriedade da fonte emissora. Os critérios de avaliação de impacto odorante são concentrações médias horárias e já incluem fatores pico/média de ajuste para todos os tipos de fonte (CASANZ, 2011). Esses critérios variam de acordo com a sensibilidade do meio receptor, sendo que a estabilidade atmosférica é considerada para ambientes com alta sensibilidade (Quadro 5.10).

Quadro 5.10 – Critérios de avaliação de impacto odorante – Nova Zelândia.

Sensibilidade do meio receptor	Concentração de odor [UO.m^{-3}]	Percentil [%]
Alta (pior caso em condições instáveis a semi-instáveis)	1	99,9 e 99,5
Alta (pior caso em condições neutras a estáveis)	2	99,9 e 99,5
Moderada (todas as condições)	5	99,9 e 99,5
Baixa (todas as condições)	5 – 10	99,5

Fonte: Adaptado de CASANZ (2011).

As diretrizes determinam que o percentil de referência é o 99,5%. Entretanto o percentil 99,9% pode ser utilizado para auxiliar na avaliação dos resultados do modelo (FREEMAN; CUDMORE, 2002; CASANZ, 2011).

5.3.9 AUSTRÁLIA

A Austrália tem um quadro regulamentar bem desenvolvido em matéria de odores. O país possui 8 divisões administrativas, sendo 6 estados e 2 territórios. Cada estado (Novas Gales do Sul, Tasmania, Queensland, Austrália do Sul, Victoria e Austrália Ocidental) possui sua própria política para odores. No entanto, os territórios da Capital da Austrália e do Noroeste não possuem regulamentações específicas.

Nova Gales do Sul

Em Nova Gales do Sul, o licenciamento de novas instalações ou a ampliação de instalações existentes é condicionado à realização de um estudo de modelagem atmosférica. O estudo deve demonstrar o atendimento aos critérios de avaliação de impacto no receptor sensível mais próximo (e.g., casas, escolas, hospitais). Se os critérios não forem atendidos, a proposta precisa ser revista e modificada de forma que os critérios sejam atendidos (CASANZ, 2011).

As diretrizes estabelecem limites de concentração no ar ambiente para uma série de compostos odorantes individuais, com base nos valores estabelecidos na província de Victoria. Para misturas complexas de compostos odorantes, o critério de avaliação de impacto varia de

2 UO.m^{-3} a 7 UO.m^{-3}, de acordo com a densidade populacional (DEC, 2005) – Quadro 5.11.

Quadro 5.11 – Critérios de odor – Nova Gales do Sul, Austrália.

Número de pessoas afetadas	Concentração de odor [UO.m^{-3}]	Tempo de média @ frequência de conformidade
Residências rurais (<2)	7	1 segundo @ 99%
~10	6	
~30	5	
~125	4	
~ 500	3	
Área urbana (> 2000)	2	

Fonte: Adaptado de DEC (2005).

A Agência de Proteção Ambiental de Nova Gales do Sul exige o cálculo de concentrações de pico tanto para misturas odorantes quanto para sulfeto de hidrogênio, cujos limites também são determinados em função da densidade populacional. Dessa forma, para esses poluentes, as concentrações máximas horárias calculadas pelo modelo de dispersão devem ser convertidas em concentrações de pico de 1 segundo. Para essa finalidade, são recomendados diferentes fatores pico/média, que variam de acordo com o tipo de fonte, a classe de estabilidade atmosférica e a distância do receptor (DEC, 2005).

Tasmania

Na Tasmania, a Política de Proteção Ambiental para o Controle da Qualidade do Ar (DPIPWE, 2005) estabelece o quadro regulamentar para gestão e regulação de fontes pontuais e difusas de poluentes atmosféricos com potencial de causar danos ambientais ou incômodos ao meio ambiente. De acordo com a política, se uma autoridade reguladora está convencida de que um odor de uma atividade está causando ou é susceptível de causar um incômodo ambiental ou danos ao meio ambiente, essa deve exigir que a emissão da fonte de odor não ultrapasse os critérios de odor estabelecidos no limite ou além dos limites da propriedade da fonte emissora.

Para poluentes individuais são estabelecidas concentrações máximas no ar ambiente com base no LPO com tempo de média de 3 minutos. O percentil 99,9º da concentração é utilizado para avaliar o impacto nos limites ou fora dos limites da propriedade da instalação emissora. Para misturas de compostos odorantes desconhecidos, o critério de avaliação é 2 $UO.m^{-3}$ com tempo de média de 1 hora e frequência de conformidade de 99,5%. Em todos os casos, se dados de emissão ou dados meteorológicos de boa qualidade não estão disponíveis para utilização pelo modelo de dispersão, não é admitida nenhuma ultrapassagem dos limites estabelecidos. Os critérios se aplicam tanto para a avaliação de propostas de novas atividades quanto para a resolução de problemas envolvendo atividades existentes (CASANZ, 2011). Esses critérios são apresentados resumidamente na Quadro 5.12.

Quadro 5.12 – Critérios de avaliação de impacto odorante – Tasmania, Austrália.

Poluente	Limite	Tempo de média	Percentil[1] [%]
Poluentes conhecidos	Concentração mássica	3 min	99,9
Mistura desconhecida	2 $UO.m^{-3}$	1 hora	99,5

Fonte: Adaptado de DPIPWE (2005).

Queensland

A legislação ambiental de Queensland não estabelece padrões legais para emissões atmosféricas ou para qualidade do ar ambiente. Cada atividade é avaliada com seus próprios méritos para garantir que todas as medidas razoáveis e praticáveis sejam tomadas para prevenir ou minimizar danos ambientais. No entanto, a *Environmental Protection (Air) Policy 2008*, estabelece indicadores e objetivos de qualidade do ar ambiente para diversos poluentes (CASANZ, 2011).

A modelagem de dispersão é obrigatória para novas instalações ou ampliação de instalações existentes. Para instalações existentes a modelagem não é exigida, entretanto, pode ser utilizada como uma ferramenta útil para estimar a contribuição relativa de fontes individuais quando da avaliação de odores e de alternativas para melhorar a gestão ambiental (CASANZ, 2011).

Para misturas de compostos odorantes, critérios numéricos são usados para avaliar concentrações previstas em nível do solo no receptor sensível mais impactado fora dos limites da propriedade da instalação emissora. No entanto, é importante ressaltar que esses critérios são utilizados somente para fins de projeto (Quadro 5.13).

Quadro 5.13 – Critérios de avaliação de impacto odorante – Queensland, Austrália.

Tipo de fonte	Concentração [$UO_E.m^{-3}$]	Tempo de média @ frequência de conformidade
Chaminés altas	0,5	1 h @ 99,5%
Fontes no nível do solo ou plumas de chaminés baixas com efeito *downwash*	2,5	1 h @ 99,5%

Fonte: O Autor.

Os critérios foram desenvolvidos com base em uma concentração de odor de pico de 5 $UO.m^{-3}$ (CASANZ, 2011). Os valores foram convertidos em concentrações médias horárias utilizando um fator pico/média igual a 10 para chaminés altas e 5 para outras fontes de odor.

A intensidade de odor percebida também pode ser utilizada como critério de avaliação de impacto odorante. No caso de instalações existentes, um critério de intensidade de odor "fraco" pode ser utilizado quando a relação entre intensidade e concentração de odor pode ser determinada a partir de medições do mesmo tipo de odor. Nesse caso, as avaliações devem ser realizadas com base na norma VDI 3882 – Parte 1 (CASANZ, 2011).

Além disso, são estabelecidos critérios de avaliação de impacto para poluentes individuais com base no LPO. Valores de referência podem ser adotados a partir de diversas fontes, incluindo os estabelecidos na Política de Proteção a Qualidade do Ar de Queensland (OQPC, 2012), os adotados na província de Victoria (VICTORIA, 2001) e valores determinados em estudos recentes utilizando técnicas de olfatometria dinâmica.

Austrália do Sul

Na Austrália do Sul, se a Autoridade de Proteção Ambiental (SAEPA) acredita que um projeto envolve uma grande probabilidade de causar impacto odorante, é exigida uma avaliação quantitativa em um estágio inicial do processo de licenciamento. A necessidade de tal avaliação é determinada caso a caso e depende da natureza do projeto e da sensibilidade do meio receptor. Em conjunto com essa avaliação, a SAEPA espera que o proponente, como parte do plano de gestão ambiental, reconheça e verifique a opinião da população e as preocupações a respeito dos odores emitidos (SAEPA, 2007). De fatom consultas comunitárias no processo de tomada de decisão são importantes na gestão de odores ambientais.

Para demonstrar que um efeito adverso não irá ocorrer no nível do solo devido às emissões de uma nova instalação ou de uma instalação existente, é exigido do proponente a utilização de técnicas de modelagem de dispersão computadorizada para prever as concentrações máximas de poluentes no nível do solo que irão resultar (SAEPA, 2007).

Os critérios de odor variam de acordo com o número de pessoas impactadas. Isso se baseia no fato de que quanto maior a densidade populacional, maior a probabilidade de receptores sensíveis serem impactados, resultando em um maior potencial de queixas relacionadas a odores e, portanto, critérios mais rígidos são necessários. Os níveis de odor previstos (médias de 3 minutos) não devem ser ultrapassados durante 99,9% do tempo em receptores sensíveis fora dos limites da propriedade da instalação emissora (Quadro 5.14).

Quadro 5.14 – Critérios de avaliação de impacto odorante – Austrália do Sul, Austrália.

Número de pessoas	Concentração de odor [UO.m^{-3}]	Tempo de média @ frequência de conformidade
2000 ou mais	2	3 min @ 99,9%
350 – 1999	4	
60 – 349	6	
12 – 59	8	
Única residência (menos de 12)	10	

Fonte: Adaptado de SAEPA (2007).

De modo geral, os critérios são utilizados para desencadear novas ações. A ação depende da magnitude do impacto previsto (CASANZ, 2011):

- Os níveis de odor previstos são a metade dos critérios aplicáveis – pode-se esperar que o empreendimento final permanecerá dentro dos níveis de odor aceitáveis na maioria dos casos e o licenciamento pode continuar;
- Os níveis de odor previstos estão entre a metade e o dobro dos critérios aplicáveis – o sistema de tratamento de odores deve ser reavaliado e os detalhes do modelo revistos;
- Os níveis de odor previstos são o dobro dos critérios – toda a concepção da proposta precisa ser reavaliada.

A modelagem não deve ser o único método de utilizado para avaliar o potencial impacto odorante de um empreendimento, outras ferramentas incluem: o histórico de queixas, a experiência prática anterior com a atividade, resultados de consultorias e pesquisas de opinião (questionários). Além disso, são estabelecidas diretrizes de distâncias mínimas de separação para uma variedade de indústrias. Em geral, as distâncias não dependem do tamanho ou volume de negócios da instalação, mas são baseadas na experiência com instalações de tamanho padrão utilizando as melhores tecnologias disponíveis, incluindo equipamentos de controle de odores (SAEPA, 2007).

5.3.10. ISRAEL

Em Israel, não existe legislação que regule questões específicas de odores. Porém alguns procedimentos foram desenvolvidos e são reconhecidos pela Suprema Corte como prova de violação à Lei de Prevenção de Incômodos.

A Lei de Prevenção de Incômodos de Israel, 5721-1961 (ISRAEL, 1961), também conhecida como Lei Kanowitz, estabelece que "nenhum indivíduo pode produzir um odor intenso ou exagerado, a partir de qualquer fonte, que incomode, ou possa incomodar, uma pessoa na vizinhança ou um transeunte". Desde a promulgação da Lei, diversos limites máximos foram fixados para prevenir incômodos de ruídos e poluição do ar. No entanto, não foram estabelecidos valores quantitativos para determinação de incômodos olfativos (LEVINSON, 2007). Segundo Laor et al. (2011), a subjetividade implícita a essa determinação fazia com que a aplicação da Lei fosse problemática.

Na ausência de valores numéricos estabelecidos legalmente, pesquisadores do Ministério de Proteção Ambiental e da Organização de Pesquisa Agrícola de Israel desenvolveram um teste de seleção para recrutamento de pessoas para a realização de avaliações de impacto odorante em campo (LAOR et al., 2012). As pessoas recrutadas e certificadas não necessitavam de um treinamento especial, sendo sua percepção natural considerada suficiente para efetuar tais avaliações. Segundo Laor et al. (2012), um grupo formado por 4 pessoas certificadas se mostrou capaz de representar a percepção média de intensidade de odor de uma comunidade.

Essa metodologia foi adotada pelo Ministério de Proteção Ambiental e pelo Ministério de Agricultura para formar os chamados "esquadrões do cheiro", os quais eram formados por pelo menos quatro indivíduos que utilizavam alguns parâmetros para detectar e avaliar a presença de odores na comunidade. Quando uma queixa era registrada, essa era encaminhada ao esquadrão do cheio. Cada membro avaliava o odor em uma escala de zero (nenhum odor desagradável) a cinco (um odor insuportável). Se mais de 50% do grupo relatasse que podia sentir um odor, o grupo avaliava outros parâmetros, a fim de decidir qual a melhor ação a ser tomada (KLOOSTERMAN, 2008).

Com base nas metodologias desenvolvidas, a Suprema Corte de Israel passou a aceitar provas subjetivas para determinação de incômodos olfativos em casos civis e criminais (LEVINSON, 2007). Dessa forma, ainda que sem a regulamentação de valores numéricos, a Lei de Prevenção de Incômodos passou a ser efetivamente implementada utilizando as avaliações do esquadrão do cheiro.

Em setembro de 2010, o Ministério de Proteção Ambiental de Israel estabeleceu novos procedimentos definindo critérios objetivos para avaliação de impacto odorante que inclui mecanismos de regulação encontrados na Alemanha e nos Estados Unidos. De acordo com os novos procedimentos, um incômodo olfativo é estabelecido se o Ministério receber pelo menos três queixas de odor independentes dentro de 24 horas ou 10 reclamações independentes no período de 30 dias (LEVINSON, 2007). Para a apuração de queixas, é estabelecida uma metodologia baseada nas diretrizes do Reino Unido.

Além disso, as novas diretrizes incluem o uso do modelo de dispersão atmosférica AERMOD para avaliar o impacto odorante das fontes emissoras (LAOR et al., 2012). Os dados de emissão de odor devem ser medidos a partir de amostras de ar coletadas na fonte e

analisadas através de olfatometria dinâmica de acordo com a norma europeia EN 13725 (CEN, 2003). Os critérios máximos de exposição no ar ambiente se baseiam em frequências de conformidade de 98% para instalações existentes e 99,5% para novas instalações e variam de 1 $UO.m^{-3}$ a 10 $UO.m^{-3}$, de acordo com o tipo de uso do solo (ISRAEL MINISTRY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2010) – Quadro 5.15.

Quadro 5.15 – Critérios de avaliação de impacto odorante – Israel.

Aplicação	Concentração [$UOE.m^{-3}$]	Tempo de média @ frequência de conformidade
Áreas residenciais	1	1 h @ 98% (novas instalações) 99,5% (instalações existentes)
Áreas mistas	5	
Outras áreas	10	

Fonte: O Autor.

5.3.11 LITUÂNIA

Na Lituânia, existem atualmente dois padrões sanitários para regular odores no ar ambiente: uma norma que estabelece limites máximos de concentração para poluentes individuais e outra que estabelece limites máximos para misturas odorantes.

A norma higienista HN 35:2007 (LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA, 2007) estabelece limites máximos de concentração em ar ambiente para uma série de compostos químicos, alguns de caráter odorante. Em geral, os valores estabelecidos são superiores ao limite de percepção olfativa. Para alguns compostos químicos o limite máximo admitido é igual a cinco vezes o limite de percepção olfativa (i.e., equivalente a uma concentração de odor de 5 $UO.m^{-3}$). No caso do sulfeto de hidrogênio (H_2S), o limite de concentração é de aproximadamente 10 vezes o limite de percepção.

Para misturas odorantes, a norma HN 121:2010, que regulamenta o controle e o monitoramento de odores em áreas residenciais e comerciais (MONTRIMAITĖ; LAPINSKIENĖ, 2012), estabelece um limite de concentração de odor de 8 $OU_E.m^{-3}$, o qual deve ser determinado por olfatometria dinâmica. Segundo Maèiûnas et al. (2011), esse valor foi estabelecido com base na experiência internacional. A norma determina ainda um conjunto de procedimentos de avaliação de impacto odorante

divididos em quatro etapas, iniciando com o registro e a apuração da queixa, a identificação dos compostos químicos responsáveis pelo odor e finalizando com um estudo de impacto de modelagem de dispersão atmosférica. Se for constatado que o limite é ultrapassado, o responsável pela fonte emissora deverá apresentar dentro de 30 dias um plano de ação para redução de suas emissões, o qual deve especificar as devidas medidas mitigadoras a serem aplicadas e seus respectivos prazos de execução (LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA, 2010).

5.3.12 ITÁLIA

Na Itália, a regulamentação dos odores é recente e limitada à região da Lombardia (CUSANO et al., 2010, RANZATO et al., 2012, REGIONE LOMBARDIA, 2012). As diretrizes regionais da Lombardia apresentam uma verdadeira política para o controle de incômodos olfativos, que inclui a participação da comunidade na avaliação de impactos odorantes. Essas diretrizes seguem a tendência de limitar a exposição, sobretudo, no nível de imissão, através da modelagem da dispersão atmosférica, e estabelecem um sofisticado procedimento de avaliação de incômodos olfativos.

Estudos de impacto odorante, baseados na modelagem da dispersão de odores, são obrigatórios para o licenciamento de novas instalações ou a renovação da licença de instalações existentes (REGIONE LOMBARDIA, 2012). Os chamados "critérios de aceitabilidade" são expressos em termos do percentil 98º dos valores de concentração de odor de pico em uma base anual. Embora na literatura científica não haja consenso quanto à definição de um valor razoável para o tempo de média na modelagem de dispersão de odores, um fator único uniforme de 2,3 é recomendado.

Os limites estabelecidos diferem para novas instalações ou instalações existentes e variam de acordo com o tipo de uso do solo (residencial, comercial, agrícola ou industrial). Em caso de áreas mistas, determina-se que o menor valor deve ser considerado. A seguir são apresentados os critérios de aceitabilidade estabelecidos para novas instalações (CUSANO et al., 2010):

- $UO_E.m^{-3}$ no primeiro receptor, i.e., no receptor mais próximo, em áreas residenciais;

- $UO_E.m^{-3}$ no primeiro receptor ou a 500 m a partir do limite da área da propriedade em área comerciais;
- $UO_E.m^{-3}$ no primeiro receptor ou a 500 m a partir do limite da área da propriedade em áreas agrícolas ou industriais.

No caso de instalações existentes, os critérios variam de acordo com o tipo de uso do solo e em função da distância em relação aos limites da propriedade (Quadro 5.16).

Quadro 5.16 – Critérios de aceitabilidade para instalações existentes – Região da Lombardia, Itália.

Zona	Distância dos limites da área da propriedade (m)		
	< 200	200 – 500	> 500
Residencial	3 $UO_E.m^{-3}$	2 $UO_E.m^{-3}$	1 $UO_E.m^{-3}$
Comercial	4 $UO_E.m^{-3}$	3 $UO_E.m^{-3}$	2 $UO_E.m^{-3}$
Agrícola ou Industrial	5 $UO_E.m^{-3}$	4 $UO_E.m^{-3}$	3 $UO_E.m^{-3}$

Fonte: O Autor.

Um aspecto interessante é a flexibilidade existente na legislação italiana. Dependendo do tom hedônico da emissão odorante, a licença pode autorizar limites menos restritivos aos apresentados anteriormente (CUSANO et al., 2010). Isso também vale para instalações existentes localizadas em áreas urbanas, cuja aplicação das melhores tecnologias disponíveis não permite atingir os valores de concentração estabelecidos.

Para instalações existentes que não são sujeitas à renovação da licença ambiental, porém causam problemas de incômodo olfativo, é proposto um procedimento dividido em 4 etapas. De acordo com as diretrizes, esse procedimento produz resultados interpretáveis e comparáveis com os limites estabelecidos através dos "critérios de aceitabilidade". O procedimento também pode ser adotado no caso de novas instalações que, após entrarem em operação, provocam incômodos sobre a comunidade.

5.4. SÍNTESE E DISCUSSÃO

A análise do quadro regulamentar internacional revelou uma grande heterogeneidade entre os diferentes países e jurisdições. Esta

heterogeneidade no quadro regulamnentar internacional em matéria de odores é apontada por outros autores, como Loriato et al. (2012).

De maneira geral, os critérios de conformidade dependem dos seguintes fatores:

- Tamanho da instalação;
- Altura da emissão;
- Número de pessoas afetadas;
- Distância a partir dos limites da propriedade da fonte emissora;
- Zoneamento e uso do solo;
- Nova instalação ou instalação existente;
- Setor de atividade ou tipo de odor;
- Sensibilidade do meio receptor.

No que diz respeito ao CIO, o Quadro 5.17 apresenta uma síntese dos valores encontrados nos países estudados. Conforme pode ser observado, os limites de concentração de odor variam de 0,5 $UO.m^{-3}$ a 10 $UO.m^{-3}$, com tempos de média de 1 s a 1 h, e frequências de conformidade de 95% a 100%. Em alguns casos as regulamentações e diretrizes são setoriais; em outros casos, são horizontais, i.e., se aplicam a todas as atividades que potencialmente podem causar incômodos olfativos. Alguns países também possuem diretrizes de concentração máxima para substâncias químicas específicas, expressas tipicamente em unidades de massa/volume, onde os limites foram estabelecidos com base em limites de percepção e não de toxicidade. Tipicamente, tais limites de odor estão associados a compostos normalmente associados incômodos olfativos, como H_2S (odor de ovo podre).

Quadro 5.17 – Síntese dos critérios de impacto de odor adotados internacionalmente (continua).

País	Cidade ou região	C odor [UO.m^{-3}]	Percentil	t média	u	F	C odor eq. [UO.m^{-3}]	Comentários
Holanda	–	0,5 – 5,0	95 – 98	1 hora	–	1	0,5 – 5,0	Determinado a partir de estudos de dose e efeito. Varia em função do tipo de atividade produtiva
Reino Unido	–	1,5 – 6,0	98	1 hora	–	1	1,5 – 6,0	Varia de acordo com a "ofensividade" do odor
República da Irlanda	–	1,5 – 6,0	98	1 hora	–	1	1,5 – 6,0	Suinocultura
		1,5 – 6,0	98				1,5 – 6,0	Instalações industriais; baseado nas diretrizes do Reino Unido
		1 – 10	99,5				1 – 10	Instalações industriais; baseado nas diretrizes da Nova Zelândia
Alemanha	–	1	98	1 s	–	4	0,25	Baseado na frequência de "horas de odor" (odores reconhecíveis). Varia de acordo com o tipo de uso do solo
França	–	5	98	1 hora	–	1	5	Compostagem
			99,5					Instalações de processamento de subprodutos de origem animal
Lituânia	–	8	98	1 hora	–	1	8	Áreas residenciais e comerciais

Quadro 5.17 – Síntese dos critérios de impacto de odor adotados internacionalmente (continuação).

País	Cidade ou região	C odor [UO.m^{-3}]	Percentil	$t_{média}$	u	F	C odor $_{eq.}$ [UO.m^{-3}]	Comentários
Austrália	Nova Gales do Sul	1 – 7	99	1 s	–	1,9 – 25		Varia de acordo com o número de pessoas afetadas; receptor sensível mais próximo
	Tasmania	2	99,5 – 100	1 hora	–	1	2	Nos limites ou além dos limites da área da propriedade da fonte emissora
	Queensland	0,5 – 2,5	99,5	1 hora	–	5 – 10	0,5 – 2,5	Receptor sensível mais impactado
	Austrália do Sul	2 – 10	99,9	3 min	0,2	1,82	1,09 – 5,49	Varia de acordo com o número de pessoas afetadas
	Austrália Ocidental	2 4	99,5 99,9	3 min	0,2	1,82	1,10 – 2,20	
	Victoria	1	99,9	3 min				
Nova Zelândia	–	1 – 10	99,5	1 hora	–	5 – 10	0,1 – 1,0	Varia de acordo com a sensibilidade do meio receptor

Quadro 5.17 – Síntese dos critérios de impacto de odor adotados internacionalmente (conclusão).

País	Cidade ou região	C odor [UO.m-3]	Percentil	$t_{média}$	u	F	C odor $_{eq.}$ [UO.m^{-3}]	Comentários
Estados Unidos	*							Critérios variáveis entre as diferentes jurisdições
Canadá	Montreal	1	–	4 min	0,24	1,9	0,52	Limite da propriedade
	Boucherville	5 10	98 100	4 min	0,24	1,9	2,63	Limite da propriedade
	Ontário	1	99,5	10 min	0,28	1,65	0,60	Receptor sensível mais impactado
Israel	-	1 – 10	98 – 99,5	1 hora	-	1	1 – 10	Varia de acordo com o tipo de uso do solo
Itália	Lombardia	2 – 5	98	–	–	2,3	0,87 – 2,17	Varia de acordo com o tipo de uso do solo e a distância a partir da área da propriedade da fonte

Fonte: O Autor.
* Cf. Quadro 5.7, p. 207 (dados secundários).

5.5. UM QUADRO LEGAL E REGULAMENTAR EFICAZ PARA OS ODORES NO BRASIL

Uma abordagem regulatória para o controle de incômodos olfativos, no contexto de uma política de proteção ambiental, deve ser estabelecida considerando os diferentes fatores FIDOL que afetam o impacto odorante. Essa abordagem também deve incluir mecanismos de avaliação de incômodos olfativos e a participação da comunidade na avaliação dos impactos percebidos.

Nesse contexto, Vieira (2013) propõe uma abordagem baseada na adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e no estabelecimento de Padrões de Distâncias Mínimas (PDM), Padrões Máximos de Emissão (PME), Padrões Máximos de Impacto (PMIm) e Padrões Máximos de Incômodo (PMIn). O mecanismo de regulação baseia-se fundamentalmente no processo de licenciamento ambiental de instalações potencialmente poluidoras.

5.5.1 PADRÕES MÁXIMOS DE EMISSÃO

A partir de conhecimentos consolidados sobre o impacto resultante de diferentes emissões odorantes, PME podem ser estabelecidos com base em valores que se espera não resultar em um impacto significativo sobre à comunidade. Os limites podem ser aplicados individualmente às diferentes atividades geradoras de substâncias odoríferas, como estabelecido na antiga Resolução SEMA 054/2006 (5.000.000 $UO.h^{-1}$); mas também ao conjunto de fontes emissoras da instalação com base na taxa de emissão odorante total (TEO_t). Um valor de referência que poderia ser utilizado é o de 20.000.000 $UO.h^{-1}$, estabelecido pela legislação francesa. Alternativamente, os limites também podem variar de acordo com a altura da chaminé ou a distância em relação aos receptores. Esta abordagem apresenta uma série de limitações, mas, em alguns casos, pode simplificar o processo de licenciamento ambiental (VIEIRA, 2013).

5.5.2 PADRÕES DE DISTÂNCIAS MÍNIMAS

Uma forma simples e eficaz de minimizar problemas, relacionados a incômodos olfativos, é estabelecer diretrizes para distâncias mínimas de separação entre instalações emissoras de odores potencialmente ofensivos e receptores sensíveis, como hospitais, escolas, unidades habitacionais e áreas de lazer. Isso forma uma chamada “zona tampão”, que permite que

as emissões se dissipem suficientemente na atmosfera antes de atingirem tais receptores. Essa é uma das formas mais antigas de controle e regulação de incômodos olfativos (FRECHEN, 2001). Na Holanda, por exemplo, essa abordagem foi introduzida em 1971 para o setor de produção suína (VAN HARREVELD, 2003).

Padrões de DMS são normalmente empregados no setor de criação intensiva de animais, onde o odor é emitido próximo ao nível do solo. No entanto, algumas províncias australianas também utilizam essa abordagem para instalações industriais (CASANZ, 2011). O Quadro 5.18 apresenta valores de referência estabelecidos pela agência de proteção ambiental de Victoria, na Austrália.

Quadro 5.18 – Distâncias de separação para operações de tratamento de esgoto (em metros) – Victoria, Austrália.

Tipo de instalação	**Capacidade de tratamento da instalação (Equivalente populacional)**			
	< 1.000	**< 5.000**	**< 20.000**	**< 50.000**
Estações de tratamento biológico/mecanizadas	100	200	300	400
Sistemas de lagoas aeróbias	150	350	700	1.000
Lagoas facultativas	300	700	1.400	2.200
Áreas de disposição de efluentes secundários tratados				
Por irrigação por aspersão	200	200	200	200
Por irrigação por inundação	50	50	50	50

Fonte: EPA Victoria (1990).

Diretrizes para DMS também podem simplificar o processo de licenciamento ambiental e proporcionar aos órgãos ambientais e aos proponentes de novos empreendimentos um indicativo do potencial impacto de determinadas atividades com relação a incômodos olfativos (VIEIRA, 2013). Devido a sua simplicidade e fácil implementação, está é uma abordagem com aplicação imediata que poderá nortear futuros empreendimentos. Entretanto, na sua concepção inicial, distâncias de separação fixas (considerando ou não o porte da instalação) podem ser solução de curto prazo devido ao crescimento habitacional e a dificuldade de controle da expansão urbana. Por essa razão, é fundamental o estabelecimento de outros mecanismos de controle (FRECHEN, 2001). Nos países onde as regulamentações estão em um estágio mais avançado de desenvolvimento, distâncias de separação são geralmente calculadas a partir de critérios de impacto de odor ou através de formulações empíricas

ou semi-empíricas em função do número de animais (setor de criação intensiva de animais).

5.5.3 PADRÕES MÁXIMOS DE INCÔMODO

Para McGinley, Mahin e Pope (2000), queixas de odor constituem a base de incômodos olfativos. Um "episódio de odor" pode levar um cidadão a apresentar uma reclamação junto à autoridade local ou estadual competente. Para a autoridade reguladora determinar se um incômodo existe na comunidade, a lei de odor pode estabelecer um critério baseado em queixas:

> A minimum number of complaints may be required, from a minimum number of different households, within a specific period of time, for the authority to declare that a nuisance exists. Additionally, a minimum number of the complaints may need to be "confirmed" or "verified" by the authority or by an agent of the authority.

Os autores ressaltam que em áreas de baixa densidade populacional pode ser difícil atender um critério de "número de queixas". Cabe lembrar que a ausência de queixa não significa ausência de incômodo. Entretanto, o grau, o número e a frequência de queixas podem ser usados como importantes indicadores da extensão e da gravidade de um problema de odor (NICELL, 2009).

Nicell (2009) apresenta um exemplo deste tipo de abordagem, adotado na Província de Manitoba (Canadá):

> a continuous or repeated odour, smell or aroma in an affected area, which is offensive, obnoxious, troublesome, annoying, unpleasant or disagreeable to a person, subject to at least 5 written complaints, within a 90 day period from 5 different persons who do not live in the same household.

Uma situação de incômodo também pode ser determinada com base na proporção dos moradores de uma região afetada que reclamam e consideram os odores como sendo inaceitáveis (NICELL, 2009). Dessa forma, um critério de incômodo com base nos resultados de enquetes olfatométricas pode ser estabelecido. Essa abordagem pode ser aplicada de maneira complementar ou servir de base para avaliações de impacto odorante em casos onde as emissões não podem ser medidas ou estimadas

adequadamente. Os resultados da enquete devem permitir a identificação da extensão do problema e podem servir como um "termômetro" para determinar se avaliações adicionais de impacto são necessárias.

Nicell (2009) ressalta que não há normas amplamente aceitas de como as estatísticas das reclamações podem ser usadas para estabelecer adequadamente a condição de um incômodo. Além disso, o sucesso desta abordagem para proporcionar proteção adequada e apropriada para a população e as indústrias ainda não foi demonstrada (NICELL, 2009).

Um critério de conformidade também pode ser estabelecido com base em questionários, i.e., estabelecendo um % máximo da população que se diz "incomodada" ou "muito incomodada". Com base nos resultados obtidos, é possível avaliar a extensão do problema e estabelecer um plano de ação para minimizar o problema.

5.5.4 PADRÕES MÁXIMOS DE IMPACTO

Existe uma tendência mundial de fixar limites de imissão ao invés de limites de emissão. Nesse caso, as concentrações de odor lançadas a partir das fontes de emissão devem ser medidas e, então, avaliadas nos receptores a fim de estabelecer uma ligação entre as emissões e os impactos (RANZATO et al., 2012). A taxa de emissão na fonte é usada para calcular a concentração de odor no nível do solo, a qual deve ser comparada com o respectivo critério de aceitabilidade. Essa abordagem é mais efetiva para a proteção da qualidade do meio ambiente e para o bem-estar do cidadão (CUSANO et al., 2010).

UM LIMITE OBJETIVO PARA O ODOR COM BASE NOS FATORES 'FIDOL'

Modelos de dispersão podem consumir menos tempo e recursos financeiros do que métodos baseados em medições de campo. Porém, os resultados dos modelos devem ser validados para verificar se as suas previsões coincidem com as medições experimentais feitas em campo (RANZATO et al., 2012). Dada a natureza específica dos impactos odorantes, estudos de campo devem ser realizados com base nos fatores FIDOL (NICELL, 2009). Nesse caso, metodologias que podem ser utilizadas são: RPO, questionários e inspeções de campo em campo. Desse modo, é possível obter dados comparáveis aos obtidos através da modelagem da dispersão (SIRONI et al., 2010; RIBEIRO et al., 2010; BARNÉOUD et al., 2012; RANZATO et al., 2012).

INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA

De acordo com Best, Lunney e Killip (2001), a previsão incômodos olfativos depende de dois elementos-chave: a estimativa das concentrações de pico ao nível do solo (dose) e a avaliação da probabilidade de um consequente efeito adverso (resposta).

Está claro que o nariz humano pode detectar concentrações elevadas de substâncias odorantes no ar que durem cerca de 1 segundo. O que não está claro é o ponto no qual a detecção do odor de maneira intermitente deve ser considerada um incômodo (SIMMS; WILKINSON; BETHAN, 2000). De fato, testes laboratoriais sugerem que a detecção do odor leva apenas cerca de 800 ms (OLOFSSON; BOWMAN; GOTTFRIED, 2013). Por outro lado, não há um consenso sobre uma concentração segura.

Simms, Wilkinson e Bethan (2000) consideram adequado um tempo de média de 3 minutos para levar em conta as capacidades de detecção de curto prazo do nariz humano e o fato que um odor necessita ser detectável sobre um período de tempo suficientemente longo para constituir um incômodo:

> Embora mais trabalho seja claramente necessário no estudo da relação entre incômodos olfativos e a detecção de odor sobre períodos curtos de tempo, parece pouco provável que um odor detectável altamente intermitente, com uma concentração média bem abaixo do limite de detecção, possa causar um incômodo. Dessa forma, os efeitos de variações muito pequenas (da ordem de alguns segundos) podem, provavelmente, ser adequadamente modelados considerando um período de 3 minutos. É razoável assumir que onde os resultados de tais investigações não excederem o limiar de detecção, é improvável que as concentrações de períodos de pico mais curtas sejam suficientemente detectáveis para provocar um incômodo. Isto se baseia na experiência de que o odor não se torna um problema até que seja detectável por períodos de tempo significativos, bem superior a três minutos (SIMMS; WILKINSON; BETHAN; 2000, tradução nossa).

Os limites de percepção e de reconhecimento variam de composto para composto. As informações encontradas na literatura também podem

ser bastante divergentes, dependendo do método experimental utilizado. Entretanto, a noção de níveis de odor pode ajudar legisladores no processo de mediação de conflitos entre os responsáveis pelas fontes emissoras e a população exposta a odores indesejados (Figura 5.4).

Figura 5.4 – Níveis de odor.

Fonte: O Autor.

Miedema e Ham (1988) e Miedema et al. (2000) encontraram uma forte correlação entre o percentil 98 da concentração de odor e a percentagem de pessoas altamente incomodadas. Com base nesta constatação, o percentil 98º das concentrações máximas horárias calculadas pelo modelo de dispersão foi adotado pela Holanda e diversos outros países, como forma de prevenir impactos "severos".

Na Austrália, pesquisadores determinaram experimentalmente fatores F para estimativa de concentrações de pico em terreno plano para diferentes tipos de fonte, distâncias e classes de estabilidade atmosférica (Quadro 5.19). Entretanto, os autores ressaltam que efeitos topográficos são frequentemente importantes e podem alterar tanto a intensidade quanto a concentração de odor.

Além disso, os efeitos de múltiplas fontes não estão claros:

> A superposition of results from single source considerations is likely to be over-conservative, due to the smoothing of concentration fluctuations caused by separating the sources and the response of the human nose to a mixture of odorous gases (BEST; LUNNEY; KILLIP, 2001).

Quadro 5.19 – Fatores F para estimativa de concentrações de pico em terreno plano.

Tipo de fonte	Classe de estabilidade (Pasquill-Giford)	F campo próximo	F campo afastado
Área	A, B, C, D	2,5	2,3
	E, F	2,3	1,9
Linha	A – F	6	6
Pontual ao nível do solo	A, B, C	12	4
	D, E, F	25	7
Pontual alta sem efeito esteira	A, B, C	17	3
	D, E, F	35	6
Pontual com efeito esteira	A – F	2,3	2,3
Volume	A – F	2,3	2,3

Fonte: Adaptado de Best, Lunney e Killip (2001).

Schauberger et al. (2012) reconhecem o conceito pico/média como uma importante ferramenta para estimar concentrações de odor de pico. Entretanto, os autores afirmam que um fator F constante (independente da estabilidade da atmosfera, da distância, e da geometria da fonte) não é apropriado e só pode por utilizado como uma estimativa muito grosseira. Conforme mostrado anteriormente, algumas províncias australianas estabelecem fatores F diferenciados. No entanto, essa é uma abordagem relativamente sofisticada, incompatível com a atual realidade brasileira.

Griffiths (2014) propõe uma abordagem multi-percentil para minimizar os problemas encontrados com a utilização de um único fator F. Esta é uma nova linha de pesquisa na busca por uma melhor compreensão do espectro de distribuição de frequências de concentração e os respectivos efeitos causados em termos de incômodo olfativo.

Uma solução simples para eliminar concentrações de pico muito elevadas seria estabelecer uma concentração máxima de, por exemplo, 10

$UO.m^{-3}$ que não deve ser jamais ser ultrapassada (critério adotado na cidade de Bourcheville, no Canadá). Esse critério pode ser considerado muito rigoroso, dada a variabilidade das condições que regem o fenômeno de dispersão de poluentes na atmosfera e a ocorrência de eventos extremos. Dessa forma, uma solução interessante seria admitir que este limite máximo possa ser ultrapassado por algumas horas ao longo de um ano (e.g., 9 horas; percentil 99,9%).

OFENSIVIDADE

Uma alternativa encontrada para incorporar a ofensividade nas legislações é através do estabelecimento de limites mais restritivos ou de frequências de excedência menores para odores mais ofensivos. Outra alternativa encontrada, se baseia em assumir que o odor possua caráter desagradável e então é estabelecida a possibilidade de fixar limites menos restritivos de acordo com a agradabilidade ou a desagradabilidade do odor. No entanto, muitas legislações simplesmente não levam em conta a ofensividade do odor, ou melhor, assumem que todo odor é ofensivo (NICELL, 2009). Essa é horizontalização dos limites pode se mostrar muito restritiva, sobretudo no caso de odores pouco agressivos como o de chocolate ou essência de baunilha.

LOCALIZAÇÃO

Um efeito adverso só é susceptível de ocorrer em um local no qual o odor é percebido e é invasivo; ou seja, é considerado inconsistente (incompatível) com o odor de fundo normal e pode causar perda de prazer ou do uso normal da propriedade (NICELL, 2009). Portanto, é razoável considerar que esta avaliação possa ser feita com base no zoneamento e uso do solo. Uma abordagem equivalente, adotada por algumas jurisdições atribui diferentes níveis de sensibilidade ao meio receptor. Entretanto, acredita-se que a abordagem proposta é de melhor entendimento e fácil implementação no contexto da realidade brasileira.

Nesse contexto, tendo em vista os impactos das emissões odorantes sobre a população exposta a esse tipo de poluição e a necessidade de prevenir ou mitigar tais impactos, critérios de impacto de odor são apresentados no Quadro 5.20.

Quadro 5.20 – Critérios de impacto de odor recomendados – Vieira, 2017.

Zona	Distância dos limites da área da propriedade (m)		
	< 200	200 – 500	> 500
Residencial	1,5 – 6 UO.m^{-3}	1 – 4 UO.m^{-3}	0,5 – 2 UO.m^{-3}
Comercial	2 – 8 UO.m^{-3}	1,5 – 6 UO.m^{-3}	1 – 4 UO.m^{-3}
Agrícola ou Industrial	2,5 – 10 UO.m^{-3}	2 – 8 UO.m^{-3}	1,5 – 6 UO.m^{-3}

Fonte: O Autor.

Os critérios de impacto de odor propostos se referem ao percentil 98º das concentrações máximas horárias, convertidas em concentrações de pico com base em um tempo de média de 3 min (F = 2,31). Isso significa que os valores de concentração apresentados não podem ser excedidos por mais do que 2% do tempo numa base anual (175 horas). Notar que para novas instalações os limites se aplicam aos limites da propriedade. Os valores foram estabelecidos com base nas diretrizes regionais da Lombardia (REGIONE LOMBARDIA, 2012) e da aplicação de um Fator D[15] que varia de 0,5 a 2,0 e depende da ofensividade do odor (Equação 5.1).

$$CIO_{R_i} = CIO_{ref} \times D_{od_i} \tag{5.1}$$

Onde:

CIO_{Ri} = critério de impacto de odor recomendado para o odor *i*;
CIO_{ref} = critério de impacto de odor de referência;
D_{odi} = fator de ajuste que depende da ofensividade do odor *i* (0,5–2,0).

O tom hedônico influencia o incômodo do odor e pode ser considerado para fins regulatórios (NIMMERMARK, 2004b). De fato, Sucker et al. (2008) mostraram que associações de sintomas de exposição e incômodo são fortemente influenciadas pelo tom hedônico de odor. Em particular, os odores neutros e desagradáveis são mais propensos a suscitar respostas de incômodo em comparação com odores agradáveis.

---

[15] Em homenagem ao cientista russo A. Dravnieks, autor do "Atlas of Odor Character Profiles". Para mais informações a respeito da importante contribuição de A. Dravnieks no campo da olfatometria, consultar o artigo: A tribute to Andrew Dravnieks. Chemical Senses, v. 14, n. 1, p. 3–9, 1989.

Os odores de processamento de subprodutos animais, que normalmente cheiram como um animal morto, estão entre os odores mais desagradáveis com um valor de tom hedônico de –3,75 em uma escala de 9 pontos variando de –4 a +4. No outro extremo, encontram-se odores de panificação (pão fresco) com valor hedônico igual a +3,53 (DRAVNIEKS et al., 1984).

Portanto, no caso de atividades de panificação, aplicar-se-ia um fator D = 0,5 de modo que os critérios de referência estabelecidos na legislação italiana sejam multiplicados por 2. Dessa forma, os limites recomendados seriam (Quadro 5.21):

- $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor (i.e., no receptor mais próximo) em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 4 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 6 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade;
- $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 6 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 8 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade;
- $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 8 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 10 $UO.m^{-3}$ no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade.

Quadro 5.21 – Critérios de impacto de odor recomendados para confeitarias e padarias – Vieira, 2017.

Zona	Distância dos limites da área da propriedade (m)		
	< 200	200 – 500	> 500
Residencial	6 $UO.m^{-3}$	4 $UO.m^{-3}$	2 $UO.m^{-3}$
Comercial	8 $UO.m^{-3}$	6 $UO.m^{-3}$	4 $UO.m^{-3}$
Agrícola ou Industrial	10 $UO.m^{-3}$	8 $UO.m^{-3}$	6 $UO.m^{-3}$

Fonte: O Autor.

No caso de instalações de processamento de subprodutos de origem animal, aplicar-se-ia um fator D = 2,0 de modo que os critérios de referência estabelecidos na legislação italiana sejam divididos por 2. Sendo assim, os limites recomendados seriam (Quadro 5.22):

- 0,5 UO.m^{-3} no primeiro receptor (i.e., no receptor mais próximo) em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 1 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 1,5 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade;
- 1 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 1,5 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 2 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade;
- 1,5 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais localizadas a mais de 500 m dos limites da propriedade; 2 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais localizados entre 200 m e 500 m dos limites da propriedade; 2,5 UO.m^{-3} no primeiro receptor em áreas residenciais dentro de até 200 m dos limites da propriedade.

Quadro 5.22 – Critérios de impacto de odor recomendados para instalações de processamento de subprodutos de origem animal – Vieira, 2017.

Zona	Distância dos limites da área da propriedade (m)		
	< 200	200 – 500	> 500
Residencial	1,5 UO.m^{-3}	1 O.m^{-3}	0,5 UO.m^{-3}
Comercial	2 UO.m^{-3}	1,5 UO.m^{-3}	1 UO.m^{-3}
Agrícola ou Industrial	2,5 UO.m^{-3}	2 UO.m^{-3}	1,5 UO.m^{-3}

Fonte: O Autor.

Analogamente, por interpolação entre os extremos (odor de animal morto e odor de pão fresco), podem ser derivados critérios de exposição para outras atividades produtivas através da aplicação da Equação 5.1 e dos respectivos valores de hedonicidade (DRAVNIEKS et al., 1984, p. 753). O odor de esgoto, por exemplo, tem valor hedônico igual a –3,68. Dessa forma, os critérios de exposição seriam os mesmos recomendados para instalações de processamento de subprodutos de origem animal.

Finalmente, cabe ressaltar que, para fins de licenciamento, a taxa de emissão odorante é a condição de exposição e não o critério de aceitabilidade em si. O monitoramento das emissões pode, então, ser exigido para mostrar conformidade com as condições estabelecidas na licença ambiental (VIEIRA, 2013). Caso os limites não possam ser atendidos, um plano de ação pode estabelecer prazos e as devidas medidas mitigadoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRFOBEP. **Odeurs et nuisances olfactives: Réglementation.** Martigues: AIRFOBEP (Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre), 2009a.

AIRFOBEP. **Réglementation des odeurs.** Martigues: AIRFOBEP (Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre), 2009b.

BARNÉOUD, Philippe; PAGÉ, Thierry; HÉROUX, Martin; LEDUC, Richard; GUY, Christophe. Évaluation de l'impact odeur d'un centre de compostage en milieu urbain à l'aide d'un réseau d'observateurs et comparaison avec des modèles de dispersion atmosphérique. **Pollution Atmosphérique**, n. 203–214, p. 83–96, 2012.

BEST, Peter R.; LUNNEY, Karen E.; KILLIP, Christine A. Statistical elements of predicting the impact of a variety of odour sources. **Water Sci. Technol.**, v. 44, n. 9, p. 157–164, 2001.

BOTH, Ralf. Odor regulations in Germany—A new directive on odor in ambient air. In: ODORS: INDOOR AND ENVIRONMENTAL AIR, 1995, Bloomington. **Proceedings…** Pittsburgh: Air and Waste Management Association, 1996.

BOUCHERVILLE. Règlement 2008-109. Règlement relatif aux nuisances olfactives. Disponível em: <https://boucherville.ca>. Acesso em: 7 mai 2012.

CASANZ (CLEAN AIR SOCIETY OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND). **Air Quality Regulations and Odour Management in Australia and New Zealand**. Olinda: CASANZ, 2011.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resoluções do Conama:** Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

CUSANO, Gianluca et al. Odour regulation in Italy: The regional guidelines on odour emissions in Lombardia. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 23, p. 19–24, 2010.

DEC (DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION). Approved methods for the modelling and assessment of air pollutants in New South Waless. Environment Protection Authority: Sydney, 2005.

DPIPWE (DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES, PARKS, WATER AND ENVIRONMENT). **Environment Protection Policy (Air Quality).** Tasmania: DPIPWE, 2005.

DRAVNIEKS, Andrew; JARKE, Frank. Odor Threshold Measurement by Dynamic Olfactometry: Significant Operational Variables. **Journal of the Air Pollution Control Association,** v. 30, n. 12, p. 1284–1289, 1980.

DRAVNIEKS, Andrew; MASURAT, Thomas; LAMM, Richard A. Hedonics of Odors and Odor Descriptors. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 34, n. 7, p.752–755, 1984.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF IRELAND. Air Dispersion Modelling from Industrial Installations Guidance Note (AG4). Wexford: Environmental Protection Agency, 2010a. Disponível em: <http://www.epa.ie>. Acesso em: 18 nov. 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF IRELAND. **Air Guidance Note 5 (AG5)**: Odour Impact Assessment Guidance for EPA Licensed Sites. Wexford: Environmental Protection Agency, 2010b. Disponível em: <http://www.epa.ie>. Acesso em: 18 nov. 2012.

EPA VICTORIA. Recommended buffer distances for industrial residual air emissions. Melbourne: EPA Victoria, 1990. Disponível em: <http://www.epa.vic.gov.au>. Acesso em: 23 fev. 2013. EPA Publication AQ 2/86.

FRECHEN, Franz-Bernd. Regulations and policies. In: STUETZ, Richard; FRECHEN, Franz-Bernd (Eds). **Odour in Wastewater Treatment:** Measurement, Modelling and Control. London: IWA Publishing, 2001. Cap. 2, p. 16–30.

FREEMAN, Tracy; CUDMORE, Roger. **Review of Odour Management in New Zealand**. Wellington: Ministry for the Environment, 2002. Air Quality Technical Report 24.

GERMANY. Federal Immission Control Act – BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz). Act on the prevention of harmful effects on the environment caused by air pollution, noise, vibration and similar phenomena. **Federal Law Gazette**, Part I. p. 880. [Bonn], 2002a.

GERMANY. Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). **Joint Ministerial Gazette**, GMBl. p. 511. 2002b.

GRIFFITHS, K. David. Disentangling the frequency and intensity dimensions of nuisance odour, and implications for jurisdictional odour impact criteria. **Atmospheric Environment**, v. 90, p. 125–132, 2014.

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

ISRAEL. Abatement of Nuisances Law 5721-1961. First legislative instrument in Israel for the control of air, odor and noise pollution. 1961. Disponível em: <www.sviva.gov.il>. Acesso em: 3 out. 2012.

ISRAEL MINISTRY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. **Procedure for defining odour nuisances.** 2010.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE. Arrêté du 12 février 2003 relatif aux prescriptions applicables aux installations classées soumises à autorisation sous la rubrique 2730 traitement de sous-produits d'origine animale. **JORF**, 2003.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE. Arrêté du 22 avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement. **JORF**, 2008.

KLOOSTERMAN, Karin. Americans to learn a lesson from Israel's odor police. ISRAEL21c, 2008. Disponível em: < https://www.israel21c.org>. Acesso em: 6 out. 2012.

LAOR, Y.; ORENSTEIN, P.; RAVID, U.; BAYBIKOV, R.; HANAN, A.; SAADI, I.; ABBOU, Y. A screening tool for selection of field odor assessors. **J. Air Waste Manag. Assoc.**, v. 61, n. 12, p. 1353–1360, 2011.

LAOR, Yael; RAVID, Uzi; ABBOU, Yael; ULLMANN, Amos. Modeling odor dispersion from a wastewater treatment plant based on olfactometry measurements vs. theoretical H_2S emissions. In: ODORS AND AIR POLLUTANTS 2012, Louisville. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2012.

LEDUC, Richard. Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. MDDEP: Québec, 2005. 38 p.

LEONARDOS, Gregory; KENDALL, David; BARNARD, Nancy. Odor threshold determinations of 53 odorant chemicals. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 19, n. 2, p. 91–95, 1969.

LEONARDOS, Gregory. A critical review of regulations for the control of odors. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 24, n. 5, p. 456–468, 1974.

LEVINSON, Tzvi. Odour nuisance: New procedures released for public comment. **International Law Office, 2007.** Disponível em: <http://www.internationallawoffice.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

LI, Yuguo. **Evaluation of AERMOD and CALPUFF air dispersion models for livestock.** 2009. 192 p. Dissertação (Master of Science) – Department of Agricultural and Bioresource Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2009.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 35:2007: Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore (concentração máxima permitida de produtos químicos (poluentes) no ar ambiente). Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministerija, **Valstybës þinios**, 139–5710. Vilnius, 2007 (em lituano).

LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. HN 121:2010: Kvapo koncentracijos ribinė vertė gyvenamosios aplinkos ore (valor limite de concentração de odor no ar ambiente). Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministerija, **Valstybës þinios**, 120–6148. Vilnius, 2010 (em lituano).

LORIATO, Ayres G. et al. Odour—A vision on the existing regulation. **Chemical Engineering Transitions**, 30, 2012.

MAÈIÛNAS, Erikas; BAKASËNAS, Vytautas; KARLIENË, Viktorija; MAÈIÛNIENË, Rima; PTAĐEKAS, Julius; JUOZULYNAS, Algirdas. Odours: parameters of public health risks and quality of life. **Sveikatos Mokslai**, v. 21, n. 2, p. 37–42, 2011 (em lituano).

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

MALAN, Sébastien; POURTIER, Lionel. Réglementation en matière d'odeurs. **Techniques de l'Ingénieur**, 2001. G 2910.

MCGINLEY, Charles M.; MAHIN, Tomas D.; POPE, Richard J. Elements of Successful Odor/Odour Laws. In: ODORS AND VOC EMISSIONS, 2000, Cincinnati. **Proceedings…** Alexandria: Water Environment Federation, 2000.

MCGINLEY; Michael A.; MCGINLEY, Charles M. The New European Olfactometry Standard: Implementation, Experience, and Perspectives. In: AIR AND WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 94., 2001, Orlando. **Proceedings…** Pittsburgh: AWMA, 2001.

MIEDEMA, H. M. E.; HAM, J. M. Odour annoyance in residential areas. **Atmospheric Environment**, v. 22, n. 11, p. 2501–2507, 1988.

MIEDEMA, H. M. E.; WALPOT, J. I; VOS, H.; STEUNENBERG, C. F. Exposure-annoyance relationships for odour from industrial sources. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 18, p. 2927–2936, 2000.

MILHAU, A.; HAMELIN, M.; TATRY, V. Regulations Concerning Odors. In: MARTIN, Guy; LAFFORT, Paul (Eds). **Odors and deodorization in the environment.** New York: VCH Publishers, 1994. Cap. 15, p. 445-463.

MOE (ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT). Methodology for modelling assessments of contaminants with 10-minute average standards and guidelines under O. Reg. 419/05. **Technical**

Bulletin. Standards Development Branch. Ontario: Ministry of the Environment, 2008. 12 p.

MOE (ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT). Air dispersion modelling guideline for Ontario. Guidance for demonstrating compliance with the air dispersion modelling requirements set out in Ontario Regulation 419/05: Air Pollution – Local Air Quality. Ontario: Ministry of the Environment, 2009. 151 p. PIBs 5165e02.

MOE (ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT). Summary of standards and guidelines to support Ontario Regulation 419/05: Air Pollution – Local Air Quality. Ontario: Ministry of the Environment, 2012. 31 p. PIBS 6569e01.

MONTRIMAITĖ, Kristina; LAPINSKIENĖ, Asta M. Odour prevention at biodiesel fuel producing enterprises. **Environmental Research, Engineering and Management**, Kaunas, v. 59, n. 1, p. 31–41, 2012.

MUNIZ, Ana Cristina S. **Investigação do limite de percepção olfativa por olfatometria e por cromatografia gasosa-espectrometria de massa.** 2007. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on odors from stationary and mobile sources, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assembly of Life Sciences. **Odors from Stationary and Mobile Sources.** National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, 1979.

NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. **Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour in New Zealand**. Wellington: Ministry for the Environment, 2003. Air Quality Report 36.

NICELL, Jim. Assessment and regulation of odour impacts. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 43, n. 1, p. 196–206, 2009.

OLOFSSON, Jonas K.; BOWMAN, Nicholas E.; GOTTFRIED, Jay A. High and low roads to odor valence? A choice response-time study. **J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.**, v. 39, n. 5, p. 1205–1211, 2013.

PARANÁ. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 042, de 09 de dezembro de 2002. Define critérios para o controle da qualidade do ar.

_____. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida.

_____. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 016, de 26 de março de 2014. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e da melhoria da qualidade de vida.

PROKOP, William H. Developing odor control regulations: guidelines and considerations. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 28, n. 1, p. 9–16, 1978.

PSILLAKIS, Elefteria; GEKAS, Vassilis. Odor problems in the food industry. In: NICOLAY, Xavier (Ed.). **Odors in the food industry.** Springer, 2006. Cap. 1, p. 1–13.

RANZATO, Laura; BARAUSSE, Alberto; MANTOVANI, Alice; PITTARELLO, Alberto; BENZO, Maurizio; PALMERI. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570–579, 2012.

REGIONE LOMBARDIA. Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012, n. IX/3018. Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno. **Bollettino Ufficiale Regione Lombardia**, Milano, 20 febb. 2012. p. 18–49 (em italiano).

REPUBLIQUE FRANÇAISE. Circulaire du 17/12/98 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (Arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à

autorisation, modifié par l'arrêté du 17 août 1998). Disponível em: <http://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr>. Acesso em: 2 mai 2012.

RIBEIRO, Clara; VARELA, Helena; COUTINHO, Miguel; BORREGO, Carlos. Dispersion modeling and field inspections approach to evaluate the odor impact of a composting plant in Lisbon. In: HARMONISATION WITHIN ATMOSPHERIC DISPERSION MODELLING FOR REGULATORY PURPOSES, 13., 2010, Paris. **Proceedings…** Disponível em: <http://www.harmo.org>. Acesso em: 10 mar. 2017.

RWDI AIR INC. **Enforcement/Role of Regulation Task Group.** Final report to the Clean Air Strategic Alliance Odour Management Team, Alberta, 2015.

SAEPA (ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY OF SOUTH AUSTRALIA). Odour assessment using odour source modelling. EPA Guidelines. Adelaide: SAEPA, 2007.

SANTA CATARINA. Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei Nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2017.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <http://agenciaal.alesc.sc.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2017.

SANTA CATARINA. Tribunal de Justiça. Ação civil pública nº 068.08.001121-4. Relator: Juiz Renato Maurício Basso. Autor: Ministério Público do Estado de Santa Catarina. Réu: Farol Indústria e Comércio Ltda. Seara, 18 de julho de 2008. Disponível em: <http://www.tj.sc.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2012.

SCHAUBERGER, G.; PIRINGER, M.; SCHMITZER, R.; KAMP, M.; SOWA, A.; KOCH, R.; ECKHOF, W.; GRIMM, E.; KYPKE, J.; HARTUNG, E. Concept to assess the human perception of odour by estimating short-time peak concentrations from one-hour mean values: Reply to a comment by Janicke et al. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 54, p. 624–628, 2012.

SIMMS, K. L.; WILKINSON, S.; BETHAN, S. Odour nuisance and dispersion modelling: an objective approach to a very subjective problem. **Water Sci. Technol.**, London, v. 41, n. 6, p. 89–96, 2000.

SIRONI, Selena; CAPELLI, Laura; CÉNTOLA, Paolo; DEL ROSSO, Renato; PIERUCCI, Sauro. Odour impact assessment by means of dynamic olfactometry, dispersion modelling and social participation. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 3, p. 354–360, 2010.

SUCKER, Kirsten; BOTH, Ralf; BISCHOFF, Michael; GUSKI, Rainer; KRÄMER, Ursula; WINNEKE, Gerhard. Odor frequency and odor annoyance part II: dose–response associations and their modification by hedonic tone. **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, v. 81, n. 6, p. 683–694, 2008.

SWEETEN, John M. **Cattle feedlot waste management practices for water and air pollution control.** Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, 1990. (B-1671). Disponível em: <http://tammi.tamu.edu/sweeten.pdf>. Acesso em: 1 maio 2017.

UK ENVIRONMENTAL AGENCY. Horizontal guidance for odour part 1—regulation and permitting. **Technical Guidance Note IPPC H4.** Bristol: Environment Agency, 2002a.

UK ENVIRONMENT AGENCY. Draft Horizontal Guidance for Odour Part 2: Assessment and Control. **Technical Guidance Note IPPC H4.** Bristol: Environment Agency, 2002b.

UNITED KINGDOM. **Environmental Protection Act 1990.** The Stationary Office. Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk>. Acesso em: 2 jul. 2012.

VAN HARREVELD, Ton; JONES, Nick; STOALING, Matt. **Odour impacts and odour emission control measures for intensive agriculture.** Wexford: Environmental Protection Agency, 2001. R&D Report Series No 14 (Final Report).

VAN HARREVELD, Anton P. Odor regulation and the history of odor measurement in Europe. In: **Odor measurement review.** Tokyo: Government of Japan, 2003. p. 54–61.

VICTORIA. Environment Protection Act 1970. State environment protection policy (Air quality management). Government of Victoria, Melbourne: **Victoria Government Gazette**. 2001.

VIEIRA, Magnun M. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos.** 2013. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

VIEIRA, Magnun M.; SCHIRMER, Waldir N.; DE MELO LISBOA, Henrique; BELLI FILHO, Paulo; GUILLOT, Jean-Michel. Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 23, p. 24115–24124, 2016.

VROM. Netherlands emission guidelines for air. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 2003. Disponível em: <http://www.infomil.nl>. Acesso em: 11 nov. 2012.

CAPÍTULO 6

Considerações finais e conclusão

A poluição odorante é um tema complexo e com alto potencial de conflitos. Por essa razão, a eliminação de incômodos olfativos não é um problema fácil de ser resolvido. Entretanto, como pôde ser observado ao longo deste trabalho, décadas de estudos levaram a avanços no campo da olfatometria e ao desenvolvimento de metodologias padronizadas de medição de odor e avaliação impacto sobre a comunidade. Com isso, diversos países implementaram mecanismos de regulação para prevenir ou mitigar tais impactos. No Brasil, as abordagens estabelecidas pelas legislações em vigor não satisfazem os requisitos de controle e monitoramento de emissões odorantes de modo a preservar a saúde e o bem-estar da população. Neste contexto, este trabalho visa contribuir para desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil, subsidiando a regulamentação de metodologias e critérios de avaliação de impacto odorante.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir, considerando-se o escopo do trabalho e as hipóteses estabelecidas, que:

- A avaliação das emissões odorantes de uma instalação de processamento de subprodutos animais (instalação com alto potencial de poluição ambiental), envolveu a utilização de metodologias para medição de odor padronizadas internacionalmente. Uma abordagem pragmática foi apresentada, combinando custos razoáveis e análises rigorosas. Nada impede que a abordagem possa ser utilizada como protocolo geral para avaliar instalações com características semelhantes. O estudo também serviu para evidenciar a urgente necessidade de estabelecer um quadro legal e regulamentar para os odores no Brasil, confirmando a correspondente hipótese de pesquisa.
- A avaliação da combinação dos resultados de medição de odor em campo utilizando olfatômetros portáteis (Nasal Ranger® e Scentroid SM110) na aplicação no chamado Método da Pluma revelou possíveis aplicações e limitações destes aparelhos. Com base nas medições realizadas em Flandres (Bélgica), a olfatometria de campo não se mostrou capaz de auxiliar no traçado dos contornos de uma pluma de odor no ambiente. De fato, a avaliação direta do odor no ar ambiente com o nariz nu constitui uma abordagem prática e efetiva para determinar os limites da pluma e a distância máxima da percepção do odor. No entanto, medições pontuais podem fornecer informações úteis para validar resultados de estudos de modelagem de dispersão.

- A análise do quadro regulamentar internacional em matéria de odores revelou a vasta quantidade de informação disponível atualmente. A variedade de soluções disponíveis permite que autoridades locais ou regionais brasileiras estabeleçam regulações voltadas ao controle de incômodos olfativos, confirmando a primeira hipótese de pesquisa. Diferentes critérios de conformidade foram discutidos e recomendados, com base em uma abordagem regulatória que prevê a adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e o estabelecimento de Padrões de Distâncias Mínimas (PDM), Padrões Máximos de Emissão (PME), Padrões Máximos de Impacto (PMIm) e Padrões Máximos de Incômodo (PMIn; VIEIRA, 2013). Um enfoque especial foi dado aos CIO, pois estes constituem uma peça-chave no desenvolvimento de uma boa política de controle de incômodos olfativos.

Espera-se que esta pesquisa promova discussões acerca da gestão e regulação de emissões odorantes e possa contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil.

CONSIDERATIONS FINALES ET CONCLUSION

La pollution odorante est une matière difficile à fort potentiel de conflit. Pour cette raison, l'élimination des nuisances olfactives n'est pas une tâche facile. Cependant, comme on a pu observer tout au long de ce travail, les avancées dans le domaine de l'olfactométrie obtenus au cours des décennies ont conduit au développement de méthodologies standardisées pour la mesure des odeurs et l'évaluation de l'impact odorante. Ainsi, plusieurs pays ont mis en place des mécanismes de régulation pour prévenir ou atténuer ces impacts. Au Brésil, les approches établies par la législation en vigueur ne répondent pas aux exigences de contrôle et de surveillance de manière à assurer la santé et le bien-être de la population. Dans ce contexte, ce travail de thèse vise à contribuer au développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil, en soutenant la réglementation de méthodologies et des critères d'évaluation d'impact odorante.

À partir des résultats obtenus, on peut conclure, compte tenu de la portée du travail et des hypothèses établies, que:

- L'évaluation des émissions odorantes d'un site d'équarrissage (une activité à fort potentiel de pollution environnementale), a impliqué l'utilisation de méthodes normalisées au niveau international pour la mesure des odeurs. Une approche pragmatique a été présentée, en liant des coûts raisonnables et des analyses rigoureuses. Rien n'empêche l'approche méthodologique soit utilisée comme protocole général pour évaluer des installations ayant des caractéristiques similaires. L'étude a également permis de mettre en évidence la nécessité urgente d'établir un cadre légal et réglementaire pour les odeurs au Brésil, en confirmant la première hypothèse de recherche.
- Les essais sur le terrain en utilisant des olfactomètres portables (Nasal Ranger® et Scentroid SM110) ont révélé les limitations et les applications possibles de ces dispositifs dans la soi-disant méthode du panache. Basée sur les mesures effectuées en Flandres (Belgique), l'olfactométrie de terrain ne permet pas de tracer les contours d'un panache d'odeur dans l'environnement. En effet, l'évaluation directe des odeurs dans l'air ambiant au nez nu constitue une approche pratique et efficace pour déterminer les limites du panache et la distance maximale de perception de l'odeur. Cependant, des mesures ponctuelles peuvent fournir des informations utiles pour valider les résultats des études de modélisation de la dispersion atmosphérique.
- L'analyse du cadre réglementaire international sur les odeurs a révélé la grande quantité d'informations disponibles. La variété des solutions possibles permet aux autorités brésiliennes d'établir des réglementations visant le contrôle des nuisances olfactives, en confirmant ainsi la troisieme hypothèse de recherche. Différents critères de conformité ont été discutés et recommandés, basé sur une approche réglementaire qui prévoit l'adoption des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) et l'établissement de Normes de Distances Minimales (NDM), Normes Maximales d'Émission (NME), Normes Maximales d'Impact (NMI), Normes Maximales de Nuisance (NMN; VIEIRA, 2013). Une attention particulière portée aux CIO, car il s'agit des éléments clefs pour l'établissement d'une bonne politique de contrôle de nuisances olfactives.

Il est prévu que cette recherche promeut des discussions sur la gestion et la réglementation des odeurs et puisse contribuer au

développement de politiques publiques de lutte contre les nuisances olfactives au Brésil.

APÊNDICE A – IWA ODOURS 2017: PÔSTER

Can we combine field olfactometry and plume method measurements?

Magnum M Vieira[1,2], Jean-Michel Guillot[1], Paulo Belli Filho[2], Anne-Claude Romain[3], Gilles Adam[3], Julien Delva[4], Maud Baron[5], Toon Van Elst[5]

[1] Laboratory of Industrial Environmental Engineering, Ecole des Mines d'Alès, Alès, France
[2] Department of Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of Santa Catarina, Brazil
[3] Department of Environmental Sciences and Management, University of Liège, Arlon, Belgium
[4] Odoretec SA, 577 Route de Longwy, 6700 Arlon, Belgium
[5] Olfascan NV, Industrieweg 114H, 9032 Ghent, Belgium

INTRODUCTION

Odour sampling and dispersion modelling is a widely used approach for odour-impact assessment and regulation worldwide. However, this approach may not be appropriate or cost-effective in certain situations, especially when diffuse and discontinuous odour sources are involved. In such cases, field inspection is an interesting and promising approach that has recently been standardized in Europe.

The new European standard EN 16841 describes two methods to determine odour in ambient air using field inspection: the grid method (Part 1) and the plume method (Part 2) [1]. The dynamic plume method, described in the EN 16841-2, is partially based on a methodology developed by Ghent University in the late 1990s. Thus, it brings together more than 20 years' experience with the method in Belgium [2, 3, 4, 5]. The method has broad applicability in Brazil, due to the country's characteristics (continental size and reduced number of olfactometry laboratories) and its low cost compared to other methods.

The aim of this study was to evaluate the applicability of field olfactometry to improve the plume method. Preliminary results show some limitations and possible applications of in-field odour-measuring devices to enhance the method by supplementing bare-nose sniff-testing observations.

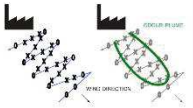
METHODS

Sniffing team campaigns were conducted in Flanders (northern Belgium) according to the methodology described by Bilsen et al. [6]. Field measurements were conducted by two qualified panel members around five different industrial sites under neutral or slightly unstable weather conditions.

Two commercially available field olfactometers – the Nasal Ranger® (St. Croix Sensory, Inc., USA) and the Scentroid SM110 (IDES Canada Inc., Canada) – were assessed for their application in supplementing bare-nose sniff-testing observations. At each point of observation where odour was perceived by the straightforward sniff test (YES/NO), odour strength was additionally assessed with the field olfactometers.

Field measurements were conducted in Flanders (northern Belgium).

Localization map
Source: DNRD



Principle of the dynamic plume method
Source: Bilsen et al. (2008)

- Zig zag movement; crossing the plume.
- X = clear observation and recognition of odour from the source.
- O = no odour from the source detectable/recognizable.

RESULTS

The response time was shown to be a critical aspect in the field olfactometry, especially at plume boundaries and far away from the odour sources (intermittent odour).

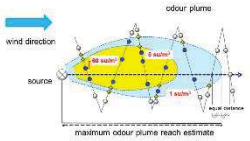
Panelist fatigue (Nasal Ranger®) and high consumption of odour-free diluting gas (Scentroid SM110) make it difficult to use such in-field odour-measuring devices to determine different odour-intensity levels within the odour plume.

Near the odour sources (relatively constant odour and steady conditions), measurements could be easily performed and odour strength assessed with field olfactometers.

Summary of the results of the field measurements

Application to	Nose alone	Nasal Ranger®	Scentroid SM110
Determine odour strength			
• for plotting isopleths of odour concentration within the odour plume	+	–	–
• at specific locations near the odour sources	+	+++	+++
Help in the validation of dispersion-modelling results	+	++	+++
Determine plume boundaries and maximum distance of odour perception	+++	–	–

DISCUSSION



The plume boundaries (1 su/m³) and an isopleth of a higher odour concentration (5 su/m³) within the odour plume. What seems simple in theory, isn't so easy in practice.

A point measurement with high odour concentration (50 su/m³) is shown near the odour source.

- single measurement: odour presence point
- single measurement: odour absence point
- transition point
- intersection lines
- plume extent

A schematic drawing of the attempted improvements on the plume measurement

Odour measurement with the Scentroid SM110 Field Olfactometer

Odour measurement with the Nasal Ranger® Field Olfactometer

CONCLUSIONS

Based on the sniffing-team measurements:

- In a general manner, field olfactometry seems not to be suitable for plotting isopleths of odour concentration within the odour plume.
- Field olfactometry may provide useful information to validate dispersion-modelling results (assisting in the back calculation of odour emission rates from sniffing measurements) by quantifying odour strength at specific locations near the odour sources.
- The direct assessment of odours in ambient air with the nose alone remains a practical and effective approach to determine plume boundaries and maximum distance of odour perception.

References: [1] Guillot J.-M., Bilsen I., Roth R., Hangartner M., Kost W. J., Kunz W., Nicolas J., Cobo A., Scaramitta J., Van Broos H., Van Elst T., Van Harreveld T. & Miller R. (2012). Water Sci. and Technol. 66(8), 1691-1698. [2] Meertgat M., Scharpé N. & Van Langenhove H. (1982). A.J. Dragt & J. van Ham (eds.), Elsevier Science Publishers B.V., Studies in Environmental Science 01, 141–152. [3] Van Langenhove H. & Van Broeck G. (2001). Water Sci. and Technol. 44(9), 65–73. [4] Nicolas J., Craffe F. & Romain A.-C. (2006). Waste Manag. 26(11), 1259–1269. [5] Van Elst T. & Delva J. (2016). Chem. Eng. Trans. 54, 175–180. [6] Bilsen I., De Fré R. & Bosmans S. (2008). Code of Good Practice. Determination of the odour dispersion by means of sniffing team measurements. VITO, Mol.

Acknowledgement

inspiring change

www.iwahq.org

APÊNDICE B – QUADRO REGULAMENTAR NACIONAL – BRASIL[16]

[16] Fonte: Vieira (2013); revisado e atualizado.

LEGISLAÇÃO FEDERAL

CONSTITUIÇÃO FEDERAL

A Constituição Federal de 1988 institui os princípios da Política Nacional do Meio Ambiente. No capítulo VI ("Do Meio Ambiente"), o *caput* do Art. 225 estabelece que:

> Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA

A Lei Federal nº 6.938/81, regulamentada pelo Decreto nº 99.274/90, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente tendo como objetivo

> a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

Primeiramente, é interessante apresentar o conceito de poluição à luz da legislação pátria. O Art. 3º, Inciso III, define poluição 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. Como pode ser observado, o conceito apresentado na lei é bastante amplo, abrangendo, dessa forma, todas as modalidades de poluição. Portanto, a emissão de odores suscetíveis de causar incômodos olfativos caracteriza poluição, ao afetar o bem-estar e a saúde da população e criar condições adversas às atividades sociais e econômicas nas comunidades afetadas.

O Art. 6º estabelece o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e determina a estrutura hierárquica das entidades responsáveis da União, dos Estados e dos Municípios, bem como as funções atribuídas pelo Poder Público. Os Estados devem criar órgãos de controle ambiental (Órgãos Seccionais) e os Municípios devem criar suas respectivas entidades competentes (Órgãos Locais). Cabe aos Estados e aos Municípios elaborar normas e padrões, considerando os critérios estabelecidos pelo respectivo nível superior.

A lei também estabelece importantes instrumentos de controle e proteção ambiental, que oferecem ao Poder Público, mecanismos para regulação e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras. Dentre os quais se destacam no Art. 9:

> I – o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
> II – o zoneamento ambiental;
> III – a avaliação de impactos ambientais;
> IV – o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras; [...]
> XII – o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais [...].

O cadastramento de atividades potencialmente poluidoras é instituído no Art. 17, sob a administração do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Esse instrumento é particularmente importante quando se deseja avaliar o impacto resultante de um conjunto de instalações dentro de uma mesma região (e.g., complexo industrial) ou mesmo realizar um inventário de fontes emissoras.

Os padrões de qualidade ambiental são estabelecidos em nível federal, estadual e municipal levando em conta os potenciais impactos sobre o homem e o meio ambiente. Já o zoneamento ambiental tem por objetivo delimitar a expansão urbana e a distribuição espacial da população no território visando assegurar o desenvolvimento econômico, social e o equilíbrio ambiental (DORNELES, 2010). A avaliação de impactos ambientais e o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras são objeto de regulamentações específicas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Resolução CONAMA nº 001/1986

Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a realização de estudos de avaliação de impacto ambiental. De acordo com essa resolução, impacto ambiental é definido como

> qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 2012).

Portanto, a avaliação de impacto ambiental é um instrumento da PNMA que pode ser utilizado no controle de incômodos olfativos.

Resolução CONAMA nº 005/1989

Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), com a estratégia básica de "limitar as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle" (CONAMA, 2012). A Resolução define limite máximo de emissão como a quantidade de poluentes permissível de ser lançada por fontes poluidoras para a atmosfera e estabelece que "os limites máximos de emissão serão diferenciados em função da classificação de usos pretendidos para as diversas áreas e serão mais rígidos para as fontes novas de poluição". Portanto, os limites máximos de emissão (e, por consequência, de impacto) estabelecidos em âmbito nacional devem levar em conta o zoneamento ambiental e urbano e ser mais restritivos para novas instalações.

Resolução CONAMA nº 003/1990

Estabelece padrões de qualidade do ar para alguns poluentes atmosféricos, tais como: partículas totais em suspensão (PTS), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO) – Quadro E.1. Esses são os poluentes para os quais são estabelecidas metodologias de medição e concentrações que não devem ser ultrapassadas para garantir a saúde, a

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

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – Brasil.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário [$\mu g.m^{-3}$]	Padrão secundário [$\mu g.m^{-3}$]	Método de amostragem
PTS	24 horas[1]	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA[2]	80	60	
MP_{10}	24 horas[1]	150	150	Separação inercial/Filtração
	MAA[3]	50	50	
CO	1 hora[1]	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não dispersivo
	8 horas[1]	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
O_3	1 hora[1]	160	160	Quimiluminescência
SO_2	24 horas[1]	365	100	Pararosanilina
	MAA[3]	80	40	
NO_2	1 hora[1]	320	190	Quimiluminescência
	MAA[3]	100	100	
Fumaça	24 horas[1]	150	100	Refletância
	MAA[1]	60	40	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de CONAMA (2012).
[1] Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano;
[2] Média Geométrica Anual;
[3] Média Aritmética Anual.

Conforme pode ser observado na tabela acima, o tempo de amostragem (ou o tempo de média) varia de 1 hora a 1 ano. Para monóxido de carbono, por exemplo, são definidos padrões de concentração média de 1 hora e 8 horas. No caso do ozônio, é definido apenas um padrão para média horária. Já para material particulado, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e fumaça, são estabelecidos padrões de concentração média diária e média aritmética anual. Isso está relacionado com o efeito potencial desses poluentes sobre o meio ambiente e a saúde da população, essencialmente crônicos ou de longo prazo.

Resolução CONAMA nº 008/1990

Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores. Os poluentes regulamentados são: partículas totais em suspenção (PTS), dióxido de enxofre (SO_2) e densidade colorimétrica (CONAMA, 2012).

Resolução CONAMA nº 237/1997

Revisa e complementa os procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental, estabelecidos pela PNMA. A Resolução define licenciamento como o "procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso" (CONAMA, 2012). Esse procedimento pode ser dar em três etapas: licença prévia, licença de instalação e licença de operação. No que diz respeito ao controle de incômodos olfativos, a licença pode, por exemplo, exigir a adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e estabelecer critérios de desempenho ou limites máximos de emissão odorante, baseados em impactos medidos ou previstos (no caso de novas instalações).

Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011

As Resoluções CONAMA nº 382/2006 e 436/2011 estabelecem limites de emissão para Enxofre Reduzido Total (ERT) proveniente de processos de fabricação de celulose. Os limites são expressos em termos de dióxido de enxofre (SO_2) e se referem, principalmente, ao gás sulfídrico e às mercaptanas. É estabelecido ainda que

> em função das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos, inclusive considerando o incômodo causado pelo odor além dos limites do empreendimento (CONAMA, 2012).

Ambas as resoluções apresentam as mesmas disposições com relação à emissão de compostos de enxofre reduzido, a diferença é que a Resolução nº 436/2011 se aplica às instalações com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007, quando foi aprovada a Resolução nº 382/2006. Dessa forma, as resoluções podem ser consideradas complementares.

LEGISLAÇÕES ESTADUAIS E MUNICIPAIS

REGIÃO SUDESTE

Estado de São Paulo

A Lei nº 997, de 21 de maio de 1976, dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente no Estado de São Paulo. A lei determina que o órgão ambiental competente poderá exigir que os responsáveis por atividades efetivas ou potencialmente poluidoras apresentem, quando solicitado,

> o plano completo de desenvolvimento de suas atividades ou de seu processamento industrial, bem como dos sistemas de tratamento existentes, do lançamento de resíduos em qualquer estado da matéria ou, ainda, [...] de substâncias odoríferas (SÃO PAULO, 1976).

O Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, que regulamenta a Lei nº 997/76, estabelece no Art. 33 que:

> Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.
> Parágrafo Único - A critério da CETESB, a constatação da emissão de que trata este parágrafo, será efetuada:
> I - Por técnicos credenciados pela CETESB;
> II - Com referência às substâncias a seguir enumeradas, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção do Odor (LPO) [...].

Em 1980, o Art. 33 teve sua redação alterada pelo Decreto 15.425/80. A nova redação retirou a disposição referente ao LPO,

estabelecendo que a constatação da percepção de que trata o artigo simplesmente deveria ser efetuada por técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O Art. 38, lista uma relação de atividades emissoras de compostos odoríferos cujas emissões deverão ser incineradas em pós-queimadores ou por outro sistema de controle de poluentes de eficiência igual ou superior. Dentre essas atividades estão: torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju e cevada; autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal; defumação de carnes e similares; e fontes de sulfetos de hidrogênio e mercaptanas. O Art. 41 acrescenta que "as fontes de poluição, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, adotarão sistema de controle de poluição de ar baseadas na melhor tecnologia prática disponível para cada caso".

O Art. 28 dá ao Estado o poder de exigir, nos casos em que se fizer necessário, "a instalação e operação de equipamentos automáticos de medição, com registradores das fontes de poluição do ar, para o monitoramento das quantidades de poluentes emitidos, cabendo a esse órgão, à vista dos respectivos registros, fiscalizar o funcionamento". No caso dos odores, isso permitiria que fosse exigida a instalação de narizes eletrônicos.

É importante esclarecer um equívoco conceitual com relação aos limites de percepção de odor introduzidos em 1976 através do Decreto nº 8.468/76. Conforme observado por Muniz (2007), os valores estabelecidos como sendo o LPO, coincidem com os valores determinados por Leonardos, Kendall e Barnard (1969), em um estudo experimental onde o limite de odor foi definido como sendo a menor concentração na qual todos os membros do painel eram capazes de reconhecer o odor – descrevendo sua qualidade. Portanto, tais valores constituem o limite de reconhecimento para 100% da população e não o limite de detecção (quando existe uma probabilidade de 50% do odor ser percebido). Os próprios autores alertam que os limites estabelecidos foram determinados sob condições ideais em laboratório e não os recomendam para fins regulatórios, uma vez que não foi avaliada a ofensividade dos compostos odorantes. Isso se faz necessário quando se trabalha com o limite de reconhecimento. Entretanto, quando se considera o limite de detecção a ofensividade do odor torna-se irrelevante, uma vez que o odor é apenas perceptível.

Estado do Espírito Santo

No Espírito Santo, a Lei nº 7.058, de 18 de janeiro de 2002, dispõe sobre fiscalização, infrações e penalidades relativas à proteção do meio ambiente no âmbito dos órgãos e entidades que compõem o Sistema Estadual do Meio Ambiente. De acordo com essa Lei, causar qualquer tipo de poluição que resulte ou possa resultar em incômodo ao bem-estar da população constitui uma infração. Além disso, também é considerado infração causar poluição atmosférica que provoque a retirada, mesmo que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à população. Isto pode ser aplicado em situações em que episódios frequentes de exposição a altas concentrações de odor, resultem em incômodos olfativos severos, que provoquem a mudança da população residente; ou ainda, danos diretos, principalmente relacionados à interferência em atividades comerciais e econômicas ou à desvalorização de propriedades.

Município de Vitória

O Decreto nº 10.023, de 05 de junho de 1997, regulamenta a Lei Municipal nº 4.438, de 28 de maio de 1997, que institui o Código de Meio Ambiente do Município de Vitória. É considerado uma infração ambiental emitir odores que possam causar incômodos à comunidade. As infrações são classificadas em leve, grave e gravíssima e variam de acordo com a distância a partir da fonte emissora (VITÓRIA, 1997). As infrações são punidas com multa pecuniária, conforme os valores estabelecidos no Art. 13 (valores indicados entre colchetes):

> Art. 15 – Considera-se infração leve: [...]
> VII - emitir odores, poeira, névoa e gases visíveis, exceto vapor d'água, que possam provocar incômodos à vizinhança, no raio de:
> a - até 50 metros; [234,90 a 417,59 UFIR[17]]
> b - 50 até 150 metros; [417,60 a 548,09 UFIR]
> c - 150 até 250 metros; [548,10 a 1.331,09 UFIR]
> Art. 16 – Considera-se infração grave: [...]
> XVIII - emitir odores, poeira, névoas e gases visíveis, exceto vapor d'água, que possam provocar incômodo à população, num raio de 250 até 500 metros; [1.331,10 a 2.636,09 UFIR]
> Art. 17 - Considera-se infração gravíssima: [...]

[17] UFIR – Unidade Fiscal de Referência.

> VIII - emitir odores, poeira, névoa e gases visíveis, exceto vapor d'água, que possam provocar, incômodos à vizinhança, num raio acima de 500 metros; [5.246,10 a 13.076,09 UFIR]

Estado do Rio de Janeiro

O Decreto-lei nº 134, de 16 de junho de 1975, dispõe sobre a prevenção e o controle da Poluição do Meio Ambiente no Rio de Janeiro. Esse Decreto-lei é regulamentado em parte pelo Decreto nº 1.633, de 21 de dezembro de 1977, que instituiu o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP. Ambas as legislações não apresentam nenhuma disposição específica relacionada a odores ou incômodos olfativos. No entanto, vale ressaltar a interessante estrutura do processo de licenciamento ambiental existente no estado. Em 2009, um novo Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM) foi instituído pelo Decreto Estadual nº 42.159, de 02 de dezembro de 2009, em consonância com o Decreto-lei nº 134. Nesse sistema, os requisitos para elaboração de estudos de impacto ambiental são estabelecidos através de protocolos específicos – as chamadas Instruções Técnicas (IT). No que diz respeito ao controle da poluição atmosférica, existem instruções técnicas para realização de estudos de dispersão atmosférica. Esses protocolos podem ser eventualmente adaptados e adotados por outras agências ambientais para utilização em estudos de impacto odorante.

Municípios de Macaé e Saquarema

Em nível municipal, algumas cidades como Macaé (Lei Complementar nº 027/2001) e Saquarema (Lei nº 1.055/2010) vedam a emissão de odores que possam causar incômodos à população.

Estado de Minas Gerais

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 11, de 16 de dezembro de 1986, estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera. No que diz respeito ao controle de emissões odorantes, o Art.6 apresenta disposições muito semelhantes às apresentadas na legislação estadual de São Paulo (MINAS GERAIS, 1986):

> Art. 6º - As substâncias odoríferas resultantes das fontes abaixo relacionadas deverão ser incineradas

> em pós-queimadores, operando a uma temperatura mínima de 750ºC (setecentos e cinquenta graus Celsius), em tempo de residência mínima de 0,5 (cinco décimos) segundos, ou por outro sistema de controle de poluentes, de eficiência igual ou superior:
> I - torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju, cevada, e outros;
> II - autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria-prima;
> III - estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas;
> IV - oxidação de asfalto;
> V - defumação de carnes ou similares;
> VI - fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas;
> VII - regeneração de borracha.

O Art. 10 ainda estabelece que "as fontes de poluição para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão observar padrões recomendados ou aceitos internacionalmente". Nesses casos, o Art. 11 confere ao COPAM o direito de exigir a utilização de "sistemas de controle de poluição baseados na melhor tecnologia prática disponível".

Município de Ipatinga

No município de Ipatinga, o Decreto nº 3.790, de 18 de setembro de 1997, que regulamenta a Lei Municipal nº 1.475/96, são observadas as mesmas disposições encontradas no município de Vitória, no Espírito Santo.

Município de Uberlândia

O município de Uberlândia se destaca pela introdução de alguns conceitos e definições relacionadas à olfatometria e devido ao estabelecimento de limites de imissão para alguns compostos químicos com odores ofensivos.

A Lei Complementar nº 17/91, 04 de dezembro de 1991, apresenta uma série de definições relativas a odores. A Lei também considera a adoção de padrões recomendados os aceitos internacionalmente quando não houver padrões estabelecidos legalmente (UBERLÂNDIA, 1991).

O Art. 117 define odor, substâncias odoríferas e limite de percepção de odor: [...]

> VI - Odor: é definido como uma mistura complexa de moléculas químicas voláteis que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo ser humano. Seus produtos, em concentrações muito variáveis, são emitidos, na sua maioria, por atividades humanas, agrícolas, industriais ou domésticas;
> VII - Substâncias odoríferas: são substâncias que emitem odor perceptível ao ser humano;
> VIII - Limite de percepção do odor: é definido como a concentração odorífera no início da percepção".

No Capítulo IV, que trata dos padrões de emissão, o Art. 126 proíbe a emissão de "substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora". No entanto, os parágrafos que seguem o artigo introduzem disposições não encontradas em outras legislações:

> § 1º A constatação da percepção de que trata este artigo será efetuada por Técnicos credenciados pela Secretaria Municipal competente ou pessoa física ou jurídica contratada pelo empreendedor para a elaboração do laudo;
> § 2º As fontes efetivas ou potencialmente poluidoras, cuja atividade, processo, operação, maquinário, equipamento e dispositivo fixo que causem ou possam causar a emissão de odor na atmosfera ficam obrigadas a apresentar laudo Técnico comprobatório de emissão de odor, constando as substâncias odoríferas emitidas, assim com a sua quantidade;
> § 3º A emissão de substâncias odoríferas deverá atender a padrões estipulados mediante Decreto do Poder Executivo, que deverá ser editado no prazo máximo de noventa dias a contar da data da publicação desta Lei;
> § 4º O Decreto mencionado no parágrafo terceiro deste artigo estabelecerá também o prazo para as fontes poluidoras adequarem-se aos parâmetros nele definidos e regulamentará esta lei no que for necessário;
> § 5º As substâncias odoríferas para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão observar os padrões recomendados ou aceitos internacionalmente, caso não regulamentados nesta Lei.

O Decreto nº 10.847, de 10 de setembro de 2007, que regulamenta o Art. 126 da Lei Complementar nº 17/91 (alterado pela Lei Complementar nº 447/07) apresenta limites máximos de concentração no ar ambiente para alguns compostos sulfurados. Os valores se baseiam no limite de percepção de odor e são expressos em ppm (UBERLÂNDIA, 2007):

- Dimetil sulfeto: 0,003;
- Sulfeto de hidrogênio (a partir de dissulfeto de sódio): 0,0047;
- Sulfeto de hidrogênio (gasoso): 0,00047.

Os limites se aplicam tanto para as fontes providas de sistemas de ventilação ou de condução dos efluentes gasosos, quanto às emissões fugitivas. O Decreto ainda determina que as substâncias odoríferas, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão observar os padrões recomendados ou aceitos internacionalmente.

No que diz respeito ao monitoramento da qualidade do ar, o Art. 4 apresenta as mesmas disposições encontradas no Art. 8 da Resolução SEMA nº 041/2002 (revogada pela Resolução SEMA nº 054/2006, a qual foi posteriormente revogada pela Resolução SEMA nº 016/2014; PARANÁ, 2002, 2006, 2014):

> Art. 8º - As emissões atmosféricas devem ser lançadas para a atmosfera livre de forma a permitir uma boa dispersão, preferencialmente por meio de dutos ou chaminés, e não poderão resultar em concentrações ambientais, no entorno da instalação, superiores às vigentes como padrão de qualidade do ar.
> § 1º A verificação do atendimento aos padrões primários de qualidade do ar, quando aplicável, deve ser feita em áreas residenciais, urbanas ou outras onde a permanência de pessoas não é de caráter esporádico.
> § 2º O monitoramento da qualidade do ar, realizado por meio de quatro campanhas de sete dias corridos cada, no entorno de indústrias, é um instrumento para acompanhar a eficiência do controle das emissões fugitivas, suas médias anuais não são consideradas representativas e suas médias diárias estarão sujeitas a atender aos padrões primários de qualidade do ar apenas quando a empresa for localizada numa área residencial, urbana ou outra

> onde a permanência de pessoas não é de caráter esporádico.

De acordo com o Art. 7, "as atividades ou fontes potenciais de poluição atmosférica devem conter "Programa de Automonitoramento de Emissões Atmosféricas" que deverá ser aprovado pelo órgão municipal competente. Este plano deverá contemplar características das substâncias fonte de emissões produzidas, metodologias utilizadas para análises (aprovado pelo órgão municipal ambiental competente) das emissões e cronograma de implantação de ações mitigadoras (que evitem, minimizem e controlem tais emissões)."

REGIÃO CENTRO-OESTE

Distrito Federal

A Lei nº 41, de 13 de setembro de 1989, dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal, e dá outras providências (DISTRITO FEDERAL, 1989). No Capítulo II, que trata do controle da poluição, o Art. 13 veda

> o lançamento no meio ambiente de qualquer forma de matéria, energia, substância ou mistura de substância, em qualquer estado físico, prejudiciais ao ar atmosférico [...] ou que possam torná-lo:
> I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
> II - inconveniente, inoportuno ou incômodo ao bem estar público;
> III - danoso aos materiais, prejudicial ao uso, gozo e segurança da propriedade, bem como ao funcionamento normal das atividades da coletividade.

Além disso, assim como em algumas outras jurisdições, a lei também considera infração ambiental "causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes de zonas urbanas ou localidade equivalente".

O Decreto nº 12.960, de 28 de dezembro de 1990, que aprova o regulamento da Lei nº 41, de 13 de setembro de 1989, não traz nenhuma informação relacionada a odores ou incômodos olfativos.

Estado de Goiás

Em Goiás, a Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do Meio Ambiente. O Decreto Estadual nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979, que regulamenta a Lei nº 8.544, apresenta praticamente as mesmas disposições encontradas na legislação do Estado de São Paulo, tanto no que diz respeito à emissão de substâncias odoríferas, quanto em relação aos requisitos referentes às tecnologias de tratamento para determinados tipos de processos industriais (GOIÁS, 1979). O Art. 39 estabelece que:

> Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidade que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.
> Parágrafo Único - A critério da SEMAGO[18], a constatação de emissão de que trata este artigo, será efetuada:
> I - Por técnico credenciado pela SEMAGO;
> II - Com referência às substâncias a seguir enumeradas, através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção do Odor (LPO) [...].

O Art. 44, lista a relação de atividades emissoras de compostos odoríferos cujas emissões deverão ser incineradas em pós-queimadores ou por outro sistema de controle de poluentes de eficiência igual ou superior. Trata-se basicamente das mesmas disposições encontradas no Art. 38 do Decreto nº 8.468/1976, do estado de São Paulo, com a inclusão do item "VIII – fábricas de temperos e produtos alimentares".

O Art. 47 acrescenta que "as fontes de poluição, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, adotarão sistema de controle de poluição de ar baseadas na melhor tecnologia prática disponível para cada caso".

O Art. 32 estabelece ainda que, nos casos em que se fizer necessário, a SEMAGO poderá exigir a instalação e operação de equipamentos automáticos de medição para monitoramento das quantidades de poluentes emitidos e a avaliação de suas emissões através de realização de amostragem em chaminé utilizando métodos aprovados

[18] Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado de Goiás, atualmente Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh).

pelo órgão ambiental. Portanto, tratam-se das mesmas disposições encontradas no Art. 28 do Decreto nº 8.468/1976, do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976).

Município de Goiânia

Em Goiânia, A Lei nº 5.735, de 19 de dezembro de 1980, que dispõe sobre o zoneamento urbano do município, classifica as indústrias em inofensiva, incômoda e especial. É considerada "Incômoda" a indústria que, "no seu funcionamento, produz ruído, trepidação, gás, poeira, odor ou conturbações sensíveis, porém toleráveis em limites determinados pelo órgão municipal competente, em relação às características dos demais usos admitidos". É considerada "Indústria Especial" "aquela que, pelo grau de periculosidade, poluição ou conturbação, exige localização adequada às suas características, a critério do órgão municipal competente". Essa Lei apresenta um exemplo de como o zoneamento ambiental pode ser utilizado para a proteção da população contra incômodos olfativos.

Estado do Mato Grosso

A Lei Complementar nº 38, de 21 de novembro de 1995, institui o Código Ambiental do Estado de Mato Grosso e estabelece as bases normativas para a Política Estadual do Meio Ambiente. O Art. 84 considera poluição o lançamento ou a liberação no meio ambiente de toda e qualquer forma de matéria ou energia que causem prejuízo à saúde e ao bem-estar da população ou às atividades sociais e econômicas, ainda que em conformidade com as normas, critérios e parâmetros ou com exigências técnicas ou operacionais estabelecidas na legislação. A Lei é alterada pela Lei Complementar n° 232, de 21 de dezembro de 2005, porém nenhuma disposição relativa a odores foi incluída.

Município de Lucas do Rio Verde

No município de Lucas do Rio Verde, a Lei Complementar nº 044, de 12 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a Política de Proteção Ambiental do Município, considera infração ambiental "causar incômodo por emissões de substâncias odoríferas acima dos limites de percepção e além dos limites da propriedade em que se localiza a fonte emissora" (LUCAS DO RIO VERDE, 2006).

Estado do Mato Grosso do Sul

No Mato Grosso do Sul, a Lei nº 90, de 02 de junho de 1980, estabelece que o Instituto de Preservação e Controle Ambiental de Mato Grosso do Sul (INAMB) "exercerá o controle de toda e qualquer substância lançada ao ar, considerada incômoda ou nociva à saúde, de acordo com os limites de tolerância estabelecidos em Lei". O Decreto nº 4.625, de 07 de junho de 1988, que regulamenta a Lei nº 90/1980, estabelece as devidas penalidades legais aos infratores que causarem incômodos ou danos materiais à vizinhança. No entanto, não são estabelecidos padrões ou mecanismos aplicáveis ao controle de incômodos olfativos.

REGIÃO NORTE

Estado do Acre

A Lei nº 1.117, de 26 de janeiro de 1994, dispõe sobre a política ambiental do Estado do Acre e dá outras providências. O Art. 21 veda "o lançamento no meio ambiente de qualquer forma de matéria, energia, substância ou mistura de substâncias, em qualquer estado físico, acima dos níveis cientificamente estabelecidos e reconhecidos como prejudiciais ao ar atmosférico, [...] ao uso, gozo e segurança da propriedade bem como ao funcionamento normal das atividades da coletividade". Além disso, de acordo o Art. 120, é considerada infração ambiental "causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes de zonas urbanas ou localidade equivalente". As penalidades previstas são advertência, multa simples ou diária, demolição ou interdição parcial ou total de estabelecimento ou de atividade.

Estado do Amapá

A Lei Complementar nº 0005, de 18 de agosto de 1994, institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado do Amapá e dá outras providências. O Art. 98 proíbe "toda e qualquer ação poluidora ou perturbadora causada por agentes, bem como a liberação ou lançamento de poluentes sobre o meio ambiente". A infração é caracterizada pelo desacordo com padrões de emissão ou de qualidade, ou ainda, pela

desconformidade com normas, critérios, parâmetros e outras exigências técnicas estabelecidas em decorrência da Lei Complementar.

O Decreto nº 3.009, de 17 de novembro de 1998, regulamenta o Título VII da Lei Complementar nº 0005, relativo às infrações e penalidades. É considerada uma infração ambiental de natureza grave "provocar, ocasionalmente, poluição ou degradação ambiental". Além disso, "provocar, pontual ou continuamente, riscos à saúde pública, à flora, à fauna ou provocar alterações sensíveis no meio ambiente" é considerada uma infração de natureza gravíssima. De acordo com o Art. 7 "o órgão estadual de meio ambiente poderá exigir que os responsáveis pelas fontes degradantes adotem medidas de segurança para evitar os riscos ou a efetiva poluição das águas, do ar, do solo ou subsolo, assim como, outros efeitos indesejáveis ao bem-estar da comunidade".

Estado do Amazonas

No Estado do Amazonas, a Lei nº 1.532, de 06 de julho de 1982, disciplina a Política Estadual da Prevenção e Controle da Poluição, Melhoria e Recuperação do Meio Ambiente e de Proteção aos Recursos Naturais, e dá outras providências.

O Decreto nº 10.028, de 04 de fevereiro de 1987, que regulamenta a Lei nº 1.532, dispõe sobre o Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades com Potencial de Impacto no Meio Ambiente e aplicação de penalidades e dá outras providências (AMAZONAS, 1987). O Art. 5 é atribuído, entre outras coisas, ao Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Tecnologia do Estado do Amazonas (CODEAMA), na qualidade de coordenador e executor da Política Estadual de Meio Ambiente, a responsabilidade de coordenar a atividade de licenciamento e fiscalização do Estado; fixar normas de controle e fiscalização sobre lançamento ou liberação de poluentes nas águas, no ar e no solo, observados os padrões estabelecidos pela legislação federal; assegurar o comprimento dos padrões estabelecidos para instalação ou ampliação de fábricas o implantação de serviços visando prevenir a poluição; e estabelecer normas complementares para fixação dos limites máximos permissíveis de poluição. O Art. 41 estabelece as penalidades aplicáveis às pessoas físicas ou jurídicas que causarem poluição da água, do ar, do solo, que venham promover qualquer forma de degradação do meio ambiente no território do Estado, ou que infringirem qualquer dispositivo da Lei nº 1532, de seus regulamentos e demais normas decorrentes, estará sujeita.

Município de Manaus

No município de Manaus, a Lei nº 605, de 24 de julho de 2001, que institui o Código Ambiental do Município e dá outras providências, veda "a emissão de odores que possam criar incômodos à população". De acordo com o Art. 88, na implementação da política municipal de controle da poluição atmosférica, deverão ser observadas as seguintes diretrizes (MANAUS, 2001):

> I – exigência da adoção das melhores tecnologias de processo industrial e de controle de emissão, de forma a assegurar a redução progressiva dos níveis de poluição; [...]
> IV – adoção de sistema de monitoramento periódico ou contínuo das fontes por parte das empresas responsáveis, sem prejuízo das atribuições de fiscalização da SEDEMA[19]; [...]
> VII – seleção de áreas mais propícias à dispersão atmosférica para a implantação de fontes de emissão, quando do processo de licenciamento, e a manutenção de distâncias mínimas em relação a outras instalações urbanas, em particular hospitais, creches, escolas, residências e áreas naturais protegidas.

Estado do Pará

No Estado do Pará, a Lei nº 5.887, de 09 de maio de 1995, dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. No que diz respeito ao controle da poluição do ar, o Art. 18 delega ao Poder Público, a responsabilidade de estabelecer limites máximos permissíveis de emissão de poluentes atmosféricos e padrões de qualidade do ar, através de normas específicas, de acordo com a legislação federal em vigor. De acordo com o Art. 19 "as fontes de poluição atmosférica, para as quais não forem estabelecidos os limites máximos de emissão, deverão adotar sistemas de controle e tratamento de poluentes, baseados no uso de tecnologias comprovadamente eficientes para cada caso". A lei ainda obriga que os responsáveis pelas fontes geradoras de poluição instaladas ou a serem instaladas adotem medidas destinadas a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos decorrentes de suas emissões no meio ambiente.

---

[19] Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Amazonas.

Estado de Rondônia

No Estado de Rondônia, a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993, que dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental (SEDAR) e seus instrumentos, estabelece medidas de proteção e melhoria da qualidade do meio ambiente, define a Polícia Estadual de Desenvolvimento Ambiental, e dá outras providências.

O Decreto nº 7.903, de 1 de julho de 1997, que regulamenta a Lei nº 547, apresenta praticamente as mesmas disposições encontradas na legislação do estado de São Paulo, posteriormente adotadas pelo estado de Goiás. O Art. 52 estabelece que (RONDÔNIA, 1997):

> Fica proibida a emissão de substâncias odoríficas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.
> Parágrafo único: A critério da SEDAM[20], a constatação de emissão será efetuada:
> I – por técnicos credenciados pela SEDAM;
> II – com referência às substâncias relacionadas no Anexo IV através de sua concentração no ar, por comparação com o Limite de Percepção do Odor (LPO).

O Art. 57, lista uma relação de atividades emissoras de compostos odoríferos cujas emissões deverão ser incineradas em pós-queimadores ou por outro sistema de controle de poluentes de eficiência igual ou superior. Dentre essas atividades estão: torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju, cevada, cacau e guaraná; autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria animal ou vegetal; defumação de carnes e similares; fontes de sulfetos de hidrogênio e mercaptanas; e fábricas de temperos e produtos alimentares. Trata-se basicamente das mesmas disposições encontradas no Art. 38 do Decreto nº 8.468/1976, do estado de São Paulo, com a inclusão de:

> I – torrefação e resfriamento de cacau e guaraná;
> II – autoclaves [...] de matéria vegetal; [...]
> VII – beneficiamento de látex;
> VIII – Fábricas de temperos e produtos alimentares.

[20] Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental.

O Art. 60 acrescenta que "as fontes de poluição, para as quais não foram estabelecidos padrões de emissão, adotarão sistema de controle de poluição de ar baseadas na melhor tecnologia prática disponível para cada caso".

O Art. 48 dá ao Estado o poder de exigir, nos casos em que se fizer necessário, "a instalação e operação de equipamentos automáticos de medição, com registradores das fontes de poluição do ar, para o monitoramento das quantidades de poluentes emitidos, cabendo a esse órgão, à vista dos respectivos registros, fiscalizar o funcionamento". No caso dos odores, isso permitiria, por exemplo, a instalação de narizes eletrônicos. Conforme pode ser observado, tratam-se das mesmas disposições encontradas no Art. 28 do Decreto nº 8.468/1976, do estado de São Paulo, também encontradas na legislação do estado de Goiás.

Estado de Roraima

A Lei Complementar nº 007, de 26 de agosto de 1994, institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente para a Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e uso adequado dos Recursos Naturais do Estado de Roraima. De acordo com o Art. 69, que trata da classificação das infrações ambientais, causar prejuízos às atividades sociais e econômicas é considerado infração leve e prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população são consideradas infrações graves. No que diz respeito ao monitoramento ambiental, a lei prevê no Art. 189 que "o órgão ambiental, quando necessário, exigirá a instalação e operação de equipamentos automáticos de medição de fontes de poluição do ar atmosférico".

Estado do Tocantins

A Lei nº 261, de 20 de fevereiro de 1991, dispõe sobre a política ambiental do Estado do Tocantins e dá outras providências. No Art. 12, o Inciso II veda a emissão de odores de maneira indireta:

> É vedado o lançamento no meio ambiente de qualquer forma de matéria, energia, substância ou mistura de substância, subsolo, às águas, à fauna e à flora, ou que possam torná-lo:
> I – impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
> II – inconveniente, inoportuno ou incômodo ao bem-estar;

> III – danoso aos materiais, prejudicial ao uso, gozo e segurança da propriedade, bem como ao funcionamento normal das atividades da coletividade.

Além disso, de acordo com o Art. 53 é considerado infração ambiental "causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes de zonas urbanas ou localidade equivalente". As penas variam de advertência ou multa, até o embargo da obra, a cassação do alvará de licenciamento e a perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito do Estado (TOCANTINS, 1991).

REGIÃO NORDESTE

Estado da Bahia

No estado da Bahia, a Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do estado da Bahia e dá outras providências. No Capítulo V, que trata das normas, diretrizes e padrões de emissão e de qualidade ambiental, a Lei proíbe qualquer forma de degradação ambiental e estabelece que as fontes poluidoras devem adotar medidas de proteção ao meio ambiente e ao bem-estar da comunidade.

> Art. 26 – Ficam proibidos o lançamento, a liberação e a disposição de poluentes no ar [...] em desconformidade com normas e padrões estabelecidos, bem como qualquer outra forma de degradação decorrente da utilização dos recursos ambientais.
> § 1º - Os empreendimentos e atividades com potencial de causar degradação ambiental ficam obrigados a possuir equipamentos ou sistemas de controle ambiental e a adotar medidas de segurança para evitar riscos ou efetiva degradação ambiental e outros efeitos indesejáveis ao bem-estar dos trabalhadores e da comunidade [...].
> § 2º - Os responsáveis pelas fontes degradadoras deverão fornecer ao órgão ambiental competente, quando exigido, informações sobre suas atividades e sistemas de produção, acompanhadas dos estudos e documentos técnicos.

O Decreto nº 11.235, de 10 de outubro de 2008, que aprova o regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, enquadra os poluentes atmosféricos em três tipos: poluentes convencionais, poluentes tóxicos do ar (PTAs), e poluentes não convencionais. Os poluentes convencionais são aqueles regulamentados a nível federal (i.e., dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, material particulado, monóxido de carbono e ozônio). Os PTA constituem um conjunto de 188 substâncias orgânicas e inorgânicas, que segundo a legislação, apresentam potencial toxicológico, cancerígeno ou outros efeitos danosos à saúde humana. Alguns dos compostos relacionados possuem potencial odorífero, e.g., acrilato de etila, estireno e sulfeto de carbonila. Já os poluentes não convencionais compreendem qualquer poluente que não se enquadre como poluente convencional ou poluente tóxico do ar. Nesse sentido, de acordo com essa classificação, os odores (misturas de compostos odorantes) poderiam ser enquadrados na categoria de poluentes não convencionais. No entanto, não são estabelecidos padrões de qualidade do ar para esses poluentes. O decreto apenas determina que padrões devam ser estabelecidos quando houver dados cientificamente comprovados pelo a respeito das concentrações (doses) e os respetivos efeitos associados à exposição a esses poluentes.

> Art. 38 - Os padrões de qualidade do ar para os poluentes atmosféricos são os estabelecidos por normas federais ou normas do CEPRAM[21].
> Parágrafo único - Os padrões de qualidade do ar para PTAs e para os poluentes não convencionais deverão ser estabelecidos quando houver dados cientificamente comprovados a respeito das concentrações destes poluentes no ar que não representem risco para a saúde humana e para o meio ambiente.

Em determinados casos, a legislação prevê a avaliação da qualidade do ar na área de influência do empreendimento antes de sua instalação, ou alteração. Também é prevista a realização de estudos de modelagem de dispersão atmosférica, para verificar os possíveis efeitos provocados à qualidade do ar da região impactada decorrentes do acréscimo de poluentes lançados na atmosfera.

> Art. 43 - Durante a análise do pedido de licença de localização ou implantação de uma fonte nova ou de licença de alteração de uma fonte existente que

[21] Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado da Bahia.

> pretenda se situar ou que esteja situada em área de grande concentração industrial, o IMA[22] poderá exigir um estudo para avaliar se o acréscimo de poluentes atmosféricos emitidos provocará uma alteração significativa da qualidade do ar na região.
> § 1º - O estudo a que se refere este artigo deverá conter:
> I - avaliação da qualidade do ar existente na área de influência do empreendimento, antes da sua implantação ou alteração;
> II - estimativa dos efeitos da emissão dos poluentes atmosféricos sobre a qualidade do ar, utilizando modelos de dispersão aprovados pelo IMA.

Município de Vitória da Conquista

No município de Vitória da Conquista, a Lei nº 1.410/2007, institui o Código Municipal do Meio Ambiente. O Art. 180 proíbe "a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em medidas de concentração perceptíveis". De acordo com a lei, caberá ao COMMAM[23] definir as substâncias cuja concentração no ar será constatada por comparação com o limite de percepção de odor. O Art. 190 também proíbe "a emissão em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora".

Estado do Ceará

No Ceará, a lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987, institui o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), vinculado diretamente ao Governador do Estado, com o objetivo de Assessorar o Chefe do Poder Executivo em assuntos de política de proteção ambiental. A lei é regulamentada pelo Decreto nº 10.459, de 08 de junho de 1994. No entanto, nenhuma disposição específica a odores ou incômodo olfativos é apresentada.

Estado do Maranhão

A Lei nº 5.405, de 08 de abril de 1992, institui o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão. A lei é

---

[22] Instituto do Meio Ambiente do Estado da Bahia.
[23] Conselho Municipal do Meio Ambiente de Vitória da Conquista.

regulamentada pelo Decreto nº 13.494, de 12 de novembro de 1993. Na seção VII, do Capítulo III, que trata da poluição ambiental, o Art. 100 apresenta uma interessante classificação territorial de acordo com a sensibilidade do meio receptor, que deve ser considerada quando da fixação de limites de poluição:

> Classe I – áreas que devem ser atmosfericamente preservadas ou conservadas, de lazer e turismo, onde deverá ser mantida a qualidade do ar mais próximo possível do verificado sem a intervenção antrópica;
> Classe II – áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitada pelo padrão secundário de qualidade do ar;
> Classe III – áreas de desenvolvimento onde por força extrema das atividades ali existentes o nível da qualidade do ar é deteriorado.

No que diz respeito ao controle da poluição do ar para fontes fixas, o Art. 102 apresenta uma série de exigências que a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) deverá exigir do responsável legal pelo empreendimento. Entre essas exigências podem-se citar: a instituição e a manutenção do registro dos níveis poluentes emitidos; elaboração de relatórios sobre os poluentes atmosféricos emitidos; realização de amostragens contínuas, periódicas ou eventuais, tanto nas fontes quanto no ar interno e adjacente ao local; instalação e manutenção, em correta operação dos equipamentos e sistemas de controle de poluição do ar, necessários ao entendimento dos limites máximos de emissão de poluentes, respeitados os prazos necessários à sua consecução.

Estado de Pernambuco

A legislação ambiental relativa à poluição ar no estado de Pernambuco é bastante limitada. A Lei nº 10.564, de 11 de janeiro de 1991, que dispõe sobre o controle da poluição atmosférica, estabelece que, para fins de controle ambiental, devem ser considerados os padrões nacionais de qualidade do ar em vigor. De maneira complementar, a lei estabelece apenas padrões de emissão para fumaça, de acordo com a Escala de Ringelmann Reduzida. Nenhuma menção é feita em relação à emissão de odores ou substâncias odoríferas.

Município de Recife

A Lei nº 16.243, de 13 de setembro de 1996, que institui o Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico do município de Recife, proíbe no Art. 48 a "emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade da fonte emissora".

Estado do Piauí

No Piauí, a Lei nº 4.854, de 10 de julho de 1996, dispõe sobre a Política Estadual de Meio Ambiente e dá outras providências. Além de algumas disposições básicas baseadas na legislação federal, a lei apenas estabelece que constitui uma infração ambiental "causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentaneamente, dos habitantes de zonas urbanas ou localidade equivalente". As penas variam entre advertência por escrito; multa; embargo da obra; cassação do alvará de licenciamento de estabelecimento; perda ou restrição de incentivos, benefícios fiscais concedidos pelo Governo do Estado; além da perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito do Piauí.

Estado de Sergipe

A Lei nº 5.858, de 22 de março de 2006, dispõe sobre a Política do Meio Ambiente do estado de Sergipe. Na Seção XI, que tratada das normas e padrões de emissão e de qualidade ambiental, o Art. 80 proíbe o lançamento, a liberação e a disposição de poluentes no ar e qualquer outra forma de degradação ambiental e estabelece que:

> § 2º. As fontes degradantes do ambiente ficam obrigadas a possuir equipamentos ou sistemas de controle da degradação ambiental, e a adotar medidas de segurança para evitar os riscos ou a efetiva degradação do meio ambiente e outros efeitos indesejáveis ao bem estar das pessoas e da comunidade.

Estado do Rio Grande do Norte

No Rio Grande do Norte, a Lei Complementar nº 272, de 03 de março de 2004, é o marco legal para questões relacionadas ao meio

ambiente. A Lei, que ainda não foi regulamentada, dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Nenhuma disposição específica com relação a odores e ao controle de incômodos olfativos é apresentada.

Município de Natal

A Lei nº 4.100, de 19 de junho de 1992, dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município de Natal. No Capítulo VI, que trata da poluição do ar, o Art. 70 estabelece que

> as emanações gasosas provenientes de atividade produtiva, doméstica ou recreativa só poderão ser lançadas à atmosfera se não causarem ou tenderem a causar dano ao meio ambiente, à saúde e ao bem-estar da população (NATAL, 1992).

No que diz respeito a critérios e padrões de qualidade do ar, a Lei determina que não devem ser fixados limites menos restritivos que os aceitos internacionalmente (NATAL, 1992):

> Art. 72 - As fontes artificiais, que jogam na atmosfera gases e outras substâncias de qualquer natureza, têm a obrigação de cumprir as disposições vigentes sobre concentrações e níveis permissíveis de tais materiais, evitando a deterioração dos recursos ambientais.
> § 1º - Ao estabelecer critérios, normas e padrões de proteção atmosférica o CONPLAM[24] não os poderá fixar em níveis menos restritivos que os internacionalmente aceitos. [...]

O Art. 75 estabelece que

> para a localização de indústria ou de qualquer outra instalação que provoque a emissão de gases ou outras substâncias contaminantes nas proximidades de assentamentos humanos ou áreas de proteção, deverá ser avaliado o tipo de indústria e as variáveis climáticas e topográficas locais, visando garantir a qualidade ambiental, de conformidade com os projetos aprovados e as resoluções estabelecidas pelos órgãos municipais.

[24] Conselho Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente de Natal.

Estado de Alagoas

Em Alagoas, a Lei nº 4.090 de 05 de dezembro de 1979, dispõe sobre a proteção do Meio Ambiente no Estado e dá outras providências. A Lei não estabelece nenhuma disposição relativa à poluição atmosférica. A questão é considerada, de forma vaga, apenas na seção relativa às infrações e penalidades. A Lei é regulamentada pelo Decreto nº 4.302, de 4 de julho de 1980, que também não faz nenhuma menção a odores ou à emissão de substâncias odoríferas.

Município de Maceió

Em Maceió, a Lei nº 4.548, de 21 de novembro de 1996, que institui o Código Municipal de Meio Ambiente, proíbe no Art. 125 "a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em concentrações perceptíveis ao nível da aglomeração urbana" (MACEIÓ, 1996).

Estado da Paraíba

Na Paraíba, a Lei nº 4.335 de 16 de dezembro de 1981, dispõe sobre a Proteção e Controle do Meio Ambiente e estabelece normas disciplinadoras relativas ao meio ambiente (PARAÍBA, 1981). As disposições apresentadas na lei se baseiam essencialmente não PNMA. A legislação estadual não apresentada faz qualquer menção a odores ou a questões relacionada emissão a incômodos odoríferos.

Município de Patos

No município de Patos, a Lei 3.486/06, que institui o Código Municipal de Meio Ambiente, proíbe "atividades e/ou processos produtivos que emitam odores que possam causar incômodos à população" (PATOS, 2006).

REGIÃO SUL

Estado do Rio Grande do Sul

A Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. A única disposição relativa a odores é apresentada no Art. 139, que dispõe sobre a utilização das redes de esgoto para lançamento de efluentes industriais.

A Lei determina que este só seja permitido se licenciado pelo órgão ambiental e esteja isento de substâncias produtoras de odores.

O Decreto nº 9.325 de 1988, que regulamenta a Lei Complementar nº 65/1981 em relação à emissão de poluentes atmosféricos no município de Porto Alegre, estabelece que "as fontes poluidoras adotarão sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia viável para cada caso". Além disso, o Art. 20 proíbe "a emissão de substância odoríferas e/ou tóxicas na atmosfera, em quantidade que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora". Disposições semelhantes são encontradas no Código do Meio Ambiente dos munícios de Canoas, Guaíba, Teutônia e Gravataí.

Estado do Paraná

No Brasil, o Paraná é pioneiro na regulamentação de emissões odorantes. Os odores são regulamentados desde 2002 (PARANÁ, 2002, 2006, 2014).

A Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006 (que revogou a Resolução SEMA nº 041/2002), exigia que instalações com elevado potencial odorante dispusessem de sistemas de tratamento com eficiência mínima de 85% de remoção de odo, determinada por olfatometria:

> Artigo 12 – As atividades geradoras de substâncias odoríferas, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 $UO.h^{-1}$ (Unidades de Odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento, previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando a captação e remoção do odor. O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatometria e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatometria deve ser no mínimo de 85% (PARANÁ, 2006).

No início de 2014, entrou em vigor a Resolução SEMA nº 016/2014 (revogando a Resolução SEMA nº 054) estabelecendo um novo quadro jurídico para o controle da qualidade dor ar no estado do Paraná.

Foram realizadas mudanças significativas no Artigo 12, que trata do controle de odores (PARANÁ, 2014):

> 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 atinga áreas residenciais, o monitoramento da extensão da pluma de odor.
> § 2º O controle de emissão de odores no sistema de exaustão de cemitérios verticais deve usar filtros de carvão ativado ou tecnologia equivalente.
> § 3º Este artigo não se aplica às fontes potencialmente poluidoras com padrões de lançamento para TRS, outros gases com cheiros acentuados, tais como NH_3, e/ou Substâncias Orgânicas estabelecidos na forma desta Resolução.

Dentre as metodologias de amostragem e análise recomendadas estão: a norma americana ASTM E679, a norma holandesa NVN 2820, a norma europeia EN 13725 e as diretrizes do Comitê de Normalização em Medição de Odor "EE-6" da AWMA.

O Art. 13 estabelece que "todas as atividades ou fontes geradoras de emissões fugitivas devem tomar as seguintes providências a fim de minimizá-las, tais como: enclausuramento de instalações, armazenamento fechado de material, umidificação do solo e, pavimentação e limpeza de áreas e vias de transporte". O § 1º estabelece que estabelecido que "o órgão ambiental competente pode exigir o monitoramento da eficiência do controle de emissões fugitivas, através do monitoramento ambiental, na área de influência de instalações". Isto poderia ser realizado através de diversas metodologias, como inspeções de campo, enquetes olfatométricas, questionários ou do estabelecimento de uma RPO.

Por fim, o Art. 89 permite que o IAP exija que "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".

Município de Almirante Tamandaré

A Lei nº 865, de 14 de dezembro de 2001, estabelece a Política Municipal do Meio Ambiente de Almirante Tamandaré. Na Seção IV, do Capítulo VII ("Da Proteção do Meio Ambiente"), que trata da arborização, o Art. 62 estabelece que "no entorno das indústrias, de qualquer parte, classificadas como potencialmente poluidoras, deverá ser conservada, na área da propriedade da empresa, vegetação arbustiva destinada a proteger a comunidade da poluição atmosférica, sonora e do odor". De fato, a conservação de vegetação no entorno de instalações classificadas como potencialmente poluidoras pode minimizar incômodos olfativos. Segundo Lin et al. (2007), quebra-ventos quando plantados no entorno de instalações pecuárias (ou qualquer outra fonte de emissão ao nível do solo) podem reduzir a Distância Máxima de Dispersão de Odor (MODD[25]).

Estado de Santa Catarina

Em Santa Catarina, a Lei n° 5.793, de 15 de outubro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 14.250/81, foi revogada pela Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado. O Decreto nº 14.250/81 trazia as mesmas disposições encontradas nos estados de São Paulo (até 1980), Goiás e Rondônia. O Art. 31 proibia a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que pudessem ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. A constatação das emissões deveria ser realizada por agentes credenciados à Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA) e baseada em uma lista de substâncias odoríferas, através da comparação de sua concentração no ar ambiente com seu respectivo LPO.

A Lei nº 14.675/09 prevê no Art. 179 o estabelecimento de padrões de qualidade do ar, inclusive, para substâncias odoríferas. A Lei não fixa

[25] Do inglês, *Maximum Odour Dispersion Distance*.

metodologias e critérios para avaliação de impacto odorante. Entretanto, o Art. 290 atribui ao CONSEMA a responsabilidade de:

> I - no prazo de 1 (um) ano, a contar da publicação desta Lei, regulamentar: [...]
> b) os critérios e a metodologia para constatação de emissão de odor em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora;
> c) os padrões de qualidade do ar; [...]

Passados quase 10 anos desde a sanção da Lei, ainda não foram regulamentados os dispositivos relacionados ao controle de incômodos olfativos previstos no artigo supracitado. Dessa forma, fiscais do meio ambiente têm atuado apoiando-se no Art. 182, que prevê "a adoção de sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível e aplicável nos casos para os quais não existirem padrões de emissão estabelecidos" ou aplicando critérios estabelecidos no antigo Decreto nº 14.250/81, ou ainda, utilizando como referência a Resolução nº 054/2006 do estado do Paraná.

Municípios de Blumenau e Joinville

Em Blumenau, a Lei Complementar nº 747, de 23 de março de 2010, que institui o Código Municipal do Meio Ambiente, proíbe "as atividades ou processos produtivos que emitam odores que possam criar incômodos à população". Já em Joinville, a Lei Complementar nº 29, de 14 de junho de 1996, que institui o Código Municipal do Meio Ambiente, estabelece que constitui infração ambiental "causar incômodo por emissões odoríferas acima dos limites de percepção e além dos limites da propriedade em que se localiza a fonte emissora".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Lei nº 1.117, de 26 de janeiro de 1994. Dispõe sobre a política ambiental do Estado do Acre e dá outras providências.

ALAGOAS. Lei nº 4.090, de 05 de dezembro de 1979. Dispõe sobre a proteção do Meio Ambiente no Estado de Alagoas e dá providências correlatas.

ALMIRANTE TAMANDARÉ. Lei nº 865, de 14 de dezembro de 2001. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2012.

AMAPÁ. Lei Complementar nº 0005, de 18 de agosto de 1994. Institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado do Amapá e dá outras providências.

_____. Decreto nº 3.009, de 17 de novembro de 1998. Regulamenta o Título VII, da Lei Complementar nº 0005, de 18 de agosto de 1994, que institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente do Estado e dá outras providências.

AMAZONAS. Lei nº 1.532, de 06 de julho de 1982. Disciplina a Política Estadual da Prevenção e Controle da Poluição, melhoria e recuperação do meio ambiente e dá proteção aos recursos naturais, e dá outras providências.

_____. Decreto nº 10.028, de 04 de fevereiro de 1987. Regulamenta a Lei nº 1.532, de 06 de julho de 1982. Dispõe sobre o Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades com Potencial de Impacto no Meio Ambiente e aplicação de penalidades e dá outras providências.

BAHIA. Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências. **DOE**, Salvador, BA, 21 dez. 2006.

_____. Decreto nº 11.235, de 10 de outubro de 2008. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que institui a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e-dá outras providências. **DOE**, Salvador, BA, 11 e 12 out. 2008.

BLUMENAU. Lei Complementar nº 747, de 23 de março de 2010. Institui o Código do Meio Ambiente do município de Blumenau e dá outras providências.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do brasil:** texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas emendas Constitucionais nos 1/1992 a 68/2011, pelo decreto legislativo nº 186/2008 e pelas emendas constitucionais de revisão nos 1 a 6/1994. 35. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2012. 454 p. (Série textos básicos; n. 67).

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Seção I, p. 16.509-16.512.

CEARÁ. Lei nº 12.274, de 05 de abril de 1994. Altera a redação dos artigos que especifica da Lei nº 11.411 e acrescenta outros artigos.

CEARÁ. Lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987. Institui o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA). Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br>. Acesso em: 09 abr. 2012.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resoluções do Conama:** Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 41, de 13 de setembro de 1989. Dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal, e dá outras providências.

_____. Decreto nº 12.960, de 28 de dezembro de 1990. Aprova o Regulamento da Lei nº 41, de 13 de setembro de 1989, que dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal e dá outras providências.

DORNELES, Ana Cláudia B. O zoneamento e sua importância como um instrumento de planejamento urbano. **Cadernos da Escola de Direito e Relações Internacionais**, Curitiba, v. 1, n. 13, p. 452-467, 2010.

ESPÍRITO SANTO. Lei N° 7.058, de 18 de janeiro de 2002. Dispõe sobre a fiscalização, infrações e penalidades relativas à proteção ao meio

ambiente no âmbito da Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente.

GOIÂNIA. Lei nº 5.735, de 19 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a divisão das áreas urbanas e de expansão urbana do município de Goiânia em zonas de uso e dá outras providências.

GOIÁS. Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente no Estado de Goiás.

IPATINGA. Decreto nº 3.790, de 18 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei Municipal nº 1.475, de 30 de setembro de 1996, que dispõe sobre a política de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

JOINVILLE. Lei Complementar nº 29, de 14 de junho de 1996. Institui o Código Municipal do Meio Ambiente.

LIN, X.-J.; BARRINGTON, S.; NICELL, J.; CHOINIÈRE, D. Effect of natural windbreaks on maximum odour dispersion distance (MODD). **Canadian Biosystems Engineering**, Winnipeg, v. 49, p. 6.21-6.32, 2007.

LUCAS DO RIO VERDE. Lei Complementar nº 44, de 12 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a Política de Proteção Ambiental do Município de Lucas do Rio Verde, e dá outras providências.

MACAÉ. Lei Complementar nº 027, de 26 de dezembro de 2001. Dispõe sobre o Código Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências.

MACEIÓ. Lei nº 4.548, de 21 de novembro de 1996. Institui o Código Municipal de Meio Ambiente e dispõe sobre a administração do uso dos recursos ambientais, da proteção da qualidade do meio ambiente, do controle das fontes poluidoras e da ordenação do uso do solo do território do Município de Maceió, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável.

MANAUS. Lei nº 605, de 24 de julho de 2001. Institui o Código Ambiental do Município de Manaus e dá outras providências.

MATO GROSSO. Lei Complementar nº 38, de 21 de novembro de 1995. Dispõe sobre o Código Estadual do Meio Ambiente, e dá outras providências.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 90, de 02 de junho de 1980. Dispõe sobre as alterações do meio ambiente, estabelece normas de proteção ambiental e dá outras providências.

_____. Decreto nº 4.625, de 07 de junho de 1988. Regulamenta a Lei nº 90, de 02 de junho de 1980 e dá outras providências.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Deliberação Normativa COPAM nº 11, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera e dá outras providências.

NATAL. Lei nº 4.100, de 19 de junho de 1992. Dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município de Natal.

PARÁ. Lei nº 5.887, de 09 de maio de 1995. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências.

PARAÍBA. Lei nº 4.335, de 16 de dezembro de 1981. Dispõe sobre Prevenção e Controle da Poluição Ambiental e estabelece normas disciplinadoras da espécie.

PARANÁ. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 042, de 09 de dezembro de 2002. Define critérios para o controle da qualidade do ar.

_____. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida.

_____. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA nº 016, de 26 de março de 2014. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e da melhoria da qualidade de vida.

PATOS. Lei nº 3.486, de 09 de maio de 2006. Institui o Código de Meio Ambiente do Município de Patos e dispõe sobre o sistema municipal de meio ambiente.

PERNAMBUCO. Lei nº 10.564, de 11 de janeiro de 1991. Dispõe sobre o controle da poluição atmosférica no Estado e dá outras providências.

PIAUÍ. Lei N° 4.854, de 10 de julho de 1996. Dispõe sobre a política de meio ambiente do Estado do Piauí, e dá outras providências.

PORTO ALEGRE. Decreto nº 9.325, de 30 de novembro de 1988. Regulamenta a Lei Complementar nº 65, de 22 de dezembro 1981, em relação à emissão de poluentes atmosféricos no Município de Porto Alegre e dá outras providências.

RECIFE. Lei nº 16.243, de 13 de setembro de 1996. Estabelece a política do meio ambiente da Cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife.

RIO DE JANEIRO. Decreto-Lei nº 134, de 16 de junho de 1975. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

_____. Decreto n° 1.633, de 21 de dezembro de 1977. Regulamenta, em parte, o Decreto-Lei nº 134, de 16 junho de 1975, e institui o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.

_____. Decreto nº 42.159, de 02 de dezembro de 2009. Dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental – SLAM e dá outras providências.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei Complementar n° 272, de 03 de março de 2004. Dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente, e dá outras providências.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

RONDÔNIA. Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993. Dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia e seus instrumentos, estabelece medidas de proteção e melhoria da

qualidade do meio ambiente, define a Polícia Estadual de Desenvolvimento Ambiental, cria o Fundo Especial de Desenvolvimento Ambiental e o Fundo Especial de Reposição Florestal.

_____. Decreto nº 7.903, de 01 de julho de 1997. Regulamenta a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993, que dispõe sobre proteção, recuperação, controle, fiscalização e melhoria de qualidade do meio ambiente no Estado de Rondônia.

RORAIMA. Lei Complementar nº 007, de 26 de agosto de 1994. Institui o Código de Proteção ao Meio Ambiente para a Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e uso adequado dos Recursos Naturais do Estado de Roraima.

SANTA CATARINA. Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980. Dispõe sobre a Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental e dá outras providências.

_____. Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981.Regulamenta dispositivos da Lei Nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental.

_____. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8.468, de 08 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.

SAQUAREMA. Lei nº 1.055, de 19 de março de 2010. Dispõe sobre o Código Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências.

SERGIPE. Lei nº 5.858, de 22 de março de 2006. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, institui o Sistema Estadual do Meio Ambiente, e dá providências correlatas.

TOCANTINS. Lei nº 261, de 20 de fevereiro de 1991. Dispõe sobre a política ambiental do Estado do Tocantins e dá outras providências. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br>. Acesso em: 1 maio 2017.

UBERLÂNDIA. Lei Complementar nº 17, de 04 de dezembro de 1991. Dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente e dá outras providências.

_____. Decreto nº 10.847, de 10 de setembro de 2007. Regulamenta o art. 126, da Lei Complementar nº 17/91, que dispõe sobre a Política de Proteção, Controle e Conservação do Meio Ambiente e dá outras providências, alterado pela Lei Complementar nº 447, de 24 de maio de 2007.

VITÓRIA. Decreto nº 10.023, de 05 de junho de 1997. Regulamenta o Poder de Polícia Ambiental, estabelecido no Título II, do Livro II - Parte Especial, da Lei Municipal nº 4438, de 28 de maio de 1997, que institui o Código Municipal de Meio Ambiente do Município de Vitória.

VITÓRIA DA CONQUISTA. Lei nº 1.410, de 05 de junho de 2007. Institui o Código do Meio Ambiente do Município de Vitória da Conquista.

ANEXO A – ENVIRON SCI POLLUT R: VIEIRA ET AL. (2016)

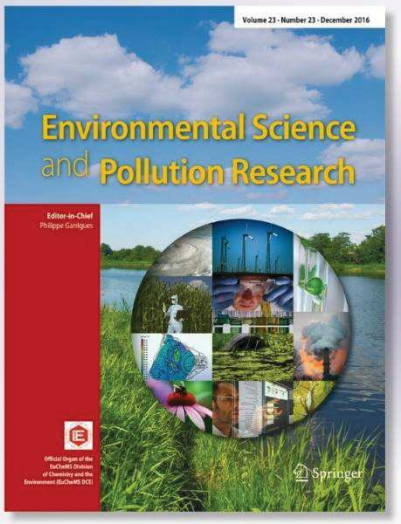
Pragmatic evaluation of odour emissions from a rendering plant in southern Brazil

Magnun M Vieira, Waldir N Schirmer, Henrique de Melo Lisboa, Paulo Belli Filho & Jean-Michel Guillot

Environmental Science and Pollution Research

ISSN 0944-1344
Volume 23
Number 23

Environ Sci Pollut Res (2016)
23:24115-24124
DOI 10.1007/s11356-016-7509-0



Springer

ANEXO B – IWA ODOURS 2017: BEST POSTER AWARD

Warsaw University of Technology

Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering
WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CZIiTT

IWA
the international water association

Best Poster Award

M. M.Vieira, J.-M.Guillot, P. B. Filho, A.-C. Romain, G. Adam, J. Delva, M. Baron, T. Van Elst

for the poster entitled

Can we combine field olfactometry and plume method measurements?

presented at the 7th IWA Conference on Odours & Air Emissions

Radosław Barczak, Ph. D. , Eng.
Chairman of the Organising Committee

Prof. Andrzej Kulig, Ph. D. , D. Sc. , Eng.
Chairman of the Scientific Committe