



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

MARCOS THEOFILO SILVERIO DA SILVA

**EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES: LIMITES GEOGRÁFICOS DA PLUMA**

Recife, 2020

MARCOS THEOFILO SILVERIO DA SILVA

**EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES: LIMITES GEOGRÁFICOS DA PLUMA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, para qualificação como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. Ronaldo Faustino Silva
Orientador

Recife, 2020

S586e Silva, Marcos Theófilo Silvério da.
Emissões atmosféricas odorantes de uma estação de tratamento de efluentes:
limites geográficos da pluma / Marcos Theófilo Silvério da Silva. – Recife,
PE: O autor, 2020.
113 f.: il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado
Profissional em Gestão Ambiental, 2020.

Inclui referências e anexos.

1. Dinâmica dos Gases. 2. Compostos Odorantes. 3. Emissões Gasosas. 4. Gestão
Ambiental. I. Silva, Ronaldo Faustino da. (Orientador). II. Título.

533.2 CDD (22 Ed.)

MARCOS THEOFILO SILVERIO DA SILVA

**EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES: LIMITES GEOGRÁFICOS DA PLUMA**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco para qualificação como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da defesa: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Orientador - IFPE

Prof.^a. Dr.^a Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues
Examinador Interno - MPGA

Prof.^a. Dr.^a Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho
Examinador Interno - MPGA

Prof. Dr. João Manuel de Freitas Mota
Examinador Externo – Departamento de Infraestrutura e Construção Cível – IFPE

Prof. Dr. Robson Silva Passos
Examinador Externo – Departamento de Ambiente Saúde e Segurança do IFPE

APRESENTAÇÃO

O autor possui Pós-graduação em Gestão Pública e graduação em Administração de Empresas pela Universidade Católica de Pernambuco. Atuou como Secretário de Serviços Públicos do Município do Moreno, no qual destaca-se a implantação do projeto de destinação, ambientalmente adequada, dos resíduos sólidos urbanos, repercutindo na conquista do ICMS socioambiental e na fomentação articulada com o Estado no delineamento de projetos estruturadores dos serviços de limpeza urbana no município relacionados à central de triagem e compostagem e, a remediação do passivo ambiental em áreas degradadas da municipalidade. Contribuiu e participou em grupos temáticos para consecução do Plano Metropolitano de Gestão de Resíduos Sólidos e na discussão das bases de constituição do consórcio público para construção do aterro sanitário público. Na Prefeitura Municipal do Jaboatão dos Guararapes exerceu a função de Analista de Planejamento na Secretaria Executiva de Infraestrutura e Limpeza Urbana e hodiernamente atuo como professor de escola técnica estadual.

A temática resíduos, sob o espectro do efluente gasoso odorante, resultante da ação antrópica, ampliam o escopo dos estudos, a partir da investigação dos impactos ambientais na qualidade do ar referentes aos aborrecimentos advindos de odores, resultado do processo e técnica de decomposição de material orgânico sólido e semissólido. Na comunidade Europeia e na América do Norte já possuem avançados estudos e legislação norteadora dos limites de concentração de unidades de odores por metro cúbico, tendo como alvo plantas industriais e fontes variadas de produção de odores. No Brasil não há legislação federal específica que trate de forma ordenadora os aborrecimentos ocasionados por odores malcheirosos, seja pela ótica dos limites de concentração mínima de compostos odorantes emitidos por uma fonte sabida ou de impactos incomodantes nas comunidades que margeiam fontes emissoras. Nos estados e municípios o tema é ordenado de forma limitada e subjugada aos conceitos de poluição do ar. A ausência de norma não desobriga as organizações públicas ou privadas de constituírem, de forma holística e comprometida a qualidade ambiental nos seus processos. E de subsidiar efetivamente os fatores ambientais que constituem uma gestão ambiental plena e sustentável de escopo endógeno e exógeno de preservação da natureza e qualidade de vida. Neste sentido, o estudo é norteado pela norma europeia, que em seu núcleo trata da apreensão circunstanciada dos limites geográficos de flutuação da pluma odorante, a partir da percepção humana, mediante painel qualificado, em áreas circunvizinhas impactadas por incômodos proporcionados por compostos odorantes voláteis advindos da estação de tratamento de esgoto – ETE Curado, com o intento de subsidiar com informações a gestão do empreendimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, a vida, que é linda e consentida no amor e, a essa existência por oportunizar o acúmulo de conhecimentos e de experiências para a realização deste projeto. E do amparo da Espiritualidade da casa religiosa que integro, Hospital Espiritual Maria Cláudia Martins, pelo equilíbrio e harmonia.

À família pelo suporte, compreensão e incentivo aos meus estudos. Em especial à minha mãe que durante o tempo de sua existência conosco sempre me motivou a realização de sonhos e projetos.

Ao Professor Ronaldo Faustino da Silva pela atenção e dedicação na orientação deste trabalho e pelo incentivo e confiança.

Aos colaboradores na atividade voluntária de painalista, sobretudo, pela importância dessa contribuição nos resultados, aos que abraçaram com afinco e presteza esse desafio. E em nome de Elidiana Bezerra de Albuquerque presto o reconhecimento a todos.

À Empresa Lógica Ambiental LTDA, em nome de Andréa Caribé Cantarelli, pelo apoio a pesquisa, movida pelo ímpeto de agregar valores sustentáveis ao negócio, com impactos positivos ao meio ambiente e a coletividade.

Ao Instituto Federal de Pernambuco - IFPE, campus Recife, à coordenação, seus colaboradores e todos os docentes do Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental, especialmente as Professoras Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho e Marília Regina Costa Castro Lyra pelos sábios ensinamentos e orientações.

“(...) Vamos rir, chorar e aprender. Aprender especialmente como casar Céu e Terra, vale dizer, como combinar o cotidiano com o surpreendente, a imanência opaca dos dias com a transcendência radiosa do espírito, a vida na plena liberdade com a morte simbolizada como um unir-se com os ancestrais, a felicidade discreta nesse mundo com a grande promessa na eternidade. E, ao final, teremos descoberto mil razões para viver mais e melhor, todos juntos, como uma grande família, na mesma Aldeia Comum, generosa e bela, o planeta Terra.”
(BOFF, 2001, p. 9).

RESUMO

Os incômodos proporcionados por maus odores, resultante de atividades antrópicas, é uma questão ambiental cada vez mais recorrente, devido ao desconforto ambiental em populações locais sob influência da pluma. A ausência de norma nacional de parametrização do método de apuração dos incômodos representa um desafio ambiental para o poder público e a gestão ambiental. A norma europeia EN 16841: 2016 parte I e II, inspirada na norma alemã VDI 3940 partes I e II, aplicada na avaliação do odor no ambiente, compreende técnicas e métodos sensoriais de inspeções de campo para a determinação da extensão da pluma de odores reconhecíveis, mediante painel humano qualificado é o padrão orientado aos países membros pelo Comitê Europeu de Padronização para qualidade do ar. Neste método, o aparelho olfativo humano é usado como tecnologia de êxito não replicável artificialmente na identificação real *in loco* de reconhecimento dos compostos odorantes, a partir de uma fonte sabida. Isto posto, o objetivo principal deste trabalho é mensurar os limites geográficos de flutuação da pluma odorante no território de influência da estação de tratamento de esgotos, a ETE Curado, situado em Recife/PE. A pesquisa rege-se pela proposta do método europeu da pluma dinâmica VDI 3940 parte II, mais simples de aplicar e menos oneroso, na perspectiva do não uso de meios não-humanos de captura do efeito adverso do odor. O procedimento de seleção e qualificação do painel humano de avaliadores se norteou nos métodos ASTM 679 e ASTM 544, tomando como substância de referência a acetona. A investigação situacional da região de movimentação da penumbra odorante procedeu no período de seis meses, de fevereiro a julho do ano de 2019. Os resultados de mensuração da pluma, resultaram em respostas distintas de situamento e movimentação, devido a características locais de tempo, orografia, rugosidade e da baixa atividade cinética de mobilidade da pluma. Com os resultados obtidos foi possível estabelecer os marcos territoriais de flutuação da pluma, constituindo-se em subsídios relevantes para planejamento das atividades da ETE e subsidiariamente a propositura de um guia prático de aplicação do método da pluma dinâmica VDI 3940-1.

Palavras-chave: Emissões gasosas. Gestão ambiental. Ventos.

ABSTRACT

The discomfort caused by bad odors, resulting from anthropic activities, is an increasingly recurrent environmental issue, due to environmental discomfort in local populations under the influence of the plume. The absence of a national standard for parameterization of the method for calculating nuisances represents an environmental challenge for public authorities and environmental management. The European standard EN 16841: 2016 part I and II, inspired by the German standard VDI 3940 parts I and II, applied in the evaluation of odor in the environment, comprises techniques and sensory methods of field inspections to determine the extent of the plume of recognizable odors, through a qualified human panel is the standard oriented to member countries by the European Committee for Standardization for air quality. In this method, the human olfactory apparatus is used as a successful technology that is not artificially replicable in the real on-site identification of odorant compounds, from a known source. That said, the main objective of this work is to measure the geographic limits of fluctuation of the odorous plume in the territory of influence of the sewage treatment plant, the ETE Curado, located in Recife / PE. The research is guided by the proposal of the European method of dynamic plume VDI 3940 part II, simpler to apply and less costly, in the perspective of not using non-human means of capturing the adverse effect of odor. The selection and qualification procedure of the human panel of evaluators was based on the ASTM 679 and ASTM 544 methods, using acetone as the reference substance. The situational investigation of the region of movement of the odorous penumbra proceeded in the period of six months, from February to July of the year of 2019. The results of measurement of the plume, resulted in different responses of position and movement, due to local characteristics of time, orography, roughness and low kinetic mobility. With the results obtained, it was possible to establish the landmarks for the fluctuation of the plume, constituting relevant subsidies for planning the activities of the ETE activities and, alternatively, the proposition of a practical guide for the application of the VDI 3940-1 dynamic plume method.

Keywords: Gaseous emissions. Environmental management. Winds.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - 17 Objetivos de desenvolvimento social..... | 21 |
| Figura 2 - Filme líquido e gás..... | 29 |
| Figura 3 - Visão frontal da cabeça. | 31 |
| Figura 4 - Visão facial do sistema da região olfativa ⁴ | 31 |
| Figura 5 - Modelos de avaliação do incômodo.Fonte: O autor (2020). | 38 |
| Figura 6 - Modelo da grelha. | 41 |
| Figura 7 - Identificação e extensão da pluma odorante. | 43 |
| Figura 8 - Exemplo do diagrama esquematizado de mensuração da pluma dinâmica. | 44 |
| Figura 9 - Médias climatológicas sazonais de temperatura, precipitação e velocidade de vento. | 60 |
| Figura 10 - Mapa de Pernambuco com as três divisões climáticas: litoral e zona da mata, agreste e sertão..... | 61 |
| Figura 11 - Perfil vertical do vento sobre diferentes tipos de rugosidade superficial..... | 63 |
| Figura 12 - Rosa dos ventos. | 64 |
| Figura 13 - Escala Beaufort..... | 65 |
| Figura 14 - Mapa da direção dos ventos em Pernambuco. | 65 |
| Figura 15 - Mapa da Rosa dos Ventos Anuais - (Frequência x Direção). | 66 |
| Figura 16 - Velocidade média dos ventos durante o dia..... | 67 |
| Figura 17 - Velocidade média dos ventos durante o ano..... | 67 |
| Figura 18 - Velocidade média e direção dos ventos em Recife entre 1973 e 2019. | 68 |
| Figura 19 - Velocidade média e direção dos ventos em Recife entre janeiro e dezembro 2019 | 69 |
| Figura 20 - Visão aérea da ETE-Curado. | 71 |
| Figura 21 - ETE-Curado..... | 71 |
| Figura 22 - Área de pesquisa | 79 |
| Figura 23 – Visão ampliada de localização da ETE Curado | 79 |
| Figura 24 - Rosa dos ventos de fevereiro de 2019..... | 81 |
| Figura 25 - Rosa dos ventos de março de 2019..... | 81 |
| Figura 26 - Rosa dos ventos de abril de 2019. | 82 |
| Figura 27 - Rosa dos ventos de maio de 2019..... | 82 |
| Figura 28 - Rosa dos ventos de junho de 2019..... | 82 |
| Figura 29 - Rosa dos ventos de julho de 2019..... | 83 |
| Figura 30- Rosa dos ventos do período de fevereiro a julho de 2019..... | 83 |
| Figura 31 - Direção predominante dos ventos entre fevereiro e julho de 2019..... | 84 |
| Figura 32 - Área de inspeção de campo contemplada nos ciclos de mensuração. | 86 |
| Figura 33 - Gráfico de Mensuração dos odores em dados. | 87 |
| Figura 34 - Medição do raio da pluma odorante..... | 88 |
| Figura 35 - Pluma dinâmica odorante da ETE Curado. | 89 |
| Figura 36 - Barreira natural de obstaculização da pluma de odor. | 90 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - plano de certificação..... | 49 |
| Quadro 2 - Descrição de algumas especificações do método da escala estática. | 52 |
| Quadro 3 - Principais legislações internacionais. | 54 |
| Quadro 4 - Legislação brasileira..... | 57 |
| Quadro 5 - Fatores de interferência na climatologia dos ventos. | 63 |
| Quadro 6 - Comparativo da acetona com o n-butanol. | 74 |
| Quadro 7 - Julgamentos sensoriais de doze candidatos de amostras de acetona diluída em água destilada..... | 76 |
| Quadro 8 – Resumo sintético dos resultados..... | 76 |
| Quadro 9 - Predominância de direção e velocidade do vento no período de fevereiro a julho de 2019..... | 84 |
| Quadro 10 - Percentual de percepção de odores e pesquisa de campo | 87 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Apostas calculadas com base no padrão de resposta correta / incorreta de um indivíduo do grupo aposta, obtida usando as médias geométricas (ASTM E679, 2011). | 53 |
| Tabela 2 - Volumes de acetona utilizados no teste..... | 74 |
| Tabela 3 - Materiais utilizados..... | 74 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 JUSTIFICATIVA | 16 |
| 3 OBJETIVO GERAL | 18 |
| 3.1 Objetivos Específicos | 18 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 4.1 Ambição materialista - a antítese da sustentabilidade | 19 |
| 4.2 Sustentabilidade para o futuro | 21 |
| 4.3 Gestão Ambiental de Territórios e os Instrumentos de Regulação | 22 |
| 4.4 Marco Regulatório no Tratamento dos resíduos sólidos no Brasil | 25 |
| 4.5 Compostagem como tratamento de resíduos orgânicos | 26 |
| 4.6 A produção de odores em estação de tratamento de esgotos | 27 |
| 4.7 A Questão dos Odores | 29 |
| 4.8 Adaptação ao odor | 30 |
| 4.9 Fatores FIDOL | 33 |
| 4.9.1 Limites de odor | 33 |
| 4.10 Métodos e técnicas de análise de odores | 34 |
| 4.10.1 Método analítico..... | 35 |
| 4.10.2 Método eletrônico | 35 |
| 4.10.3 Método sensorial - Olfatometria | 35 |
| 4.10.4 Avaliação do incômodo | 36 |
| 4.10.5 Métodos de avaliação do incômodo em campo por painel humano | 37 |
| 4.11 Norma Internacional ASTM E679 | 49 |
| 4.12 Norma Internacional ASTM E544 | 50 |
| 4.13 Método de avaliação de dados (ASTM) | 52 |
| 4.13.1 Instrumentos de Regulação | 53 |
| 4.14 A Influência Meteorológica | 58 |
| 4.14.1 Clima no Brasil | 59 |
| 4.14.2 Ventos | 61 |
| 4.14.2.1 Ventos em Pernambuco | 64 |
| 5 METODOLOGIA | 70 |
| 5.1 Local de estudo | 70 |
| 5.1.1 Histórico da empresa | 71 |
| 5.1.2 A estruturação das etapas e processos | 72 |
| 5.1.3 Processo de certificação dos avaliadores..... | 73 |
| 5.1.4 Seleção dos jurados | 75 |
| 5.1.5 Proposta de teste de seleção de jurados | 75 |

| | |
|---|------------|
| 5.2 Caracterização climatológica local | 77 |
| 5.3 Pegada geográfica da amplitude dos odores (método da pluma dinâmica) | 77 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 80 |
| 6.1 Caracterização da velocidade e direção do vento..... | 80 |
| 6.2 Limites da pegada geográfica de flutuação da pluma odorante | 85 |
| 6.2.1 Determinação da extensão da pluma..... | 86 |
| 6.2.2 A pluma odorante dinâmica | 88 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 94 |
| REFERÊNCIAS..... | 96 |
| ANEXO A- CÓDIGO DE CONDUTA DO JÚRI..... | 104 |
| ANEXO B - TESTE DE QUALIFICAÇÃO..... | 105 |
| ANEXO C - MEDIÇÃO DA PLUMA DE ODOR (VDI-3940:parte 2)..... | 106 |
| ANEXO D - GUIA APLICAÇÃO METODOLÓGICA VDI 3940 - II..... | 109 |

1 INTRODUÇÃO

Nas cidades tem crescido a geração de resíduos sólidos e semissólidos principalmente de origem industrial e doméstica. A economia que se move pelo crescimento da produção industrial, associado ao aumento do consumo, resulta em mais resíduos e seus efeitos adversos de variada monta. A concentração dos danos advindos de destinos inadequados é evidente nas áreas periféricas das cidades, visualmente perceptíveis e agravados pela ausência de disposição e tratamento adequados, inevitavelmente, atingem à saúde das pessoas, a paisagem e a qualidade ambiental dos ecossistemas e da biodiversidade. Adensa a essa questão, o incremento da geração de gases do efeito estufa (GEE), (CH_4 , N_2O e CO_2), e de odores, mais evidentes nos destinos inadequados, conquanto presentes também nos equipamentos de tratamento ambientalmente adequados, como aterro sanitário, central de compostagem e estação de tratamento de esgotos (BELLI FILHO et al., 2007). O lançamento atmosférico de odores tem o campo de influência determinado pelas correntes de ar, com ampliação do raio de atuação variável pela atividade cinética dos ventos, afetando a qualidade de vida de comunidades impactadas pela atuação de fontes de odor, decorrente, sobretudo, da ação antropogênica de geração do efluente gasoso incomodante.

A avaliação do impacto e dispersão de odores advindos de empreendimentos com real potencial de emissão do efluente odorífero sob uma região afetada, é um desafio enfrentado por diversos países no mundo, devido à complexidade de variados fatores envolvidos. Na perspectiva de formas diversas de compreensão da aplicação de métodos de identificação e monitoramento do efluente gasoso, resultante de um conjunto preponderante de compostos químicos voláteis de uma fonte reconhecida, emerge a importância da constituição do arcabouço legal para a instrumentalização do estado na fixação de parâmetros de regulação de atividades emanadoras de odores incomodantes. O aborrecimento olfativo é considerado um indicador de um ambiente insalubre pela população e o ponto de partida são as queixas, não sistemáticas, variadamente distribuídas e tecnicamente frágeis, à princípio, não nos permite concluir o incômodo percebido, mas apresenta-se como indicativo de investigação. No contexto brasileiro, a reação e reclamação da população exposta aos maus odores, encontram entraves pela ausência de lastro legal que situe a gravidade do fato perante a instância ambiental do poder

executivo, devido à falta de tipificação exata do objeto e que delega voluntariamente ao setor privado o compromisso da gestão ambiental no desafio de incrementar custos verdes aos processos de mitigação da externalidade por maus odores, decorrente do tratamento de resíduos orgânicos sólidos e semissólidos em parâmetros não sabidos. A regulação do tema é complexa, sobretudo tomando como base o teor subjetivo do impacto na qualidade ambiental e na determinação do incômodo causado pelo mau cheiro. A falta de espectro legal orientativo do tema pode ser sanado pela adoção de métodos validados com êxito em outros países. Por exemplo, pela aferição dos níveis de incômodos por concentração de compostos odorantes por metro cúbico de uma fonte específica ou do tempo mínimo de exposição ao odor desagradável pela comunidade circundante a uma fonte. O vácuo legal frustra a tentativa de interessados de recorrer a instâncias administrativas ou judiciais na resolução da questão, bem como na fixação de limites de emissão odorantes desagradáveis em plantas industriais, equipamentos de tratamento de resíduos orgânicos sólidos e semissólidos e de estação de tratamento de esgoto e efluentes líquidos (SCHIRMER et al., 2008). Regulamentações internacionais sobre emissões de odor e a influência num espaço territorial, tendem a considerar o emprego de avaliadores humanos como um método valioso e menos oneroso para mensurar o impacto do odor por inspeção em campo. Destacadamente, o método alemão VDI 3940 que foi adotado em 2016 pelo comitê europeu de normalização, sob a nomenclatura de EN 16841, que em suma, trata-se de um método de inspeção de campo usando avaliadores qualificados, a fim de obter índices quantitativos de incômodo e mensuração do pluma de odor (CEN, 2016).

Diante do exposto, considerando a ausência do normativo federal de padronização metodológica para aferição e registro dos marcos geográficos de expansão de odores maus cheirosos que impactam uma população residente numa região próxima a uma fonte emissora, o presente trabalho propõe a metodologia alemã VDI 3940 – parte II para registro dos limites geográficos de flutuação da pluma de odor no território sob influência das emissões de uma estação de tratamento de esgotos (ETE), com o intuito de contribuir e subsidiar a gestão ambiental do empreendimento.

2 JUSTIFICATIVA

A questão dos odores tem-se evidenciado na sociedade como causa de incômodos e representa um impacto ambiental decorrente da constância e concentração de compostos odorantes indesejáveis, notadamente no vetor fonte de emissões e da comunidade sob influência da penumbra odorante. Neste cenário, novos desafios ambientais emergem, de forma colateral e paralelo aos já contabilizados malefícios a qualidade ambiental decorrentes do modelo produtivo de fluxo de energia desfavorável a natureza e do tratamento ambiental e não-ambiental de resíduos sólidos e semissólidos, através da problemática ambiental e dos incômodos a qualidade de vida dos humanos resultantes da emissão atmosférica de odores. O impacto dos odores nas áreas circundantes a uma fonte depende de diferentes fatores, como a quantidade de odores emitidos no local, a distância da fonte, as condições climáticas, topografia, além da sensibilidade a odores e tolerância da vizinhança. O contato sensorial prolongado em concentrações medianas pode causar reações adversas no ser humano, como distúrbios do sono, ansiedade, mal-estar, dor de cabeça e até depressão; e de sintomas físicos, incluindo náuseas, irritações sensoriais e problemas respiratórios. Fator potenciador de reclamações sem eco nas instâncias do executivo e judiciário pela ausência do arcabouço legal de referência na fixação de parâmetros; inexistente no país. Assim, compete as organizações públicas e privadas a adoção voluntária de medidas de gestão ambiental e de governança para mitigação dos impactos. Os odores correspondem a maior parcela de reclamações relacionadas à poluição atmosférica no mundo. Portanto é imperativo estudos e pesquisas para avaliar esse tipo de impacto, assim como também buscar soluções para equacionar essa questão (MCGINLEY; MCGINLEY; JEFF, 2000).

A avaliação do impacto adverso dos odores numa comunidade é um desafio enfrentado por muitos países e o enfrentamento ocorre por métodos diversos na compreensão do fenômeno. Ao contrário de algumas emissões que se caracterizam pela identificação e quantificação de compostos específicos, as emissões de odores representam uma complexidade no tocante a quantificar e estabelecer níveis de concentrações, já que o impacto do odor é raramente resultado de um único composto, mas sim uma combinação de centenas de diferentes compostos odoríferos. O procedimento de caracterização detalhada das substâncias que integram odor, envolve o uso de métodos analíticos, de técnicas e aparelhos para a identificação e quantificação, tais como cromatografia gasosa e a espectrometria de massa (métodos indiretos). A aplicação de método baseado em espectrometria de massa tem como finalidade, os estudos e a aplicação na avaliação e compreensão esmiuçada de compostos odorantes

existentes no ambiente em estudo, no entanto, a análise química é altamente complexa e onerosa. A olfatométrica de diluição dinâmica é um método que utiliza painelistas especializados para medir a frequência do odor e dá uma indicação da concentração. Nesta perspectiva, os painelistas utilizam um dispositivo respiratório (olfômetro) que dilui o ar ambiente exterior odorífero com ar fresco (sem odor), trata-se de um método híbrido, semi-humano. O nariz eletrônico é o método definido como um sistema composto da união de detectores (sensores químicos) que interpreta os sinais sob a forma de impressões digitais, assentada nos pressupostos da inteligência artificial, que intenta a reprodução por meio não-humano de uma percepção humana, porém incerto na precisão de odores em campo, devido a incapacidade de detecção em baixas concentrações. Noutra sentença, há as técnicas sensoriais de inspeção de campo, denominadas de método da grade e da pluma, respectivamente representadas pela norma alemã VDI 3940 - parte I e II, reconhecida pela praticidade de aplicação, que em 2016 foi submetida a apreciação por câmaras temáticas específicas de avaliação e, consecutivamente, foi convertida pelo Comitê Europeu de Padronização em norma europeia - EN 16841 parte 1 e 2 indicada para adesão dos países membros da comunidade europeia (CEN, 2016). A inspeção de campo é baseada em um painel de examinadores qualificados (métodos diretos) sem auxílio de equipamento e, apresenta-se como opção metodológica de mensuração territorial de expansão da pluma e da avaliação do impacto de incômodos por odores que aproxima o fenômeno da realidade perceptiva humana (em oposição as técnicas instrumentais e químicas). O painel humano, constituído por membros devidamente selecionados e treinados, estão aptos a identificar os odores em campo e tipo de sensação que proporciona (nível de agradabilidade do odor percebido) e reproduzi de forma mais próxima e genuína a percepção olfativa dos residentes circunvizinhos à fonte dos odores incomodantes, favorecendo a caracterização do território impactado (CARMO JUNIOR, 2005); (SIRONI et al., 2005).

Isto posto, o presente trabalho, tem por objeto de investigação mensurar os limites territoriais de expansão dos odores percebidos a partir da fonte, ETE-Curado, utilizando como referência a metodologia de inspeção de campo VDI 3940 parte II, adequado ao estudo pretendido, composta por painel humano qualificado, destituído de auxílio instrumental, menos oneroso, com aplicação prática de menor complexidade, que hodiernamente a norma foi submetida a apreciação técnica e está referenciada pelo Comitê Europeu de Padronização como parâmetro na investigação de odores em campo aos países membros da comunidade europeia e por ser mais fiável na reprodução próxima da percepção olfativa dos residentes locais, facilitando a delimitação territorial de flutuação da pluma.

3 OBJETIVO GERAL

Mensurar a pluma de odor incomodante resultante da emissão atmosférica provenientes da Estação de Tratamento Efluentes do Curado (ETE-Curado).

3.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar o perfil dos ventos no território estudado, sob os aspectos relacionados a força, velocidade e direção;
- Mensurar a área de influência de propagação de odores a partir da fonte de emissão (ETE-Curado);
- Avaliar, mediante medições com um painel de jurados qualificados, o reconhecimento perceptivo de odores numa área geográfica com a fonte de emissão atmosférica do efluente gasoso da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE-Curado).
- Apresentar um guia prático para aplicação da metodologia VDI 3940-2

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ação antropogênica na natureza quando destituída das premissas elementares de sustentabilidade, traz no bojo as consequências, cada vez mais evidenciadas na qualidade de vida. A questão dos odores está inserida nos efeitos desta ação e a compreensão, monitoramento e a mitigação é um desafio ambiental a ciência e a gestão de empreendimentos potencialmente dispersores do efluente odorante.

4.1 Ambição materialista - a antítese da sustentabilidade

O crescimento urbano se expandiu no mundo em consequência do modelo de produção industrial que norteia a economia capitalista, tendo na proximidade seu elemento constituinte de elo entre o indivíduo e o local de produção. Surge as grandes cidades globais (megalópoles) situados em maior número nos países desenvolvidos. A concepção deste modelo de urbe e seus espaços artificiais construídos, modifica o ambiente natural e traz subsequentemente reflexos na qualidade ecológica e de vida hominal. Os efeitos mais visíveis estão reconhecidos nos desafios da mobilidade; coleta e manejo dos resíduos sólidos; ocupações desordenadas nas periferias das cidades; a supressão do verde; calor; erosão; enchentes, poluição e qualidade do ar, etc. A relevância da temática ambiental nos movimentos contemporâneos acarretou no novo prisma, partindo do desenvolvimento sustentável para uma ecologia urbana capaz de dar respostas ambientalmente adequadas aos desafios postos, numa perspectiva de sustentabilidade ecológica, econômica e social, a partir de um olhar diferenciado de que a cidade faz parte do ecossistema e de que as relações humanas devem ser saudáveis no entrelaçar do ambiente natural e o construído (ANDRÉ TRIGUEIROS, 2005).

O reconhecimento da incapacidade da natureza sobre o ritmo produtivo, a reboque do consumismo sem reflexão, numa lógica economicista de crescer progressivamente para atender as necessidades materiais humanas e dos efeitos danosos dos subprodutos do progresso ao meio ambiente. É pacífico o entendimento de que o processo produtivo, sob o viés predominantemente capitalista, atingiu o auge da curva, indicando o alerta pelo incremento progressivo de degradação da natureza e de seus efeitos direto e indireto sobre a biodiversidade. Torna-se essencial preservar os recursos biofísicos e garantir qualidade ambiental para as futuras gerações. A sustentabilidade situou-se como tema central dos debates em busca do equilíbrio na relação entre o homem – natureza – economia. Predomina o conceito desenvolvimento sustentável, próximo da sustentação do negócio em outro patamar menos cinza, embora mantendo a linha de sobrevivência e lucratividade, materializada em ações

periféricas no domínio da customização verde. O olhar para responsabilidade socioambiental, mas ainda azeitada pelo atendimento dos objetivos de grupos de interesses ávidos pelo mantra do lucro (BOFF, 2015).

A razão cartesiana nega a limitação da natureza e domina o desenvolvimento vigente. Nos países desenvolvidos o consumismo é crescente e consecutivamente requer da natureza, no menor tempo e maior velocidade, o suporte dos insumos para conversão de vida em coisas de valor subjetivo, em processos produtivos mantedores de mercados, sem cautelar aferição dos malefícios da extração ambiciosa dos recursos naturais. Para manter o padrão de crescimento, nesta lógica, faz-se necessário expandir mercados e, na globalização há o ensejo e sob outro viés, há também na aldeia global a busca de outras fontes de insumos, numa troca favorável ao crescimento econômico sustentado e por outro lado de exaurimento dos recursos naturais. O neoliberalismo ou capitalismo *laissez-faire*¹, fundamentado no liberalismo clássico, ou seja, o ressurgir de movimentos de tendência mundial de constituição do estado mínimo, impulsionadas por grandes corporações transnacionais. No mesmo sentido, os países comunistas também seguem essa lógica de produção pelo exaurimento dos recursos naturais. O livre mercado almejado potencializa os fluxos econômicos, a cadeia interconectada entre as diferentes partes do mundo, conecta mercados do local ao global, destituída de perfil político-ideológico, com alvo apenas no lucro *de per se*. Incentivado por países desenvolvidos na proposta de mercados globais sem barreiras, que também traz no bojo os interesses na maximização da apropriação de outras fontes de recursos naturais de países em desenvolvimento, sob o argumento de bens planetários e no fomento de estilos de consumo e modo de produção desconexos com a realidade local tradicionalmente constituída. A crise nasce e evidencia o descompasso entre a irreflexão do crescimento pelo crescimento com o exaurimento dos recursos naturais, as consequências gritam em sintomas de notório perfil ecodestrutivo². A mudança de rota da escassez dos recursos naturais, os danos da degradação ambiental e da sobrevivência do negócio criam sinapses com o pensamento ecológico. Novos debates cunharam novos conceitos: ecodesenvolvimento – desenvolvimento sustentado – desenvolvimento sustentável. As disjunções se evidenciaram no deslocamento do núcleo dos debates, na dicotomia ecológico-econômico. O mercado modelado na compreensão da natureza como integrante interminável nos processos de produção e fonte de riqueza. No sentido de apropriação da natureza como um capital natural. A empresa quer produzir e vender, conquanto

¹ *Laissez-faire* é expressão escrita em francês que simboliza o liberalismo econômico. Fonte: <https://www.sunoresearch.com.br/artigos/laissez-faire/>. Acesso em: 05 mai. 2019.

² Termo cunhado por Jared Diamond.

ainda resiste em incluir a externalidade ambiental como ativo objetivo e primordial de impacto no negócio e de vantagem competitiva, sobretudo diante do exponencial crescimento do sujeito ecológico e dos simpatizantes por produtos, processos, técnicas e serviços verdes (LEFF, 2004).

4.2 Sustentabilidade para o futuro

No relatório Brundtland (ONU, 1987) a conceituação de sustentabilidade tem o viés do compromisso moral com as gerações futuras, contudo destituída de instrumentalização da concepção e na replicação prática. No sentido de operacionalidade da sustentabilidade ecológica, cabe compreender a funcionalidade dos ecossistemas e seus mecanismos integrados de manutenção da vida e, a partir da aprendizagem dos princípios básicos da ecologia, replicar este modelo ao modo de vida humana, numa compreensão e concepção de mecanismo que sustentem uma qualidade ecológica desta e de novas gerações (CCMAD, 1988). Neste sentido, os avanços no mais recente debate global que em 2015, 150 líderes mundiais integrantes da ONU se reuniram em Nova York, para validar formalmente uma nova agenda de desenvolvimento sustentável. Esta agenda é formada pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1) e 169 metas, que devem ser implementados por todos os países do mundo durante os próximos 15 anos, até 2030. Cada objetivo e suas respectivas metas, abordam aspectos diferentes que convergem pelo fato de serem essenciais para a viabilidade de uma sociedade sustentável. A firmação do compromisso para acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e injustiça e combater as mudanças climáticas, intentando a difícil equação entre a prosperidade humana com a proteção do planeta (ONU, 2017). Processo contínuo de construção e reconstrução de modelos produtivos e estilos de vida que firmem a desaceleração das contínuas atividades antrópicas diante da mãe terra e seus recursos naturais finitos ou de reposição natural desproporcional à avidez consumista.

Figura 1 - 17 Objetivos de desenvolvimento social.



Fonte: ONU (2017).

4.3 Gestão Ambiental de Territórios e os Instrumentos de Regulação

A internalização coletiva da importância do meio ambiente equilibrado, sob o impulso dos movimentos ambientalistas, no sentido de promover a qualidade de vida desta e das futuras gerações, converte-se em passo relevante na travessia da visão subjetiva para materialidade, mediante a instrumentalização de seus efeitos eficazes na estruturação legal e do sistema de gestão num determinado espaço territorial. Os parâmetros legais subsidiam as ações: dos agentes econômicos na consecução do conjunto de atividades do negócio; do Estado no estrito cumprimento do dever de normatizar, fiscalizar e punir e da sociedade no exercício contributivo e fiscalizador de participação consecutiva direta e indireta.

No Brasil, assentada no artigo 225 da Constituição Federal, pela Lei nº 6.938/81, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), reorientando os padrões de relação do homem com o meio, constituindo um bem jurídico e integrado num sistema ecológico. O objetivo da PNMA é de regulamentar as várias atividades que contemplam a temática meio ambiente, no sentido de ensejar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, tornando favorável a vida e assegurar a população, melhores condições para seu desenvolvimento social e econômico. Neste sentido, devem ser orientados por princípios, objetivos e diretrizes, fundamentais na busca da proteção ambiental. Os princípios funcionam como fundamentos norteadores, no sentido de viabilização dos efeitos da Lei. (1) viabilização ambiental - observa todas as ações que interferem com o ambiente na relação nação-território; (2) integração de esforços – a cooperação realizada da sociedade em conjunto com o Estado nos processos decisórios na política ambiental; (3) coletividade – reconhece-se ente inserido e participativo no meio na inter-relação em condições dignas; (4) globalidade – o abarcamento de diversos temas e ciências na completude do meio; (5) uso racional – garantia legal de precaução contra a utilização danosa em todas as etapas de consecução, afastando o perigo de uso de não comprovada eficiência; (6) uso comum – garantir espaços ecologicamente estáveis, o ônus social na promoção de qualidade ambiental e (7) equivalência – compreender numa perspectiva horizontal valorativa dos fatores ambientais, no qual o homem está inserido na mesma condição e na busca do equilíbrio. As diretrizes consignam os valores que norteiam a consecução de projeto, seja público ou privado, no intento de estabelecer estruturas compatíveis de sustentação da qualidade ambiental e na promoção da estabilidade ecológica e sua preservação (MACEDO, 1994); (BRASIL, 1988).

A mesma Lei prevê um modelo descentralizado de gestão ambiental, criando um sistema articulado de organizações nos diferentes âmbitos da federação, trata-se do SINAMA (sistema

nacional de meio ambiente). É o órgão responsável proteção e melhoria da qualidade ambiental, é formado por órgãos e entidades da união, municípios, Distrito Federal e pelas fundações instituídas pelo poder público. A constituição estrutural dividida pelo órgão superior e do órgão consultivo e deliberativo, o CONAMA (conselho nacional de meio ambiente). Em matéria ambiental, desempenha o papel de competência administrativa na articulação e cooperação entre os órgãos e entidades públicas nas diversas esferas, criando mecanismos voltados a proteção ambiental. O CONAMA possui o papel de assessorar, estudar e propor ao Governo, as linhas de direção que devem tomar as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Soma-se também ao órgão outras atribuições, dentro de sua competência, como criar normas e estabelecer padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial a qualidade de vida. A modelação legal e estrutural de proteção ao meio ambiente, sob a égide do poder público, cria as condições parametrizadas de funcionamento, ambientalmente adequado, dos agentes econômicos internos e externos e que possibilita as referências de participação social na construção coletiva de contínuo aperfeiçoamento de produtos, técnicas, processos produtivos e temas afins no auferimento de soluções de maior eficácia na proteção do meio ambiente e manutenção da qualidade de vida (CONAMA, [s.d.]); (MACEDO, 1994).

A gestão ambiental sob um novo olhar de humanização da racionalidade, requer dos atores inseridos no processo decisório, a introjeção de valores e crenças que introduz a postura de auto reconhecimento como ser, que faz parte e modifica, positivamente ou negativamente o meio ambiente, impulsionando-os para além de comportamentos miméticos exigidos pelo mercado, destituídos de emoção e, descolado da realidade que o rodeia. A percepção territorial, na lógica de investimentos de impacto local, é um fator externo que influencia a gestão e o processo decisório de um agente econômico pelo número de variáveis que podem restringir ou modificar um anteprojeto que afeta o ambiente. O termo território é influenciado pelos aspectos biofísicos, que compreendem: o espaço geográfico, com limites preconcebidos de atuação; os recursos naturais e ecossistemas; as ações antrópicas e está associado a uma entidade sociopolítica que regula seu uso. É o espaço de interesse estratégico ou de usos especiais, que requer do poder público a instrumentalização técnica, norteada pelo arcabouço jurídico, para o planejamento e ordenamento do território, com o objetivo de produzir informações dos fatores que compõem o espaço, expressando suas potencialidades e vulnerabilidades, bem como estabelecer os limitantes de uso e minimização dos impactos que promovam a qualidade ambiental no decorrer do tempo. As informações extrapolam o escopo biofísico, sendo acrescentado dados sociais e econômicos.

O espaço territorial ou microambiente³, congrega o atributo da sustentabilidade na dinâmica que envolve as trocas de energia e matéria com ou sem interveniência antrópica na relação equilibrada com a capacidade de suporte. A manutenção estável do suporte requer o equilíbrio dos fatores ambientes bióticos e abióticos, na relação equilibrada do microambiente com o meio ambiente inserido, mediante trocas de energia, nas relações ambientais que satisfaçam as necessidades física, química, biológico, político, econômico, social, tecnológico, cultural e afetivo. Além dos ditames legais que regulam o aproveitamento econômico de determinado extrato, os agentes de investimento devem empreender esforços, através de tecnologias limpas (ecoeficientes) para incrementar maiores índices qualitativos na relação ambientalmente favorável da capacidade de suporte, tendo em vista a complexidade de fatores que o limita, incluindo a ação antrópica. Faz-se necessário identificar os fatores limitantes de um determinado extrato, no sentido de pacificar a relação destes com a ação interveniente (MACEDO, 1994).

O objetivo é minimizar a geração de passivos ambientais que impactam o ambiente. Atuam nesta seara, as medidas corretivas e mitigadoras na busca de gerar um passivo ambiental zero. Compete para tanto, o estudo, o planejamento e o controle dos impactos ambientais em condições suportáveis. As exigências reclamam um modelo de gestão que dissolva as práticas gerenciais arcaicas e com viés apenas no lucro, trata-se da gestão ambiental ecoeficiente, materializada em ferramentas gerenciais de garantia de processo produtivo ambientalmente adequado, superando as normas vinculadas por processo de melhoria contínua, sem intermediações escusas com órgão regulador e, confirmado em relatório por instrumentos, interno e externo, de controle. A relação ecoeficiente e estável do negócio no espaço territorial, requer modelos de gestão que harmonize os fatores ambientais. Nas estratégias insere-se a comunidade local ou macro, afetadas direta ou indiretamente, no sentido de consensuar elementos chaves no processo decisório de temas ambientais com a sociedade, no qual são traçados planos de ação para a manutenção da qualidade ambiental, na relação causal objeto - vizinhança. O objetivo é construir coletivamente soluções, afastando quaisquer possibilidades de dissimulação da participação social. O comprometimento dos gestores e demais atores é de fundamental relevância na consecução de um horizonte verde. O diagnóstico e medidas corretivas são embasadas nos elementos de monitoramento de desempenho ambiental que são orientados por índices aceitos e validados cientificamente, na produção de dados comparáveis e analisados pelos parâmetros estabelecidos por indicadores de referência do seguimento e,

³ Microambiente entendido como espaço territorial de atuação e suas variáveis.

possíveis desvios constatados propiciarão a reformatação das ferramentas gerenciais aplicadas. Usa-se o ciclo PDCA (planejar, desenvolver, checar e agir corretivamente) como instrumento gerencial para os ajustes requeridos sob a direção da qualidade ambiental. Neste sentido, um modelo metodológico adotado utiliza-se dos instrumentos para gestão ambiental que envolve o: ordenamento territorial; plano para desempenho ambiental; sistema de gestão territorial e sistema de gestão da qualidade ambiental (MACEDO, 1994).

4.4 Marco Regulatório no Tratamento dos resíduos sólidos no Brasil

A racionalidade economicista ainda possui forte influência nos processos produtivos não ecoamigos, sustentado pelo consumismo crescente aliado um novo estilo de vida, grau de urbanização e o nível de renda e; que ao final de quaisquer ciclos produtivos (*out ut*), tem-se os resíduos, com teor em potencial relevante de degradação ambiental e afetação da qualidade de vida. Os resíduos são estudados e compreendidos em categoria e classificação, conforme sua origem e nível de periculosidade. A divisão simplificada em resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos facilita entendimento sobre o tratamento e a técnica para um melhor resultado ambiental. Os resíduos orgânicos sólidos, semissólidos e líquidos que compõe o maior percentual dos resíduos produzidos de origem doméstica, de serviços de limpeza pública e industrial tem expressivo potencial de aproveitamento e tratamento ambientalmente adequado.

A Constituição Federal de 1988, diz em seu artigo n° 225, que temos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, competindo ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e futuras gerações (BRASIL, 1988). O ordenamento jurídico brasileiro consagrou em sua carta maior a temática ambiental e em agosto 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), mediante a Lei Federal n° 12.305, constituída de: definições, princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações que trata da problemática que afeta o meio ambiente e a saúde pública, no disciplinamento dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Estabelecendo um importante passo regulatório nacional norteador das ações do Governo Federal e dos demais entes federativos, de forma isolada ou cooperada, na consecução de modelos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Conforme a mesma Lei, no Art. 3º, inciso XVI, o conceito de resíduo sólido é:

O material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está

obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010).

Há uma distinção entre lixo e resíduos sólidos, o primeiro vulgarmente atribuído na denominação de materiais ou produtos descartados por ser considerados sem utilidade para seu proprietário, já a expressão resíduo sólido é compreendida por uma melhor distinção tipológica e seu potencial de aproveitamento e valorização (BARROS, 2012). Conforme o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015), a produção de resíduos sólidos urbanos totalizou 79,9 milhões de toneladas, sendo 58% dispostos adequadamente e os demais depositados em locais impróprios distribuídos em 3326 municípios. A geração *per capita* nacional é de 1.071 kg/hab/dia. A normatização da ABNT NBR 10004/2004 classifica os resíduos em Classe I – perigosos: possuem as características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade; Classe II – não-perigosos, é subdividido em: Classe II A – inertes e Classe II B – não inertes, caracterizado pela solubilidade em água. Em consonância com a PNRS, em sua aplicabilidade de reduzir a geração de resíduos e destinação final para manejo e tratamento, mediante a adoção de técnicas ambientalmente apropriadas. A Lei nº 12.305/2010 define, em seu Artigo 3º:

Destinação final ambientalmente adequada, a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

4.5 Compostagem como tratamento de resíduos orgânicos

Os principais destinos dos resíduos sólidos para tratamento são: aterro sanitário, incinerador e a compostagem. A compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada de resíduos orgânicos e também um tipo de reciclagem da mesma matéria orgânica. O resíduo solúvel em água caracteriza o orgânico sólido e semissólido que em média aproximada participa com 50% da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (IBGE, 2010). Neste contexto, a compostagem desponta como tecnologia adequada para o processo de tratamento e o do potencial de reuso orgânico-mineral, podendo gerar subprodutos

ecologicamente adequados e de menor poder ofensivo a saúde pela ausência de contaminantes; como o biofertilizante. A biodecomposição da matéria orgânica num sistema controlado de processamento natural por meio de micro-organismos (bactéria, fungos, etc.) que reduz e transforma a massa orgânica no composto. A decomposição do substrato orgânico num ambiente de alta temperatura, produzida biologicamente, pela ação termófila de bactérias e fungos produz calor suficiente para o combate de micro-organismos patogênicos e fito-tóxicos, resultando no composto estabilizado e higienizado para aplicação no solo sem prejudicar o ambiente (SIVAKUMAR, 2013); SILVA, 2020; (HAUG, 1993); (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009).

A compostagem pode ser compreendida pela dualidade de processos próximos: degradação e humificação. A matéria orgânica é decomposta biologicamente por micro-organismo; parte é mineralizada aerobicamente e; o restante resulta na formação mais estável da matéria, transformada em substâncias húmicas (húmus) e constitui-se numa reserva orgânica do solo (BENLBOUKHT et al., 2016). O processo de degradação da massa orgânica, quando de origem dos serviços de limpeza urbana, doméstica, industrial e agrícola (bio-resíduos) pode resultar em tipos diferentes de lançamentos de poluentes no ambiente, seja pelo ar, na água e no solo. O próprio ecossistema em sua resiliência bioquímica dilui significativa quantidade de poluentes, todavia em velocidade menor do que as atividades antrópicas e de seus efeitos colaterais, como a geração dos odores incomodantes a saúde humana (LIU et al., 2013).

4.6 A produção de odores em estação de tratamento de esgotos

A qualidade do ar atmosférico no contexto urbano resulta do somatório de diversos fatores no atual cenário global. A poluição do ar é ensejada por diferentes causas, seja de origem natural ou da ação antropogênica. Atividades naturais podem desencadear mudanças no ar, a exemplo das erupções vulcânicas, que lançam uma grande quantidade de substâncias tóxicas no ar. A poluição do ar gerada pela ação do homem manifesta-se de variadas formas como o crescente lançamento atmosférico de substâncias danosas resultante da combustão de combustíveis a base de hidrocarbonetos (SOKHI; BAKLANOV; SCHLÜNZEN, 2018). Segundo o Art. 2º, o inciso I da resolução de nº 491 do CONAMA defini a poluição atmosférica:

Poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou

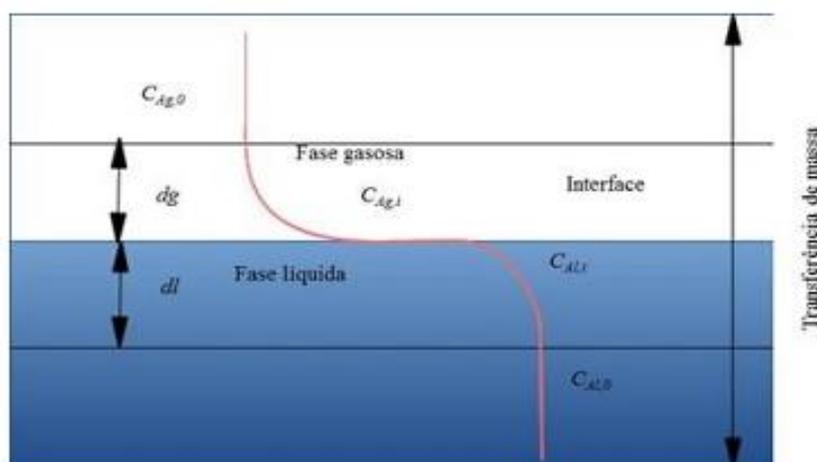
prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (CONAMA, 2018)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei Federal nº 12.305/10 determina que os resíduos sólidos sejam submetidos a tratamento que promova a recuperação por tecnologias disponíveis e economicamente viáveis. A mesma Lei aponta que essas tecnologias sejam limpas e busquem a minimização dos impactos ambientais (BRASIL, 2010). Os principais destinos, ambientalmente adequados, adotados no país para tratamento dos resíduos sólidos, se utilizam das seguintes tecnologias: compostagem e biodigestão, recuperação energética e disposição final (ABRELPE, 2015). A compostagem é técnica de degradação de resíduos orgânicos crus, de forma controlada, que resulta num composto orgânico sintetizado e estável, sob o regime aeróbio de atuação de micro-organismos. Os fatores influenciadores da compostagem são: a relação carbono e nitrogênio C/N; concentração do oxigênio; pH e temperatura. A cautela procedimental evita intercorrências na geração de um composto de má qualidade e da produção exacerbada de maus odores, decorrente do desequilíbrio da concentração de oxigênio no centro da leira, que pode ensejar um ambiente anaeróbio que favorece a volatilização de uma fração da massa orgânica, entre outros, na forma de amônia (NH₃), que produz o mau odor (COOPERBAND, 2002). A Lei Federal nº 11.445 de 2007 (BRASIL, 2007) é o marco legal que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. O normativo trata dos serviços de infraestrutura, operações, o esgotamento sanitário e tratamento de esgoto, mediante ações regradas para a melhoria da salubridade ambiental e promoção de saúde pública. No entanto, há uma lacuna no tratamento da temática do impacto ambiental dos incômodos resultante do efluente gasoso odorífico.

O processo de tratamento de efluentes de origem doméstica ou industrial leva à formação de compostos odorantes. As tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos semissólidos em estação de tratamento de efluentes (ETE) em áreas urbanas ou rurais, também têm causado preocupação socioambiental e queixas da sociedade referente aos impactos da emissão de odores (SIRONI et al., 2005). A formação do efluente odorífero é resultado de processos e técnicas procedidas numa estação de tratamento de esgotos (ETE), decorrentes do transporte e o tratamento de águas residuárias, da atividade biológica anaeróbica e do lodo residual remanescente (ANTUNES, 2006; ARAÚJO, 2019). As ETEs são potenciais fontes de maus odores advindas da decomposição das águas residuárias no processo de misturas complexas de moléculas orgânicas ou minerais voláteis, resultado de subprodutos do tratamento de efluentes líquidos que se produz no entrelaçar de compostos químicos como enxofre (H₂S,

mercaptanas), nitrogenadas (NH_3 e aminas), fenóis, aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos graxos voláteis. O sulfeto de hidrogênio destaca-se como principal substância causadora de odor (ARAÚJO, 2019; CAPANEMA et al., 2016; SILVA; AZEVEDO, 2019). O fenômeno de volatilização de compostos orgânicos em estações de tratamento de esgotos, ou seja, a conversão para uma meio gasoso de uma massa de determinados compostos orgânicos (Figura 2) dissolvidos em águas residuais (líquido-gás), ocorre em superfícies quiescentes, por exemplo, em tanques de sedimentação e lagoa de estabilização (ANDREÃO, 2016; SANTOS, I.F.S.; BARROS, R.M.; TIAGO FILHO, 2016). Dentre os compostos odoríferos responsáveis por maus odores, por exemplo, o sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um dos principais compostos odoríferos provenientes de estações de tratamento de esgoto, que em concentrações elevadas pode ocasionar incômodos e impactos à saúde dos residentes próximos, podendo constituir-se em um fator potencialmente tóxico, conforme a duração e frequência de exposição, podendo causar danos no sistema nervoso, olhos e vias respiratórias (AMORIM, 2013).

Figura 2 - Filme líquido e gás.



Fonte: (LOVATTE, 2015).

4.7 A Questão dos Odores

O odor é captado pelos receptores neurais do cérebro em resposta a compostos químicos presentes no ar que respiramos. A percepção humana detectar odores mesmo quando os compostos químicos estão presentes em concentrações muito baixas e não perceptíveis por aparelho olfométrico, ou seja, por meios não-humanos. A combinação, mistura e interação de variados produtos químicos de fontes diversas, sejam naturais ou de atividades antrópicas, resultam na formação do odor. O termo odor refere-se a sensação resultante da estimulação dos

órgãos olfativos, quanto ao odorante, trata-se de uma substância com ou sem agradabilidade capaz de produzir uma resposta olfativa (Figura 3) (POWERS, 2004). O ar fresco é normalmente entendido, como sendo o ar ausente de produtos químicos ou contaminantes, que possam causar danos a qualidade de vida. Os maus odores em concentrações muito baixas não são detectados por humanos, por outro lado, o ar fresco pode conter compostos odorantes perceptíveis, conquanto de caráter agradável. A influência de aspectos culturais, experiências de vida e das condições do ambiente natural, no qual está inserida a população, podem resultar em diferentes sensações e respostas influenciadas pelo aspecto emocional dos indivíduos diante do mesmo composto odorífero, gerando níveis subjetivos diversos de aceitação ou rejeição (IREMONGER, 2012).

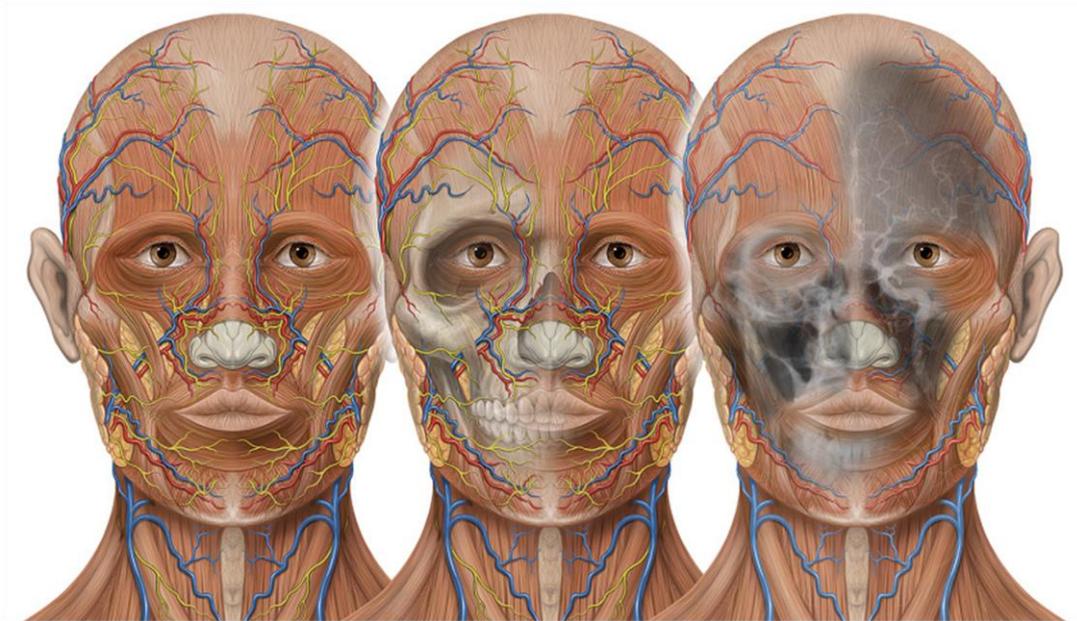
A detecção de uma substância com odor, devem atender determinados requisitos (POWERS, 2004):

- A substância deve ser volátil o suficiente para permear o ar envolvente à área sensorial;
- A substância deve ser pelo menos ligeiramente solúvel em água, para passar a camada mucosa até às células olfativas;
- A substância deve ser lipossolúvel, uma vez que os cílios olfativos são compostos essencialmente por lipídios;
- Um número mínimo de partículas odoríferas deve estar em contato com os receptores por um período de tempo mínimo.

4.8 Adaptação ao odor

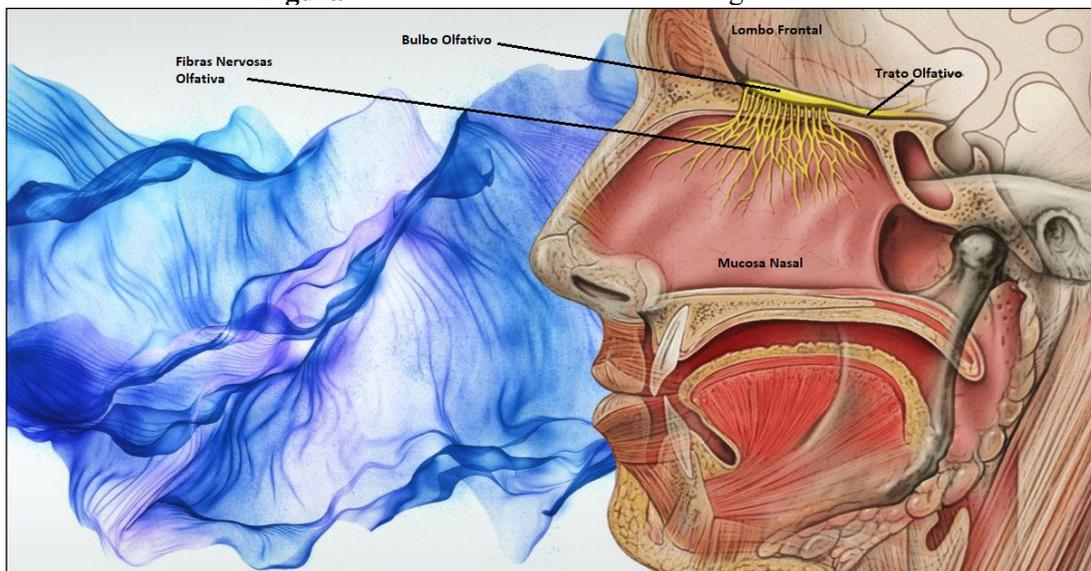
É o processo de um ser ficar acostumado (acostumação) à um determinado odor. A adaptação favorece o limiar de detecção. O maior tempo de contato com o odor favorece a adaptação. A ocorrência de fadiga de odor resulta da exposição prolongada a uma determinada substância odorífica. Percebido notadamente em operadores de aterro sanitário que perdem a sensação incomodante dos compostos odorantes emitidos na operação de tratamento dos resíduos urbanos. A exposição prolongada a amônia e ao sulfeto de hidrogênio podem causar perda olfativa e afetar o sistema nervoso central, devido aos danos incorridos nos receptores olfativos (POWERS, 2004).

Figura 3 - Visão frontal da cabeça.⁴



Fonte: (PATRICK LYNCH, 2017).

Figura 4 - Visão facial do sistema da região olfativa⁴.



Fonte: (PATRICK LYNCH, 2017).

A percepção do odor é um fenômeno psicofísico e cognitivo. A psicofísica envolve a resposta de um organismo a mudanças no ambiente percebidas nos cinco sentidos (STEVENS, 1960). A complexidade permeia o sentido do olfato (Figura 4). O sistema olfativo desempenha

⁴ Por Patrick J. Lynch, ilustrador médico.(PATRICK LYNCH, 2017)

importante função como um mecanismo de defesa, criando uma resposta aversiva ao mau odor. Isso ocorre com dois nervos principais: o nervo olfativo (primeiro nervo craniano) que processa a percepção de compostos odorantes. O nervo trigêmeo (quinto cranial nervo) processa a irritação ou pungência de um odorante químico. Quando uma ação de cheirar é produzida, ou seja, o mecanismo de estímulo e resposta do sistema nervoso que ocorre quando reagimos de maneira instantânea (reflexo farejador involuntário), 20% do ar inalado é transportado para a área perto dos receptores olfativos devido à ação turbulenta na frente dos cornetos. Esses receptores são de dez a vinte e cinco milhões de células olfativas que compõem o epitélio olfativo. O percurso do odor químico até a decodificação no cérebro segue as seguintes fases: (1) os odores químicos passam pelo epitélio olfativo e são dissolvidos; (2) as células olfativas recebem o odorante químico e a resposta depende da concentração de massa ou do número de moléculas; (3) a cada recepção se produz uma resposta elétrica nos nervos olfativos; (4) a soma dos sinais elétricos conduz a um potencial de ação, que de elevada amplitude, gera um sinal propagado ao longo do nervo, mediante o osso etmoidal, que situa-se entre a cavidade nasal e compartimento do cérebro; (5) no cérebro realiza-se a sinapse com o bulbo olfativo e por fim no córtex frontal processa-se a leitura interpretação das informações, a partir da congregação das sensações captadas com as experiências acumuladas de vida de um indivíduo, na subjetividade da decodificação capaz de gerar uma resposta (MCGINLEY; MCGINLEY; MCGINLEY, 2000).

O componente odorífero quando comparado com os outros gases poluentes, têm demonstrado um menor potencial de impacto, no entanto seus efeitos incomodantes na qualidade de vida vêm causando aborrecimentos diversos na sociedade, destacadamente dos residentes em áreas circunvizinhas a fontes emitente do efluente gasoso odorífico. (DI FRANCESCO et al., 2001). Estabelecer um padrão de referência na determinação do incômodo odorante é um desafio complexo devido à inconstância das variáveis interferentes que marcadamente é influenciada de um lado; por processos atmosféricos que estabelece a dispersão dos odores e a qualidade do odor (tom hedônico⁵) e por outro lado; dos receptores das emissões odorantes que se diferenciam por suas características. (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002). Quando mensurados, a partir de parâmetros pré-definidos, os odores podem produzir resultados imprecisos, devido à variabilidade de resultados e o limite de precisão diverso em cada parâmetro (MCGINLEY; MCGINLEY, 2002). Segundo a norma americana ASTM E679-04, os parâmetros de avaliação

⁵ Tom hedônico - medida subjetiva de agradabilidade/desconforto.

de odores são: concentração de odor; intensidade de odor; característica do odor; persistência do odor e o tom hedônico. (ASTM E679 - 04 (2011) PRÁTICA PADRÃO PARA DETERMINAÇÃO DE ODOR E SABOR LIMIARES POR UMA ESCOLHA FORÇADA CONCENTRAÇÃO CRESCENTE MÉTODO SERIES DE LIMITES, 2011).

4.9 Fatores FIDOL

Os odores emitidos para a atmosfera podem resultar em incômodo. O incômodo de um odor ocorre em função dos fatores do FIDOL, que são: Frequência, Intensidade, Duração, Ofensividade e Localização. Esses fatores podem ser usados como um instrumento de avaliação do potencial impacto do odor e são amplamente aceitos como sendo dimensões importantes do incômodo do odor (BRANCHER et al., 2017).

- ✓ Frequência - com que frequência uma pessoa é exposta a um odor
- ✓ Intensidade - a força do odor, é proporcional ao \log^{10} da concentração de odor (lei de Steven)
- ✓ Duração - a duração do episódio de odor detectável, ou seja, quanto tempo a concentração permanece consecutivamente acima do limiar de odor;
- ✓ Ofensividade - tom hedônico do odor de uma determinada concentração de odor;
- ✓ Localização - indica o tipo de uso da terra e a natureza das atividades humanas nas proximidades de uma fonte de odor.

4.9.1 Limites de odor

A percepção do odor pelo nariz humano é entendida em diferentes tipos de limites categorizados: limite de percepção/deteção, limite de discriminação e limite de reconhecimento/identificação. O enquadramento em cada tipo de limite, conforme consta na literatura científica do tema, é precedida por estímulos olfativos direcionados a um painel de júri, composta por pessoas pré-qualificadas, num ambiente laboratorial controlado em ensaios repetidos da mesma condição. Os limites de odor são expressos comumente em unidades de odor (UO). Já os limites de odor para compostos químicos individuais podem ser expressos em unidades mássicas como microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g m}^{-3}$), ou em proporção de volume como partes por milhão (ppmv) e partes por bilhão (ppbv) (BRANCHER et al., 2017). A concentração de odor é então expressa em termos de múltiplos do limiar de deteção. A faixa de medição é tipicamente de $10^1 \text{ ou}_E / \text{m}^3$ a $10^7 \text{ ou}_E / \text{m}^3$ (incluindo pré-diluição).

(EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002).

4.9.1.1 Limite de percepção

A percepção olfativa nos seres humanos é notável. O limiar de detecção alcança concentrações em quantidades mínimas de odorante. O odor do etilmercaptana⁶ (C₂H₆S) pode ser detectado pelo nariz humano em concentrações abaixo de 1 parte por bilhões (ppb). Isso é equivalente a aproximadamente três gotas deste odorante dentro uma piscina olímpica (YESHURUN; SOBEL, 2010). A função principal do olfato pode ser compreendida sobre o aspecto de aproximação ou retirada. Esse sinal é melhor representado pelo prazer. A percepção olfativa é moldada pela experiência e aprendizado. A agradabilidade no processo de olfação é o principal aspecto perceptivo de um odor por um humano (KHAN et al., 2007).

4.9.1.2 Limite de discriminação

Na discriminação olfatória ou limiar de detecção, a concentração do composto odorante é muito baixa, não é possível definir o odor específico, apenas sentir a presença fraca de um odor na amostra. O processamento perceptivo e cognitivo da informação quimiosensorial do odorante é limitada. A quantidade de odor presente numa amostra de uma mistura odorante pode ser expressa em termos de Unidade Europeia de Odor por unidade de volume de ar (ou_E·m⁻³) (SOUTHWOOD et al., 2010).

4.9.1.3 Limite de reconhecimento

No limiar de reconhecimento a percepção é mais nítida da concentração do composto odorante e favorece a detecção do odor específico. A norma EN. 13725:2003 define limite de reconhecimento ou identificação como a concentração de odor que apresenta uma probabilidade de 0,5, ou seja de 50% (por cento), de ser reconhecida ou identificada nas condições estabelecidas no experimento (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002).

4.10 Métodos e técnicas de análise de odores

A medição de odores por ser realizada por diferentes meios, dependendo do odor, fonte,

⁶ Etilmercaptana - líquido; sem coloração amarelo; odor forte de gambá; flutua e mistura lentamente com água.

orçamento disponível e a finalidade da medição.

4.10.1 Método analítico

Permite determinar a constituição quantitativa e qualitativa de uma mistura gasosa, mediante técnicas de separação e identificação de compostos, com o uso de Cromatografia Gasosa associada a Espectrometria de Massa. Um instrumento de identificação profunda, detalhada e direta do efluente gasoso odorífico. Adequado em investigações mais complexas, em situações de dispersões odorantes que contenha vários compostos com propriedades diferentes, tais como massa molecular, função química, concentrações variáveis, nível de odores diferentes e volatilidades diferentes (CARMO JUNIOR, 2005). Os métodos físico-químicos para análise de compostos odorantes permitem a identificação do odor, ou seja, identificar os produtos químicos da mistura gasosa. São métodos bem constituídos e considerados objetivos, precisos; no entanto, a sua principal desvantagem está na dificuldade de correlacionar a composição química de uma mistura gasosa com as suas propriedades olfativas, como a capacidade de medir o teor hedônico de um composto odorante (MENDES, 2012) .

4.10.2 Método eletrônico

O método eletrônico, desenvolvido para detecção automática e classificação do odores, denominado de “nariz eletrônico”, que é um dispositivo desenvolvido com o intuito de simular analogamente a função do sistema olfativo humano (MENDES, 2012). É um instrumento capaz de medir a concentração ou intensidade odorante de forma similar ao produzido por um olfatômetro (BELLI FILHO, 1998). O nariz eletrônico é baseado num conjunto de sensores seletivos que determinam as características padrão de cada mistura odorante analisada. O limitante no uso deste instrumento, em condições ambientais específicas, resulta na leitura incorreta dos compostos odorantes, devido a diversas misturas complexas, contendo vários compostos diferentes e por incorrer em imprecisão do dados em baixas concentrações (SIRONI et al., 2007).

4.10.3 Método sensorial - Olfatometria

O método sensorial que mede a resposta do nariz humano auxiliado por equipamento (semi-humano⁷) ao estímulo de um composto odorante, designa-se por olfatometria. A análise

⁷ Semi-humano (híbridos) – termo cunhado por *Bruno Latour* (Jamais fomos modernos, 1994) a junção do humano com um não-humano (máquina, equipamento, etc.).

sensorial é o método que permite avaliar a incomodidade dos odores. Há dois tipos diferentes de métodos de amostragem: amostragem dinâmica e estática.

- i. **Olfatometria estática** - Amostragem estática é o método que consiste na coleta da amostra em um recipiente adequado (sacos de Tedlar, por exemplo) que será acoplado ao dispositivo de medição em um estágio posterior para proceder as análises unicamente por uma ferramenta tecnológica. O equipamento de amostragem deve ser inodoro para reduzir qualquer interação entre o efluente gasoso e as superfícies com as quais entra em contato, ou seja, um nível elevado de controle para evitar quaisquer tipos de contaminação ou modificação do conteúdo. A proposta metodológica requer planejamento cauteloso quanto a obtenção de resultados representativos. Preliminarmente, deve-se assegurar informações consistentes da fonte emitente do efluente gasoso odorífero e as especificidades contempladas nas etapas dos processos diretos e indiretos interferentes. O processo para análise do odor não deve demandar longo período, no máximo até 30 horas desde a coleta e análise (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002). A limitação deste método resulta do lapso temporal entre a coleta e análise do efluente gasoso.
- ii. **Olfatometria dinâmica** - método de análise de odores, no qual é realizada a introdução de uma amostra de odor para aferição de painel humano, composto por examinadores cuidadosamente selecionados. É realizada com recurso de um olfatômetro, neste aparelho ocorre a realização da diluição de uma mistura odorante por um gás inodoro, que de forma híbrida, utiliza o nariz humano como sensor de análise. Na medição de odores em locais abertos não é possível obter informações precisas, pois não existem métodos que permitam obter a concentração real de odores sem o cometimento de erros consideráveis, devido a dispersão de uma enormidade de compostos odorantes que se misturam aos da fonte emitente estudada. A finalidade deste método é identificar a presença de odor e sua intensidade (MENDES, 2012).

4.10.4 Avaliação do incômodo

A avaliação do incômodo, baseia-se na análise da percepção dos odores dispersos na atmosfera dentro de um raio de influência territorial de uma fonte emitente. As medições de

campo são a forma mais direta de avaliar o efluente gasoso odorante num espaço geográfico e do impacto da frequência incomodante na população circunvizinha, mediante a aplicação em campo de painel humano, composto por membros devidamente treinados em condições reais de exposição, evitando as incertezas associadas aos caracterização do odor no processos de dispersão, transformação e identificação de odores característico de uma fonte emitente conhecida (MENDES, 2012).

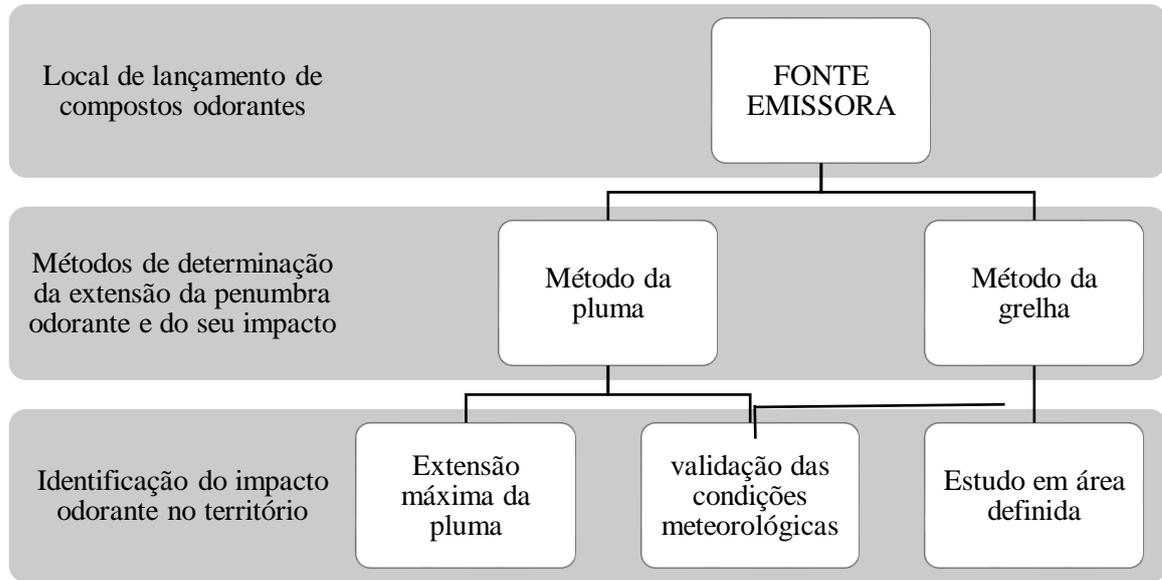
No caso de fonte identificada e caracterizada, o processo de avaliação do incômodo por odores resulta de um processo simplificado, uma vez que conhecido os processos que resultam na emissão do efluente gasoso e das condições meteorológicas estáveis servem de base para o planejamento e a aplicação de modelo proposto, os quais permitem obter os níveis de incômodo no envolto da fonte.

4.10.5 Métodos de avaliação do incômodo em campo por painel humano

Painel humano é a denominação que se dá a um conjunto de pessoas selecionadas e treinadas para expressar a sua opinião/impressão a respeito da presença ou ausência de odor em campo. A seleção e qualificação do painel humano perpassa métodos regulados por normas ASTM, EN, ISO e VDI. No teste de percepção olfativa é utilizado comumente como substância de referência o n-butanol, contudo a norma não exclui o uso de outra substância, como por exemplo, a acetona, utilizada como escala comparativa de acordo com a ISO 16000-28 e VDI 4302, para experimento controlado, utilizando concentrações de acetona no ar para fins de estimativa comparativa da intensidade do odor (ISO 16000-28, 2012; VDI 4302 - 1, 2015). A exposição ao odor para aferição do teor hedônico constitui-se uma atribuição humana. A avaliação da incomodidade baseia-se na análise da percepção dos odores após a sua emissão para a atmosfera.

A avaliação da percepção do incômodo a partir de uma fonte sabida pode ser obtida pela modelação direta ou reversa associada a medições por método da grelha ou da pluma (Figura 5), conforme respectivamente o normativo alemão VDI 3940 parte I e parte II, que em 2016 foi adotada *ipsis litteris* como norma de referência europeia EN 16841:2016, mediante consecução do Comitê Europeu de Normalização (CEN) (VAN ELST; DELVA, 2016).

Figura 5 - Modelos de avaliação do incômodo.



Fonte: O autor (2020).

A aplicação do método alemão de avaliação de incômodos por painel humano tem demonstrado resultados significativos no enfrentamento de reclamações de incômodos por odores na Europa. A lei federal alemã de controle de poluição do ar foi instituída em 1974, regulamentado objetivamente mediante as diretrizes VDI - *Commission on Air Pollution Prevention* (Comissão de Prevenção da Poluição do Ar) com a elaboração tutelada pela associação de engenheiros deste país (FRECHEN, 2000). Neste arcabouço legal, o incômodo é caracterizado como evento de poluição e é passível de punição quando o impacto do efluente odorante sob a população de uma região excede os limites regulados de exposição. A diretriz institui que, a presença de odor tolerada no ar ambiente é fixada por um percentual sob as horas de ocorrência de odor por ano. A aplicação do percentual altera conforme a região no qual situa-se a fonte emitente e a área impactada subsequente, sendo 10% de horas anuais em área urbana e 15% de horas anuais em área industrial ou rural (MANNEBECK et al., 2016). A metodologia alemã VDI 3940 partes I e II, foi replicada *in verbis*, em 2016, pelo comitê técnico europeu para uso nos países membros, com a nomenclatura de EN 16841 partes I e II (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, 2016) e estabelece a situação real do impacto e a expansão territorial da pluma, mediante a inspeção de campo.

A aplicação da metodologia alemã tem sido adotada no cenário internacional e apresenta-se como solução viável de compreensão do fenômeno. Na região metropolitana de Melbourne, Austrália, estudos realizados sob a condução do órgão governamental EPA - *Victoria State Government of Victoria* (EPA, 2020), mediante 06 campanhas de medições e de

monitoramento de odores entre os períodos 2007 e 2017, produziu um portfólio de informações que possibilitam a compreensão e a caracterização do fenômeno, através da investigação de ocorrências do impacto incomodante do efluente odorante, seguindo uma linha metodológica referendada pelo comitê técnico europeu. As inspeções utilizaram os métodos de monitoramento de odores: EN 16841-1 e EN 16841-2. Com ajustes alinhados a legislação e técnicas específicas do país. O estudo focalizou em avaliações de odores em torno de instalações de tratamento de resíduos, como unidades de compostagem, aterros e matadouros, contemplando áreas industriais, comerciais e residenciais, sendo avaliada a frequência típica da pluma de odor em função da distância. Os procedimentos detalhavam os pontos de observação escolhidos com base na acessibilidade do painel humano qualificado a região investigada. A constituição de roteiros de marcações, consideraram a direção do vento, o relevo, o tempo e clima, tomando como referência a localização das instalações emissoras do efluente. Os locais escolhidos estão situados em variadas distâncias em relação ao perímetro das instalações. O lapso temporal de investigação em campo contemplou o período mínimo de 6 meses. Os equipamentos utilizados na investigação incluíram o anemômetro portátil; bússola; informação meteorológicas através do *Bureau of Meteorology* do EPA (EPA, 2020); o software de mapeamento pelo Google maps (Google, 2020) e registro de dados coletados no software Microsoft Excel. Os dados foram inspecionados e agrupados em distâncias previamente estabelecidas, a partir fonte emissor até uma extensão máxima de 4000 m. Os resultados identificaram a presença de odor numa extensão territorial, a partir da fonte emissor, em contextos distintos, conforme o tipo de empreendimento e atividade desenvolvida. Em aterro sanitário, 1500 m distante da fonte e; em unidade de compostagem 2000 m distante da fonte. O estudo mostrou que a aplicação de metodologias consistentes de avaliação de odores em campo facilita a compreensão da formação e o território de flutuação da pluma de odor e do seu impacto na comunidade atingida, proporcionando mais informações para a compreensão do fenômeno, o gerenciamento dos impactos e o planejamento das ações mitigadoras (BYDDER; DEMETRIOU, 2019).

Em Paris e na região metropolitana, o monitoramento de odores procedido em estações de tratamento de águas residuais (ETAR) e rede de esgoto estava sob a responsabilidade e gestão do SIAAP - *Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne*. Na década de noventa norteou-se pela opção estratégica da reunião de várias ferramentas de pesquisa de odores. Essas ferramentas congregaram o método de avaliação química, mediante o recurso de estações de monitoramento (enxofre e compostos analisados com instrumentos

analíticos fixos e móveis); a investigação de odores em campo por painel humano de especialistas e por painel humano composto por cidadãos voluntários residentes em áreas sob influência da fonte; o registro espontâneo de reclamação de evento de odor, procedido por meio de diferentes formas (site do SIAAP, telefone, smartphone) e o recurso tecnológico por software de modelagem de dispersão de odor no ar ambiente que permiti em tempo real a previsão da concentração de odores no território analisado. O monitoramento por investigação em campo procedia por meio de patrulhas (inspeções) diárias conduzidas por especialistas e por painel de cidadãos que voluntariamente inspecionam o ar ambiente e encaminham ao SIAAP regulamente as informações sobre a ocorrência de evento de odor, via formulário específico, por meio da internet. As inspeções objetivavam a detecção e o reconhecimento de odores na ETAR e no território circundante para o mapeamento da extensão da pluma e seu impacto incomodante. O mapeamento sensorial alimenta com informações os agentes operacionais da ETAR, a despeito da ocorrência de quaisquer odores anormais, no sentido de subsidiar as ações corretivas. O painel de cidadãos e o registro voluntario de informações da ocorrência de evento de odor apresentam-se como alternativa inovadora na compreensão e enfrentamento do fenômeno. Servi como termômetro tempestivo para adoção de medidas de reprogramação operacional e de ações de mitigação, repercutindo no fortalecimento da gestão da ETAR com o aumento do monitoramento e controle. Em 2017, com o intento de aprimorar a eficiência do sistema de monitoramento, concernente a inspeção em campo, houve o direcionamento estratégico pela adoção do normativo europeu: EN 16841-1 e EN 16841-2. Determinação de odor no ar ambiente usando inspeção de campo - método de grade e método de pluma. Com os dois métodos aplicados de forma complementar. Ajustes e adaptações foram procedidos no transcurso da transição metodológica das patrulhas diárias para o normativo europeu. A aplicação do método da pluma procedia instado por: relatos de evento de odores no perímetro da instalação, relatos do operador da instalação quando de evento não planejado que ocasiona a produção do efluente odorífico e de informações de pico de odor produzido por software de modelação da dispersão de odores no território. As informações produzidas pela aplicação do método da grade eram comparadas com as informações estimadas pelo software de modelagem dispersão de odores no ar ambiente, proporcionando um processo rigoroso de compreensão do impacto odor, favorecendo a aplicação da medida corretiva adequada. No estudo, a implementação do novo protocolo pelo SIAAP, assentado na normativa europeia, entregou resultados significativos, apesar de incorrer no incremento de custos operacionais pelo esforço em congregar vários métodos. Elevou a confiança quanto as informações dos índices de exposição ao odor e na compreensão e tratamento de evento odorífero anormal (DIALLO;

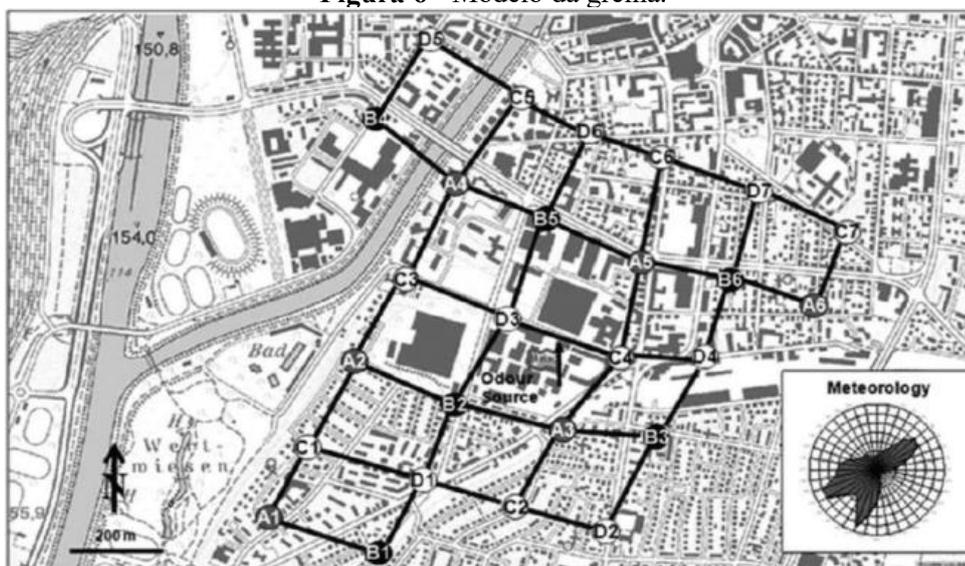
MAALEM; PIET-SARNET, 2018)

Os resultados da aplicação do normativo europeu, inspirado no método alemão, nos exemplos acima, demonstram resultados efetivos na compreensão do fenômeno, sem perder autenticidade metodológica por adequações inseridas por motivo de especificidades locais.

4.10.5.1 VDI 3940:2006 - Parte I

Metodologia de avaliação do impacto do efluente gasoso odorante sobre um determinado território, a partir de uma distribuição espacial por grade, composta por quadrantes de espaçamento uniforme, envolta à fonte emitente, na qual são feitas medições da exposição em campo por painelistas qualificados, durante um longo período (entre seis meses a um ano) (Figura 6). Durante o período de medição, cada canto do quadrado de avaliação é visitado pelos membros do painel 13 ou 26 vezes, respectivamente nos períodos de seis e doze meses. O objetivo da metodologia de medição de grade é fornecer uma avaliação estatisticamente significativa do impacto do odor. Esta metodologia exige parâmetros rígidos em termos logístico, pois requer medições constantes ao longo de pelo menos 52 dias, com um mínimo de 10 assessores devidamente distribuídos nos quadrantes, e que estas sejam efetuadas de forma dispersa pelos dias da semana, horas do dia, e em diversas condições de tempo durante o ano, para que se obtenha um resultado semestral ou anual representativo. Apesar de exigente, esta metodologia é baseada em medições reais, pelo que permite obter um mapa de exposição a odores com incertezas associadas reduzidas (CAPELA, SARA; FERREIRA, 2011).

Figura 6 - Modelo da grelha.

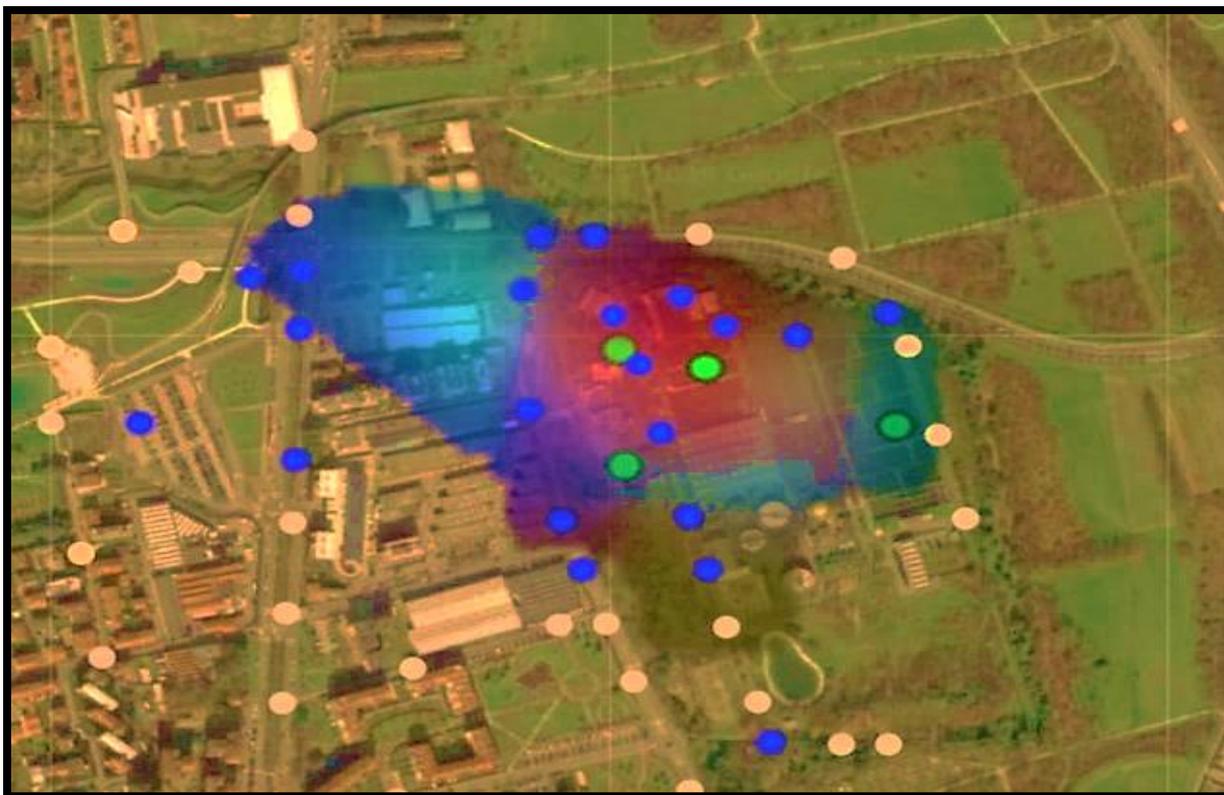


Fonte: (WEST, 2015).

4.10.5.2 VDI 3940:2006 - Parte 2

Norma alemã que apresenta uma metodologia de determinação da extensão e do impacto num dado espaço territorial de uma pluma de odor detectável e reconhecível emitida por uma fonte sabida, por meio da coleta direta em campo por membros do painel humano devidamente qualificados, sob condições meteorológicas específicas. Neste caso, apenas são efetuadas medições no território onde o odor é claramente perceptível, sendo estas realizadas ao longo de seis a doze meses, partindo de uma fonte emitente de odor identificada e caracterizada. As medições consideram os seguintes fatores: emissão de odor; condições de emissão e processos geradores; informações das condições meteorológicas específicas do dia da coleta, face à normalidade climatológica para a modelação da dispersão de odores. No método da pluma dinâmica, os membros do painel humano (painelistas) aferem a presença ou ausência (Sim/Não) de odores reconhecíveis no espaço territorial de influência da fonte, sob condições meteorológicas estáveis (direção específica do vento, velocidade do vento, tempo quente ou frio, ensolarado ou chuvoso). O espalhamento da pluma percorre diferentes distâncias e direções num dado raio territorial, semelhante a fumaça produzida por um foco de incêndio que se espalha em diferentes sentidos e distâncias, conforme condições meteorológicas específicas, sobretudo norteadas pela atividade cinética dos ventos. Os percursos podem ser realizados em dois modelos de aferição: a partir do limite do raio de identificação do odor até seu núcleo (de fora para dentro) ou do núcleo emitente até o limiar de inexistência do odor (de dentro para fora). A unidade de medida é a presença ou ausência de odor reconhecíveis na fonte emitente, em uma determinada localização a favor do vento. A extensão da pluma é avaliada como a transição da ausência para a presença do odor reconhecível. A estimativa máxima do alcance da pluma deve ser determinada mediante observações coletadas durante duas travessias do limite da pluma, nos quais inclui pelo menos um ponto de presença de odor observado, e outro ponto no qual é observado o registro de ausência do odor. O principal objetivo do uso deste padrão é fornecer uma base para a determinação da extensão da pluma, determinando o raio de influência territorial da exposição potencial a odores reconhecíveis e mensurar o potencial grau de exposição a odores reconhecíveis, conforme percebido na Figura 7 (GUILLOT et al., 2012).

Figura 7 - Identificação e extensão da pluma odorante.

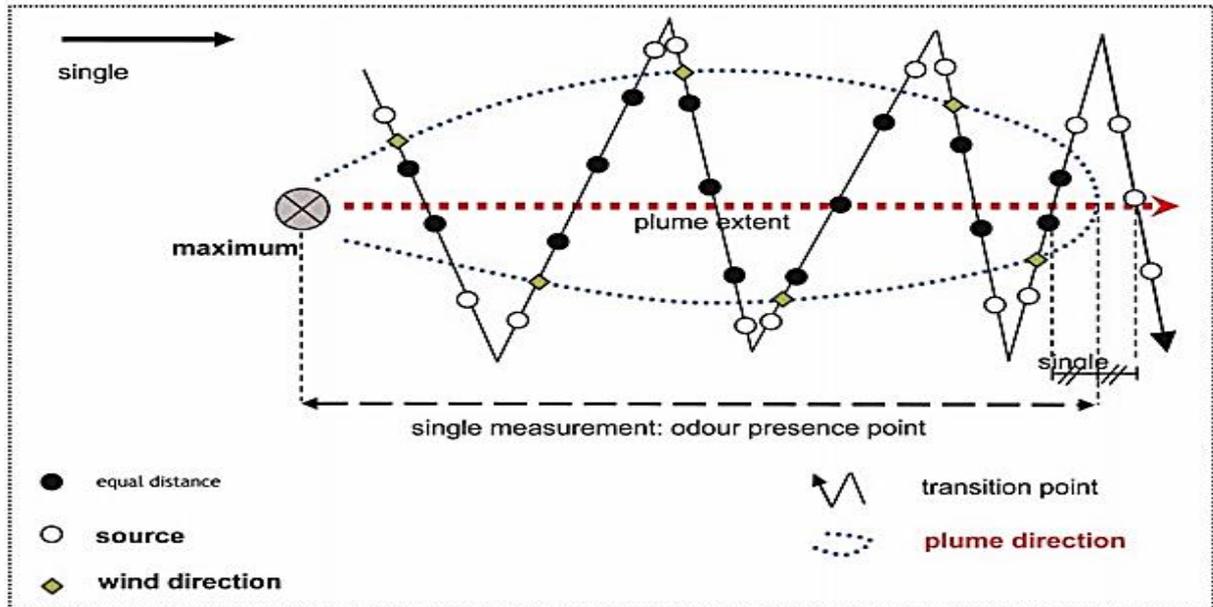


Fonte: (OSMOTECH S.R.L., 2019).

O processo de medição deve ser realizado por no mínimo dois painelistas qualificados. Cada ciclo de medição deve conter ao menos 40 registros, com o mínimo de 20 de pontos de transição (ausência/presença) (GUILLOT et al., 2012). A distância entre o cruzamento sem presença de pontos de odor observados e o trecho mais próximo com observação dos pontos de presença de odor deve ser inferior a 20% do máximo alcance de pluma, em conformidade com o determinado a partir das informações registradas (Figura 8). Um ponto de transição é definido como o ponto intermediário entre um ponto de ausência de odor adjacente e o ponto de presença de odor. O período de estudo deve transcorrer entre 6 a 12 meses, com uma coleta mensal de duração máxima de 2 (duas) horas. Em cada ponto de aferição o membro permanecerá por 10 minutos e procederá, consecutivamente, a cada 10 segundos a marcação de sim/não de ocorrência de percepção do odor, registrando os resultados em formulário específico e ao término seguirá a outro ponto equidistante com no mínimo de 10 metros distante do ponto anterior. São marcados ao menos oito pontos de transição (ausência/ presença), quatro em cada lado da pluma, no qual são registrados a distâncias ao longo da direção das plumas entre 30% e 70% do alcance máximo da pluma de odor. Com o objetivo de prevenir possíveis efeitos de

adaptação causado por observações incorretas, os pontos de transição são determinados apenas ao entrar na pluma e não ao sair (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002).

Figura 8 - Exemplo do diagrama esquematizado de mensuração da pluma dinâmica.



Fonte: (GUILLOT et al., 2012).

Para ambos os métodos não há a medição da intensidade dos odores ambientais, a medição do tom hedônico dos odores ambientais e do cálculo da taxa estimada de emissão de compostos odorantes a partir de uma fonte específica ou difusa. O objetivo é de medir a área impactada em condições meteorológica estáveis.

4.10.5.3 O método apresenta vantagens e desvantagens:

a) Vantagens

A simplicidade e facilidade de entendimento do método. Pessoas comuns com o mínimo de instrução e sensível ao odor normal pode fazer as observações sem a necessidade do auxílio de equipamentos sofisticados e aparelhamento laboratorial, podendo, sem prejuízo à veracidade dos resultados, ser realizada por dois membros. Comparado aos demais métodos é o de menor custo. É possível verificar o impacto do odor e a formação da pluma cumulada com outras sub-fontes. O método é mais preciso na percepção de um odor no ambiente comparado com o método olfatométrico, no qual o odor é percebido em circunstâncias artificiais; com uso

de equipamento de traslado e do lapso temporal entre amostragem e a análise laboratorial, com riscos no percurso de contaminação por fatores diversos. Possibilita também o cumprimento de uma função social de interlocução e entendimento entre a comunidade circunvizinha sob influência da pluma e a empresa fonte emitente do efluente odorante, com o objetivo de mitigar os efeitos adversos, mediante a comunicação mais instantânea da ocorrência percebida *in loco* dos odores incomodantes, permitindo a gestão do empreendimento a tomada de decisão mediata de reprogramação das operações geradoras do efluente odorante (VAN ELST; DELVA, 2016).

b) Desvantagens

No processo de aferição de odores em campo as condições ambientais, em termos meteorológico, orográfica e rugosidades requer prévia verificação. O cenário climatológico estável é fator relevante para o delineamento mais preciso da pluma odorante. Espaços ocupados por indústrias, ferrovias, terrenos privados, rios, lagos, rodovias; por exemplo, também representam fatores limitantes. Quanto a emissão por sub-fontes não há uma clara distinção a despeito da força de emissão e do tipo de odor (VAN ELST; DELVA, 2016).

4.10.5.4 Seleção do painel humano

A seleção dos membros do painel humano é etapa necessária para que se verifique a capacidade psicofísica de detecção e medição do teor incomodante do odor, mediante avaliação da sensibilidade de cada postulante a membro do painel. Pessoas com sensibilidade alterada, seja com aumento ou diminuição do olfato, não são aptas a participarem da seleção. Cheirar requer uma percepção olfativa normal, isenta de sensações olfativas distorcidas, por exemplo, a anosmia, hiposmia, fantosmia, hiperosmia e parosmia⁸. No teste de seleção, o membro descreve a intensidade do odor, comparando-a com as intensidades da escala de referência, não levando em conta sua qualidade (ou caráter). (LISBOA; PAGE; GUY, 2009); (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002)

A sensibilidade da detecção olfativa é estudada por uma avaliação da percepção de concentrações fracas de odor. O "método de limites" de Gustave Fechner ou o "método de

⁸ A anosmia é a perda total do olfato e hiposmia é a diminuição do olfato, a fantosmia é a percepção de odores sem que haja estímulo, hiperosmia é a percepção exagerada e anormal do olfato e parosmia que é a perversão do olfato.

estímulos constantes” detalhados por Gescheider em sua obra *Psychophysics. The fundamentals*. (GESCHEIDER; COLLEGE, 1997). No método de estímulos constantes, um conjunto de concentrações de um odor previamente estabelecido e apresentada numa quantidade pré-determinada de vezes, em ordem aleatória para um avaliador, que decidirá se há a presença de odor ou não. Na mesma experimentação, poderá ocorrer a exposição de concentrações sem a presença do odor, de forma aleatoriamente, dentre a série de estímulos. A taxa de erro, ou seja, a percepção equivocada de um odor; pode ser usada para calibrar cada taxa de acerto da concentração para o viés de resposta. O limite de percepção de odor por um indivíduo é definido pela concentração em que é detectado em uma certa proporção (geralmente 0,50). Quanto ao método dos limites, as apresentações de odores são dadas em proporções ascendentes ou descendentes. O objetivo do experimento é determinar se o avaliador (ele/ela) detecta o odor. A percepção do indivíduo é estabelecida no patamar em que o participante começa a perceber o odor (séries ascendentes) ou não percebe (série descendente). O experimento de avaliação da discriminação por qualidades semelhantes de odor pode ser realizado por intermédio de um procedimento no qual três recipientes contendo odor são apresentadas ao avaliador. Um desses odores é minimamente diferente dos outros dois e a tarefa dos avaliadores é apontar o recipiente que contém odorante diferenciado (RICHARD, 2003).

Os estudos dos mecanismos cerebrais da olfação sob o prisma psicofísico, comumente, iniciam com perguntas simples que buscam encontrar as capacidades e limites do evento perceptual mais simples, a detecção, em uma dada dimensão de modalidade física e em um ambiente controlado de experimentação. Os níveis de percepção olfativa são investigados com métodos menos sofisticados, conquanto eficientes, e perguntas como, por exemplo: você percebe o odor? Qual a intensidade do odor? E desta forma, busca-se investigar estes limites do mundo físico acessados pela consciência para obtenção de respostas que atenda aos requisitos pretendidos num escopo de estudo (DA COSTA, 2011).

Os estudos psicofísicos da olfação inserem-se sob o viés de investigação dos mecanismos de percepção estudados na neurociência, inserido entre outros métodos classificados e categorizados. Conforme Armitage; Gisselbrecht (2015), os estudos dos mecanismos cerebrais da olfação seguem uma classificação em categorias:

Os testes olfativos podem ser classificados em três grandes categorias: psicofísica, eletrofisiológica e psicofisiológica. Testes psicofísicos, são aqueles em que, de alguma maneira, os estímulos são variados (por exemplo, em concentração ou qualidade) e o paciente é obrigado a indicar se o estímulo é percebido (por exemplo, como em um teste de limite de detecção). Neste sentido, estão as medidas de detecção de odores, discriminação, memória e identificação. Os testes eletrofisiológicos avaliam a

atividade elétrica somada na superfície do epitélio do receptor olfativo (ou seja, o eletro-olfactograma ou EOG) ou atividade elétrica integrada na superfície do couro cabeludo (por exemplo, potenciais relacionados a eventos de odor ou OERPs). Esses testes normalmente requerem equipamentos de apresentação e gravação de estímulos complexos. Testes psicofisiológicos, alguns dos quais também empregam métodos de registro elétrico, medem as respostas do sistema nervoso autônomo aos odorantes, como alterações na pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória ou pele galvânica respostas. (ARMITAGE; GISSELBRECHT, 2015).

4.10.5.5 Métodos de certificação de avaliadores

4.10.5.5.1 CEN 13.725/2003

A Norma Europeia CEN EN 13725:2003 é um documento orientativo que apresenta um método, com base científica aprovada, como modelo e orientação aos membros da união europeia na adoção de padrões e critérios de aplicação nos países membro. A norma específica, é um método para a determinação objetiva da concentração de odores de uma amostra gasosa usando olfatométrica dinâmica com avaliadores humanos e a taxa de emissão de odores emanados de fontes pontuais, fontes de área com fluxo externo e fontes de área sem fluxo externo. É aplicável à medição da concentração de odores de substâncias puras, misturas definidas e misturas indefinidas de odores gasosos no ar ou nitrogênio, utilizando olfatométrica dinâmica com um painel de avaliadores humanos como sensor (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY, 2002).

A EN 13.725/2003 define critérios de seleção baseados na variabilidade e sensibilidade dos jurados olfatométricos. Na norma há a determinação da concentração do odor a partir de uma amostra gasosa com compostos odoríficos, sendo efetuada através da apresentação dessa amostra gasosa à um júri (conjunto de assessores humanos pré-selecionados pela sua sensibilidade específica ao odor de referência: o n-butanol), variando a concentração por diluírem uma amostra de ar odorífico em gás neutro, em diferentes relações amostra/neutro, com o intento de determinar o fator de diluição que fomenta uma resposta psicofísica assertiva em 50% do júri, ou seja, é o estabelecimento do fator de diluição que corresponde uma probabilidade de 50% de ser detectado. O fator qualificante do jurado é determinado pela replicabilidade das respostas em termos de consistência, seja no mesmo dia ou durante os dias de ocorrência do teste. No teste, é apresentado aos jurados uma sequência, em ordem aleatória, em três níveis; ou seja, muito fraco (1), fraco (2) e médio (3) e os jurados são requisitados a dispor a escala em ordem crescente. Somente depois são apresentados os outros dois níveis;

forte (4) e muito forte (5). São dadas duas chances para que cada membro do júri coloque os frascos na sequência correta. No procedimento de seleção de jurados de percepção de sensibilidade específica para realização dos testes, é utilizada uma substância odorante de referência, o n-butanol (GODKE, 2014).

A norma (EN 13.725/2003) relaciona um conjunto de recomendações que os postulantes a qualificação de jurados devem seguir no dia da avaliação olfatométrica, conforme adiante:

1. Cada membro do júri deverá estar disponível para as três (ou mais) sessões de Certificação. A certificação será realizada com um intervalo de pelo menos um dia entre uma sessão e outra;
2. A partir de 30 minutos, antes e durante a medição olfatométrica, não é permitido aos jurados fumar, comer, beber (exceto água), mascar chicletes ou comer doces;
3. Os jurados devem tomar muito cuidado para não causar qualquer interferência em suas próprias percepções ou, nas dos outros jurados da análise, por motivos como falta de higiene pessoal ou com o uso de perfumes, desodorantes, loções ou qualquer outro tipo de cosmético;
4. Os jurados que estiverem resfriados ou com qualquer outra doença que afete a sua percepção de odor (por exemplo, ataques de alergia ou sinusite) devem ser excluídos da participação na análise;
5. Os jurados devem estar presentes ao laboratório de análise odores ou em um ambiente com condições semelhantes, 15 minutos antes do início da análise, a fim de se adaptarem ao odor do ambiente da sala de medição;
6. Durante as medições os membros do júri não devem se comunicar uns com os outros sobre os resultados das suas escolhas.

O coordenador da pesquisa deve assegurar que o código de conduta é perfeitamente conhecido por todos membros do júri. O código de conduta tem uma influência direta nos resultados do ensaio.

4.10.5.6 As sessões olfatométricas - organização

A norma estabelece que cada jurado deve passar por três sessões de avaliação, em dias separados, com uma pausa de pelo menos um dia entre as sessões. Nas sessões, cada série de respostas dos jurados em relação as concentrações crescentes apresentadas são chamadas de “round”. A primeira série de respostas (*round*) dos jurados de cada dia é descartada,

considerando o processo de adaptação dos jurados ao teste. Segui um no Quadro 1 exemplo de plano de Certificação, realizado em três diferentes dias da semana, com os grupos A, B, e C (GODKE, 2014).

Quadro 1 - plano de certificação.

| Datas | Grupos | Número da seção | Nº de rounds |
|--------------|---------------|------------------------|-----------------------|
| 2ª feira | A | 1 | 5 no total, 4 válidos |
| | B | 1 | |
| | C | 1 | |
| 4ª feira | A | 2 | 4 no total, 3 válidos |
| | B | 2 | |
| | C | 2 | |
| 6ª feira | A | 3 | 4 no total, 3 válidos |
| | B | 3 | |
| | C | 3 | |

Fonte: (GODKE, 2014).

Na norma são descritos métodos que apontam para o Limite de Percepção Individual (LPI), assim descritos: o método sim/não e o método da escolha forçada. No primeiro o jurado aponta a existência ou não de odor que sai em um tubo específico do olfatômetro e, no segundo, são apresentados mais de um tudo e o jurado deve apontar qual o tudo contém a substância odorante. Os critérios normatizados para qualificação do jurado são: cálculo do antilogaritmo do desvio padrão das estimativas de LPI (critério 1) e a determinação da sensibilidade olfativa LPI (critério 2) (GODKE, 2014).

4.11 Norma Internacional ASTM E679

A ASTM (Sociedade Americana de Testes e Materiais Internacional) doravante denominada ASTM internacional, fundada em 1898, é uma organização científica e técnica constituída para o desenvolvimento de normas sobre características e desempenho de materiais, produtos, sistemas e serviços. O objetivo deste manual é promover a uniformidade de forma e estilo nos padrões ASTM. É a norma referenciada nos EUA para o estabelecimento do limite de percepção olfativa de uma determinada substância odorante de referência. A metodologia

adotada no ASTM, inclui uma descrição concisa de uma ordem e procedimentos para determinar uma propriedade ou constituinte de um material, ou um conjunto de materiais ou um produto. As instruções para a realização do teste devem incluir todos os detalhes essenciais quanto ao: equipamento, teste amostra, procedimento e cálculos necessários para obter precisão resultados satisfatórios (ASTM, 2016).

O método ASTM E679 é reconhecido como um método de teste simples e rápido devido ao seu procedimento de coleta de dados que usa uma versão adaptada de teste triangular de escolha forçada com 3 (três) alternativas. No teste de triângulo, os participantes são solicitados a identificar a amostra positiva de odor entre duas sem a presença da substância odorante (amostras em branco). Para cada apresentação o membro do painel é obrigado a indicar qual das amostras é diferente das outras duas. Os participantes devem iniciar o teste pela menor concentração da escala, com limites menores entre duas ou três vezes abaixo do Limite de Percepção Olfativa (LPO) aproximado da substância odorante de referência. É necessário fazer uma escolha, mesmo que o membro do painel não consiga identificar uma diferença entre as amostras. As amostras podem ser diluídas em ar puro ou em água, no qual será introduzida a substância odorante. As amostras não podem se diferenciar entre si, seja por meio visual, auditiva, tátil ou termal, evitando quaisquer tipos de identificação sensorial, sendo o olfato o único meio de identificação aplicado no ensaio (GODKE, 2014).

4.12 Norma Internacional ASTM E544

O ASTM E544 é um método para avaliar a intensidades de odor de qualquer material odorífero. O N-butanol é preferencialmente escolhido e utilizado como escala de referência devido à sua disponibilidade e tom hedônico geralmente neutro (não excessivamente agradável ou desagradável). A prática padrão permite dois métodos para uma escala de referência: 1) estática e 2) dinâmica. O método estático utiliza soluções aquosas específicas de n-butanol em frascos ou balões para referência dos avaliadores. O método dinâmico permite o uso de um dispositivo olfatômetro para apresentar concentrações de referência de n-butanol no ar. (MCGINLEY, 2002) (Quadro 2).

O avaliador deve sentir a graduação da escala de referência, que varia de neutro a muito forte, e comparar com a intensidade do odor sob análise. O método orienta uma escala de progressão geométrica com uma proporção de 2, comumente são realizados comparando a intensidade de odor da amostra com as intensidades de odor de uma série de concentrações do odorante de referência 1-butanol (n-butanol). Os dois procedimentos diferem no método pelo qual os vapores de 1-butanol diluídos são preparados. No método de escala dinâmica é utilizado

um aparelho de diluição dinâmica (olfatômetro). É equipado com uma série de espaços de farejamento, a partir dos quais emergem concentrações constantes de 1-butanol a taxas de fluxo volumétricas constantes no ar. No método de escala estática é utilizada uma série de frascos de *Erlenmeyer* contendo concentrações conhecidas de 1-butanol em água, que será diluída em água destilada como solvente nas soluções, para apresentação aos membros do corpo de jurados. A escala é representada através de uma sequência de ordem crescente, ou seja, da solução muito fraca até atingir a escala da solução muito forte. A finalização para a obtenção de resultados ocorre a partir da média geométrica das respostas individuais dos jurados em comparação aos valores escolhidos da escala de n-butanol. Os resultados são dados em partes por milhão de n-butanol em ar (Método A) ou água (Método B), na escala de referência de intensidade da ASTM (ASTM E544, 2018).

A proposta metodológica da escala estática demonstra-se como uma alternativa prática e de baixo custo, sendo requerido no experimento a utilização de instrumentos laboratoriais mais acessíveis do que o aparelho olfatômetro utilizado no método dinâmico.

O escopo do método ASTM E544:

1. Esta prática é projetada para delinear um meio de referenciar as intensidades de odor de um material na região do supra-limiar.
2. O objetivo geral é referenciar a intensidade do odor em vez de outras propriedades de uma amostra de odor.
3. Esta prática foi projetada para referenciar a intensidade do odor na escala de referência de intensidade de odor ASTM de qualquer material odorífero. Isso é feito através da comparação da intensidade de odor da amostra com as intensidades de odor de uma série de concentrações de um odorante de referência, por exemplo, 1-butanol (n-butanol).
4. É especificado o método pelo qual os vapores de odorantes de referência devem ser apresentados para avaliação dos jurados. A maneira pela qual a amostra de teste é apresentada dependerá da natureza da amostra, não definida neste método.
5. A apresentação da amostra de teste deve ser consistente com as boas práticas padrão e deve ser explicitamente documentada no relatório de teste.
6. Os valores indicados nas unidades devem ser considerados como padrão. Nenhuma outra unidade de medida está incluída nesta norma.
7. Esta norma não pretende tratar de todas as preocupações de segurança, se houver, associadas ao seu uso. É de responsabilidade do usuário deste padrão estabelecer

práticas apropriadas de segurança, saúde e meio ambiente e determinar a aplicabilidade das limitações regulatórias antes do uso.

Quadro 2 - Descrição de algumas especificações do método da escala estática.

| ESPECIFICAÇÕES | DESCRIÇÃO |
|----------------|---|
| | i. Preparação de soluções de n-butanol em água em <i>Erlenmeyers</i> de boca larga de 500 mL. O volume da solução deve ser de 200 mL |
| | ii. Novas soluções devem ser confeccionadas após um período de duas horas |
| | iii. Após cheirar a solução, o jurado deve cobrir o frasco para garantir o equilíbrio entre a solução e o espaço preenchido por ar com n-butanol na fase gasosa |
| | iv. Os frascos devem ser gentilmente mexidos por cada jurado antes de cheirar seu conteúdo |
| | v. A temperatura das soluções de referência durante o teste deve ser a ambiente, e devem permanecer constantes até o final do mesmo |
| | vi. O Limite de Percepção Odorante - LPO para n-butanol em água é de 2,5 ppm a 21°C. A gama útil de concentrações para a escala estática é acima deste valor, sem ultrapassar o limite de solubilidade do n-butanol em água (7,08% a 30°C → 70.800 ppm). |

Fonte: Adaptado de(GODKE, 2014).

4.13 Método de avaliação de dados (ASTM)

Na norma ASTM 679 (2011) os candidatos são convidados a participar da avaliação e são instados a avaliar uma sequência de concentrações que seguem uma ordem crescente, diferenciadas por meio de um fator constante, desde a concentração menor até a concentração mais alta. Em cada fileira conta com três recipientes, sendo dois em branco e um com a substância odorífica, competindo ao candidato apontar sua aposta, conforme sua percepção olfativa. O conjunto de resultados dos membros do grupo de apostas (GAC) são calculados a partir de uma série de respostas corretas/incorretas obtidas separadamente por cada membro do painel de avaliadores. A coleta dos julgamentos de cada membro do painel de avaliadores é registrada por escrito numa sequência contendo '0' para um julgamento incorreto e '+' para um julgamento correto (ASTM E679, 2011). Para calcular o resultado das apostas de um conjunto de concentrações que um membro do painel de avaliadores é instado a avaliar, usa-se a média geométrica, tomando o valor do último julgamento da concentração apostada incorretamente '0' e a próxima concentração mais alta referente a um julgamento correto '+'. O conjunto de resultados produzidos por cada membro do grupo de aposta (média geométrica) produz uma média final. Em seguida, cada resultado individual (MG) é convertido por logaritmo da base 10

que enseja uma média final de todos os resultados produzidos (ASTM E679,2011). A norma aplica correção das variações calculando o desvio padrão do conjunto de resultados obtidos pela aplicação do logaritmo de base 10. No exemplo da Tabela 1 a apostas do membro do painel de avaliadores de número 27 é calculada usando a média geométrica das concentrações no último julgamento incorreto (120 mg/L) e o próximo julgamento correto (240 mg / L). A fórmula para o cálculo é: $\sqrt{120 * 240} = 169,71$ mg / L. O resultado é convertido pelo logaritmo de base 10 e resulta no valor de 2,23. Em seguida procede-se o somatório de todos os resultados individuais obtidos no logaritmo de base 10, calcula-se a média (1,67) e o desvio padrão (0,36). A média é o valor de referência e o intervalo numérico resultante da subtração ou acréscimo do valor do desvio padrão (1,31 e 2,03) estabelece o parâmetro para aprovação do candidato na avaliação. (YANG, 2017).

Tabela 1 - Apostas calculadas com base no padrão de resposta correta / incorreta de um indivíduo do grupo aposta, obtida usando as médias geométricas (ASTM E679, 2011).

| Panelist | Judgments ^A | | | | | | | | | | | Best-Estimate Threshold (BET) | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|-------------------------------|--|
| | Concentrations of ethyl acetate presented, mg/L | | | | | | | | | | Value | log ₁₀ of value | |
| | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 120 | 160 | 240 | | | |
| 01 | ... | 0 | ... | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | 84.8 | 1.93 | |
| 02 | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | + | ... | 28.3 | 1.45 | |
| 04 | 0 | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | + | ... | 28.3 | 1.45 | |
| 07 | + | ... | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | 56.5 | 1.75 | |
| 09 | + | ... | + | ... | + | ... | + | ... | + | ... | 7.1 | 0.85 | |
| 10 | ... | 0 | ... | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | 84.8 | 1.93 | |
| 11 | ... | + | ... | 0 | ... | 0 | ... | + | ... | + | 84.8 | 1.93 | |
| 12 | ... | ... | ... | 0 | ... | + | ... | ... | ... | ... | 42.4 | 1.63 | |
| 13 | + | ... | 0 | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | 56.5 | 1.75 | |
| 17 | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | + | ... | + | 21.2 | 1.33 | |
| 18 | 0 | ... | 0 | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | 84.8 | 1.93 | |
| 19 | + | ... | 0 | ... | 0 | ... | 0 | ... | + | ... | 113 | 2.05 | |
| 20 | 0 | ... | + | ... | + | ... | + | ... | + | ... | 14.1 | 1.15 | |
| 23 | 0 | ... | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | 56.5 | 1.75 | |
| 24 | ... | + | ... | 0 | ... | + | ... | + | ... | + | 42.4 | 1.62 | |
| 27 | ... | 0 | ... | + | ... | 0 | ... | 0 | ... | + | 169.7 | 2.23 | |
| Group BET = geometric mean, mg/L ethyl acetate | | | | | | | | | | | Σlog ₁₀ → | 26.73 | |
| Log Standard deviation | | | | | | | | | | | 46.8 ← | 1.67 | |
| | | | | | | | | | | | | 0.36 | |

Fonte: (YANG, 2017).

4.13.1 Instrumentos de Regulação

A precisão na avaliação do impacto dos odores numa comunidade afetada é um desafio enfrentado por muitos países em todo o mundo. Ao contrário de algumas emissões que se caracterizam pela identificação e quantificação de compostos específicos, as emissões de odores representam uma complexidade no tocante a quantificar e estabelecer níveis de concentrações,

já que o impacto do odor é raramente resultado de um único composto, mas sim uma combinação de centenas de diferentes compostos odoríferos. Os sistemas de controle de odores são projetados para minimizar as emissões de odor e, assim, mitigar seus efeitos em comunidades circundantes a fonte. No cenário internacional diversas abordagens são usadas como sistemas de regulação de odores, organizados por critérios e objetivos adequados aos contextos locais. Nos países com ausência de legislação e metodologias padronizadas de aferição e monitoramento de odores em critérios bem delineados, a referência adotada segue o caminho da fiscalização de episódios de odores com base nos princípios fundados na lei do incômodo. Os parâmetros de referência no cenário internacional no trato de regulamentos de odores, usam métodos e ferramentas que seguem as seguintes linhas de abordagens: concentração de odor do ar ambiente e produtos químicos individuais (padrão de impacto máximo); distâncias de separação fixas e variáveis (padrão de distância de separação); taxa máxima de emissão de odores e produtos químicos individuais (padrão máximo de emissão); número de queixas ou nível de aborrecimento (padrão de aborrecimento máximo); melhores tecnologias disponíveis e BAT (tecnologia padrão) (BRANCHER et al., 2017).

1. Padrão do impacto máximo;
2. Padrão de distância de separação;
3. Padrão máximo de emissão;
4. Padrão de aborrecimento máximo
5. Padrão tecnológico

Segundo Brancher et al. (2017) a categorização de arcabouços legais são em cinco abordagens, conforme o levantamento de legislações e o detalhamento dos parâmetros praticados sobre impactos de odores em 28 países apresentados na Quadro 3.

Quadro 3 - Principais legislações internacionais.

| ABORDAGEM | DESCRIÇÃO | JURISDIÇÃO |
|-------------------------------|---|--|
| Impacto máximo | Odor | Jurisdições canadenses, Chile, Colômbia, jurisdições dos EUA, Panamá, Paraná (Brasil), Reino Unido, Alemanha, Áustria, Lombardia (Itália), Puglia (Itália), Irlanda, Holanda, Israel, Taiwan, Hong Kong, Coreia do Sul, China, Japão, jurisdições australianas, Hungria, jurisdições belgas, Catalunha (Espanha), Dinamarca, jurisdições belgas, França, Áustria |
| Distância de separação | Produtos químicos individuais relacionados ao odor (a) Variável fixa (b) | Jurisdições canadenses, Colômbia, jurisdições dos EUA, São Paulo (Brasil), Panamá, Coreia do Sul, Japão, jurisdições australianas, jurisdições australianas, Dinamarca, Puglia (Itália) (a); Jurisdições dos EUA, Paraná (Brasil), Áustria, Holanda, |

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | | jurisdições australianas, Bélgica jurisdições, jurisdições belgas, jurisdições canadenses, Austria, Alemanha Jurisdições canadenses fixas, jurisdições dos EUA, Holanda, Hong Kong, jurisdições australianas, Alemanha (b). |
| Máximo de emissão | Odor (a) Produtos químicos individuais relacionados ao odor (b) | França, jurisdições italianas, China, jurisdições australianas, Dinamarca (a); Chile, Panamá, Brasil (federal), Puglia (Itália), China, Japão, jurisdições australianas. |
| Aborrecimento máximo | Número de reclamações (a) Nível de aborrecimento (b) | Chile, Panamá, Brasil (federal), Puglia (Itália), China, Japão, jurisdições australianas, Jurisdições dos EUA, Wellington (Nova Zelândia) (a); Nova Zelândia (b) |
| Tecnológico | BAT | Países europeus, jurisdições canadenses, jurisdições dos EUA, jurisdições australianas, Nova Zelândia, Arábia Saudita, Colômbia |

Fonte: (BRANCHER et al., 2017).

No Brasil não há uma legislação federal específica de normatização da temática relacionada aos incômodos nas pessoas provocados por odores lançados na atmosfera, resultante da ação antrópica. A composição normativa nacional fundamenta-se no estabelecimento de padrões de qualidade do ar, conforme a Resolução do CONAMA de nº 05, de 15 de junho de 1989, que criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR - com o objetivo de promover o controle da poluição atmosférica no país, envolvendo estratégias de caráter normativo, como o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção aos prejuízos da qualidade do ar, a implementação de uma rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários e a Resolução do CONAMA, nº 491, de 19 de novembro de 2018. Os parâmetros do inventário de monitoração são constituídos da seguinte forma: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. O padrão de qualidade do ar é um instrumento de gestão da qualidade do ar. A medida de referência é o valor da concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, objetivando a salubridade do meio ambiente e a saúde da população (CONAMA, 2018). Na resolução nº 491 do CONAMA o poluente atmosférico e padrão de qualidade do ar são definidos da seguinte forma:

I - poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da

propriedade ou às atividades normais da comunidade;

II - padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica... (CONAMA, 2018).

Segundo a Resolução CONAMA nº 491 /2018 os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar no prazo de até 3 anos após a entrada em vigor desta normativa, um plano de controle de emissões atmosféricas que deverá ser definido em regulamentação própria. O plano dever contemplar a abrangência geográfica e as regiões a serem priorizadas, a identificação das principais fontes de emissão e respectivos poluentes atmosféricos e as diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação (CONAMA, 2018). Os órgãos ambientais estaduais e distrital estão instados a apresentar, anualmente, um relatório de avaliação da qualidade do ar garantindo sua publicidade. O Ministério do Meio Ambiente, em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distrital produziram um guia contendo, entre outros, os métodos de referência escolhidos e os critérios para utilização de métodos equivalentes, da localização dos amostradores e do valor dos dados consonante ao tempo e sistematização do cálculo do índice de qualidade do ar (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

A poluição do ar é inquestionavelmente um fator de risco ambiental para a saúde, ultrapassando a mortalidade por doenças causadas pela água insalubre e as transmitidas por vetores (OMS, 2020). O normativo nacional apresenta avanços na gestão e monitoramento dos impactos de poluentes na qualidade do ar, todavia não fixa padrões específicos no monitoramento de compostos odorantes lançados na atmosfera que ocasionam incomodidade a população afetada.

A questão do efluente odorífico situa-se na periferia de temas relacionados a poluição do ar. No vácuo da norma federal específica ensejou a criação de legislação em estados e municípios do país (quadro 4). As principais características situam no estabelecimento de padrões máximos de emissão de odor, através de procedimentos olfatométricos, com base na concentração odorante (em unidades de odor por metro cúbico, UO.m-3); controle na emissão de compostos odorantes fora dos limites da propriedade da fonte do efluente gasoso e a proibição da emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área da propriedade em que se encontra a fonte emissora (VIEIRA, 2013).

Em Pernambuco a legislação é limitada. O normativo estadual foi criado mediante a Lei nº 10.564/1991 e posteriormente revogado pela Lei Nº 15.725, de março de 2016, que dispõe sobre o controle da poluição atmosférica no Estado, todavia sem tratar especificamente dos parâmetros de regulação dos incômodos a qualidade de vida dos residentes na periferia de empreendimentos que lançam na atmosfera o efluente odorante. O enfoque aponta para os padrões de qualidade do ar, sobretudo no trato de ações fomentadoras de emissão de fumaça, conforme o artigo quarto da norma descrito adiante.

Art. 4º Fica estabelecido, como princípio, que os empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras do ar devem adotar prioritariamente o uso de tecnologias, insumos e fontes de energia que evitem a geração de poluentes atmosféricos e, na impossibilidade prática desta condição, minimizem as emissões quando comparadas com as decorrentes de processos convencionais. (PERNAMBUCO, 2016).

Na cidade do Recife o tema é tratado de forma mais objetiva mediante a Lei nº 16243/1996. No artigo 48 há o estabelecimento da proibição de emissão de substâncias odoríficas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade da fonte emissora (RECIFE, 1996). No entanto, o normativo não estabelece qual o método de investigação da incomodidade por odores e dos parâmetros do impacto do efluente odorante, como a concentração de compostos odorantes no ar ambiente, tempo de exposição e a quantidade de queixas para nortear o planejamento das operações de empreendimentos com potencial de lançamento do efluente odorante e subsidiar a aplicação da penalidade.

Quadro 4 - Legislação brasileira.

| ESTADO | LEGISLAÇÃO |
|-------------------------------------|---|
| São Paulo | A Lei nº 997, de 21 de maio de 1976; Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976; Decreto 15.425/80; Decreto nº 54.487: 2009; Decreto nº 59.113: 2013 |
| Estado do Espírito Santo | a Lei nº 7.058, de 18 de janeiro de 2002 |
| Estado do Rio de Janeiro | Decreto-lei nº 134, de 16 de junho de 1975; Decreto nº 1.633, de 21 de dezembro de 1977. |
| Estado de Minas Gerais | Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 11, de 16 de dezembro de 1986. |
| Distrito Federal | Lei nº 41, de 13 de setembro de 1989; Decreto nº 12.960, de 28 de dezembro de 1990 |
| Estado de Goiás | Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978 |
| Estado do Mato Grosso | Lei Complementar nº 38, de 21 de novembro de 1995 |
| Estado do Mato Grosso do Sul | Lei nº 90, de 02 de junho de 1980; Decreto nº 4.625, de 07 de junho de 1988 |
| Estado do Acre | Lei nº 1.117, de 26 de janeiro de 1994 |
| Estado do Amapá | Lei Complementar nº 0005, de 18 de agosto de 1994, Decreto nº 3.009, de 17 de novembro de 1998 |

| | |
|--------------------------------------|---|
| Estado do Amazonas | Lei nº 1.532, de 06 de julho de 1982; Decreto nº 10.028, de 04 de fevereiro de 1987 |
| Estado do Pará | Lei nº 5.887, de 09 de maio de 1995 |
| Estado de Rondônia | Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993; Decreto nº 7.903, de 1 de julho de 1997 |
| Estado de Roraima | A Lei Complementar nº 007, de 26 de agosto de 1994 |
| Estado do Tocantins | Lei nº 261, de 20 de fevereiro de 1991, |
| Estado da Bahia | Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006; Decreto nº 11.235, de 10 de outubro de 2008 |
| Estado do Ceará | lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987 |
| Estado do Maranhão | Lei nº 5.405, de 08 de abril de 1992 |
| Estado de Pernambuco | Lei Nº 15.725, de março de 2016 |
| Estado do Piauí | Lei nº 4.854, de 10 de julho de 1996 |
| Estado de Sergipe | Lei nº 5.858, de 22 de março de 2006 |
| Estado do Rio Grande do Norte | Lei Complementar nº 272, de 03 de março de 2004 |
| Estado de Alagoas | Lei nº 4.090 de 05 de dezembro de 1979 |
| Estado da Paraíba | Lei nº 4.335 de 16 de dezembro de 1981 |
| Estado do Rio Grande do Sul | Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000; Decreto nº 9.325 de 1988, que regulamenta a Lei Complementar nº 65/1981 |
| Estado do Paraná | Os odores são regulamentados desde 2002, através da antiga Resolução SEMA nº 041/2002, revogada pela atual Resolução nº 054/2006; Resolução SEMA nº 054, de 22 de dezembro de 2006; Resolução SEMA 016: 2014. |
| Estado de Santa Catarina | Lei Nº 5.793, de 15 de outubro de 1980; Decreto nº 14.250/81; Lei nº 14.675/09 prevê no Art. 179 |

Fonte: Adaptado (VIEIRA, 2013).

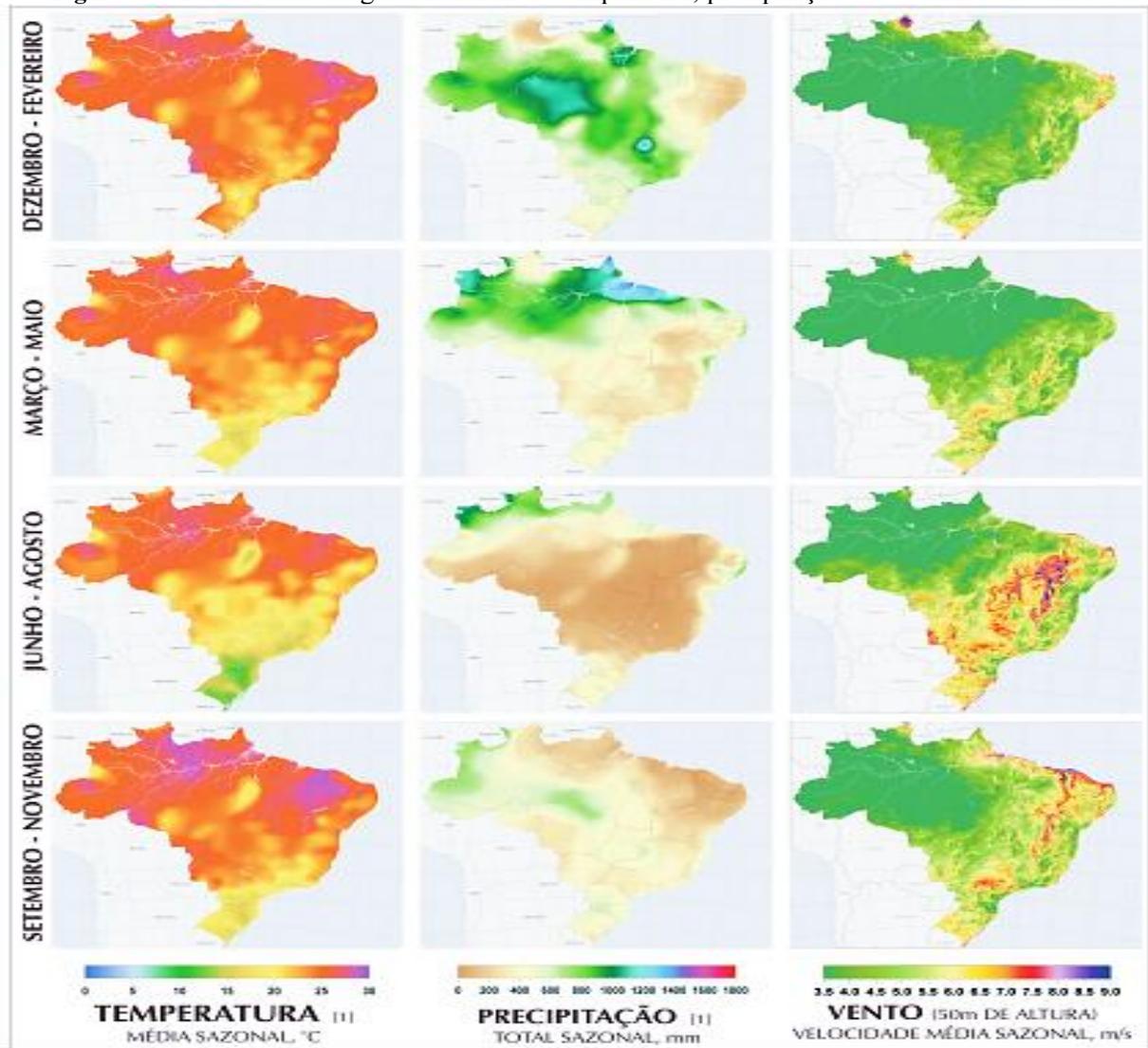
4.14 A Influência Meteorológica

A meteorologia (do grego *meteoros*, que significa elevado no ar, e *logos*, que significa estudo) é a ciência que estuda a atmosfera terrestre. Seus aspectos mais tradicionais e conhecidos são a previsão do tempo e a climatologia. O tempo pode ser definido como o estado da atmosfera em determinado instante e lugar, um retrato situacional. O clima tem sido comumente definido como um tempo médio, ou seja, um conjunto de condições replicáveis que dominam uma região, obtidas das médias das observações durante um certo intervalo de tempo. A meteorologia é a ciência que resulta da cooperação técnica-científica de distribuição a nível regional e internacional de dados meteorológicos observados e coletados num contexto espacial, a partir de uma estação meteorológica provida de instrumentos pertinentes aos estudos do tempo e do clima (VIANELLO, 2011). Os fenômenos meteorológicos ocorrem na camada da atmosfera denominada de troposfera. A parte mais baixa da troposfera é conhecida como Camada Limite Atmosfera (CLA), região de maior contato com a superfície terrestre e que está sob influência direta (QUEIROZ, 2008). No CLA ocorrem diversos fenômenos de transporte de calor e umidade, fluxos de energia, evaporação e transpiração e a dispersão de poluentes (MAIA, 2016).

4.14.1 Clima no Brasil

O Brasil apresenta diferentes climas que variam do equatorial (úmido e semiúmido), na região Norte, ao subtropical, na região Sul, influenciado por sua extensão em latitude. As médias climatológicas sazonais de precipitação e temperatura estão demonstradas na Figura 9, que apresentam os diferentes tipos de clima e suas sazonalidades. O norte do país é dominado pelo clima equatorial úmido, caracterizado por temperaturas médias superiores a 25° C e chuvas acima de 2.000mm/ano. O clima equatorial semiúmido apresenta-se mais ao norte, contemplando a metade situado ao nordeste do Estado de Roraima e o noroeste do Pará, com totais pluviométricos entre 1.500mm/ano e 2.000mm/ano. O clima tropical abrange praticamente toda a costa, desde o Maranhão até partes de São Paulo, estende-se a oeste até Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, inclui partes do Nordeste e estados no centro do país como Goiás e Tocantins, sendo caracterizado por chuvas com sazonalidade bem definida: estação seca de 4-5 meses (abril-setembro) e chuvosa (novembro-março). No Sertão nordestino destaca-se um enclave de clima semiárido, com temperaturas médias anuais superiores a 25° C, pluviosidade inferior a 750 mm/ano e longas estiagens de aproximadamente 8 meses por ano. A região Sul (latitude 23° 27'S) é conhecida pelo clima subtropical, com as características térmicas e pluviométricas similares às do clima temperado, com temperaturas médias anuais inferiores a 20° C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MME, 2001).

Figura 9 - Médias climatológicas sazonais de temperatura, precipitação e velocidade de vento.

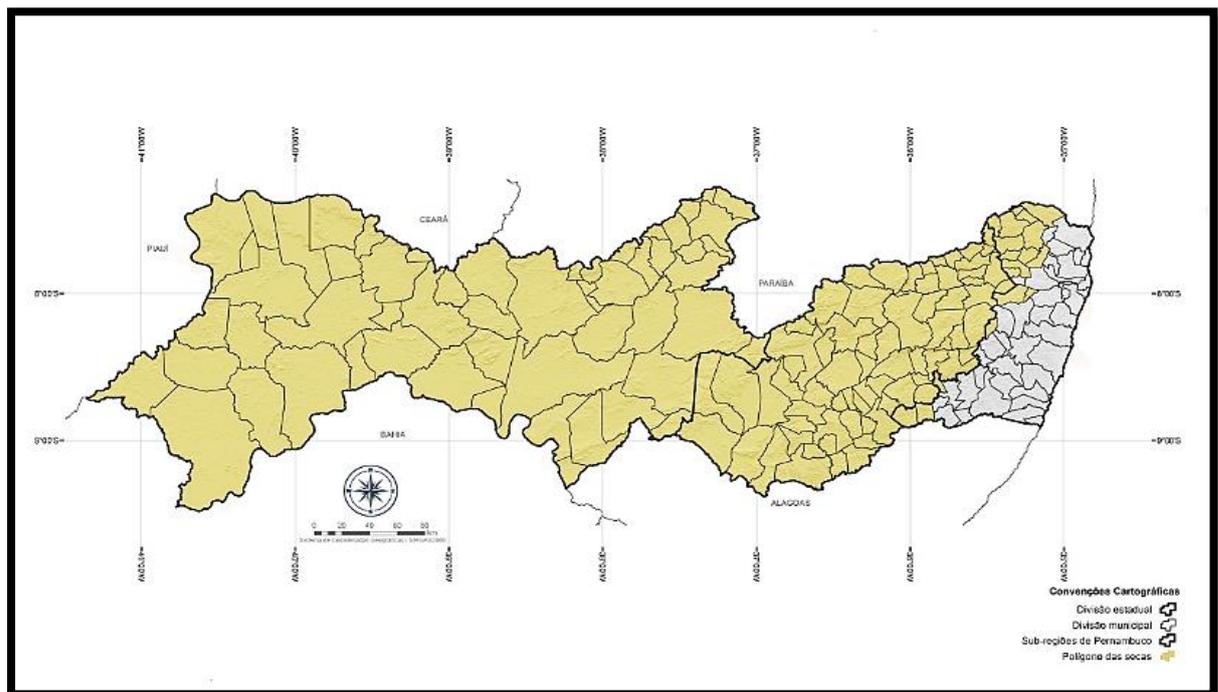


Fonte: (MME, 2001).

Em Pernambuco o clima possui variações e suas características são determinadas pelo espaço geográfico, conforme a Figura 10. O clima tropical é predominante e caracterizado pela falta de chuvas e pelos sistemas meteorológicos atuantes na região. É usual a divisão do estado em quatro tipos climáticos: tropical quente e úmido (litoral), tropical quente subúmido e seco (Zona da Mata), tropical de altitude (norte) e tropical quente e seco (Agreste e Sertão). O clima tropical úmido caracteriza a Região Metropolitana do Recife e que contempla parte da Zona da Mata. Este clima tem como referência às altas temperaturas que variam, mensalmente, acima de 18 °C e média anual de 25 °C, baixas amplitudes térmicas, alta umidade relativa do ar e precipitações médias anuais entre 1.500 mm e 2.500 mm. O estado possui mais de 90% da sua área inserida no chamado “Polígono das Secas”, região onde as estiagens prolongadas e a

precipitação mal distribuída, trata-se do clima semiárido (semidesértico) presente no Sertão e em parte do Agreste do estado. Com baixos índices pluviométricos, com longos períodos secos e chuvas escassas e concentradas em poucos meses do ano, e altas temperaturas, com média anual de 25 °C (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

Figura 10 - Mapa de Pernambuco com as três divisões climáticas: litoral e zona da mata, agreste e sertão.



Fonte: (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

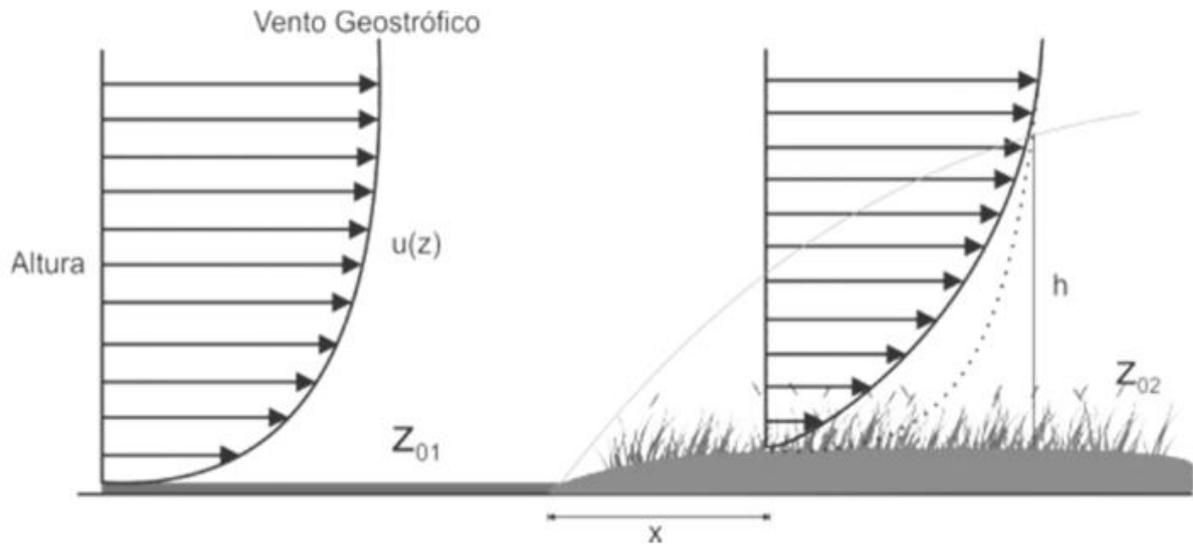
4.14.2 Ventos

O vento é movimento do ar. Os ventos são causados por diferentes gradientes de pressão ao longo da superfície terrestre de maior pressão (regiões frias) para de menor pressão (regiões quentes) e seu movimento ocorre no sentido horizontal, considerando que a radiação solar recebida na terra ser mais concentradas nas zonas equatoriais do que nas zonas polares e também em decorrência do movimento de rotação da terra e suas variações sazonais de distribuição de energia solar incidente. Em regiões frias as massas de ar ficam estagnadas junto à superfície, devido a menor atividade energética, resultando na formação dos centros de alta pressão (MARIN et al., 2008). A força do gradiente de pressão ocorre quando existe uma mudança de pressão do ar de um lugar para o outro. A causa raiz do vento é a radiação solar. A

concentração dos ventos mais fortes, em termos de constância e persistência situam-se em camadas de 10 km da superfície da terra. Há perda de velocidade do vento quando próximo da superfície da terra, devido aos efeitos do atrito decorrente de massas de ar com obstáculos naturais e artificiais (JERVELL, 2008). Com relação à diferença entre ventos diurnos e noturnos, há a tendência predominante de maior intensidade da velocidade de vento no decorrer do dia, com início no nascer do sol até o meio da tarde, após esse período ocorre a perda paulatina da intensidade energética (PARKER, M.J.; WEBER, A.H.; BUCKLEY, 2004)

O regime dos ventos influencia no tempo e clima de uma região. Em virtude dessa dinâmica da atmosfera é que diversos tipos de efluentes gasosos de origem natural ou antrópica são dispersos do ambiente e transportados para regiões distantes da fonte emissora (MARIN et al., 2008). A direção do vento é variável no tempo e no espaço e seus efeitos variantes são determinados pela situação geográfica, características do local, rugosidade, superfície, relevo, época do ano, clima e da vegetação (VENDRAMINI, 1986). A rugosidade de um terreno agrupa um conjunto de elementos, árvores, arbustos, vegetação rasteira e pequenas construções sobre a superfície do solo que produzem resistência aos deslocamentos de parcelas do ar e podem produzir mudança de direção e pequenas turbulências na superfície. A orografia consiste no conjunto de fatores que caracteriza um terreno em estudo (terreno plano, elevação de declive suave ou terreno montanhoso) (JERVELL, 2008). A conjunção destes fatores norteia a dispersão de uma pluma de odor, constituída de variados tipos de efluentes gasosos, determinando sua velocidade de deslocamento e direção. A velocidade do vento sofre perdas em consequência do atrito produzido entre o deslocamento de fluxos de ar e a região mais próxima da superfície terrestre, devido aos impedimentos de ordem natural e/ou artificial (OKE, 1988). Na Figura 11 a linha tracejada sobre a superfície vegetada (Z_{02}) demonstra a redução do avanço do vento, devido a fricção da massa de ar sobre a rugosidade. A velocidade do vento também sofre variações que podem ser de curta duração e em intervalos diários, sazonais e anuais, podendo ser variações lentas ou rápidas. No período do dia a intensidade do vento é maior do que à noite, devido ao fenômeno de aquecimento/resfriamento da superfície. Nas variações de curta duração ocorre o fenômeno de turbulências e rajadas de vento. Na investigação de um regime temporal do comportamento do vento em um determinado espaço geográfico ou localidade, utiliza-se do recurso metodológico de análise dos registros anuais das variações do vento (LEITE; BORGES; FALCÃO, 2006) (Quadro 5).

Figura 11 - Perfil vertical do vento sobre diferentes tipos de rugosidade superficial.



Fonte: (RAMOS, 2012).

Quadro 5 - Fatores de interferência na climatologia dos ventos.

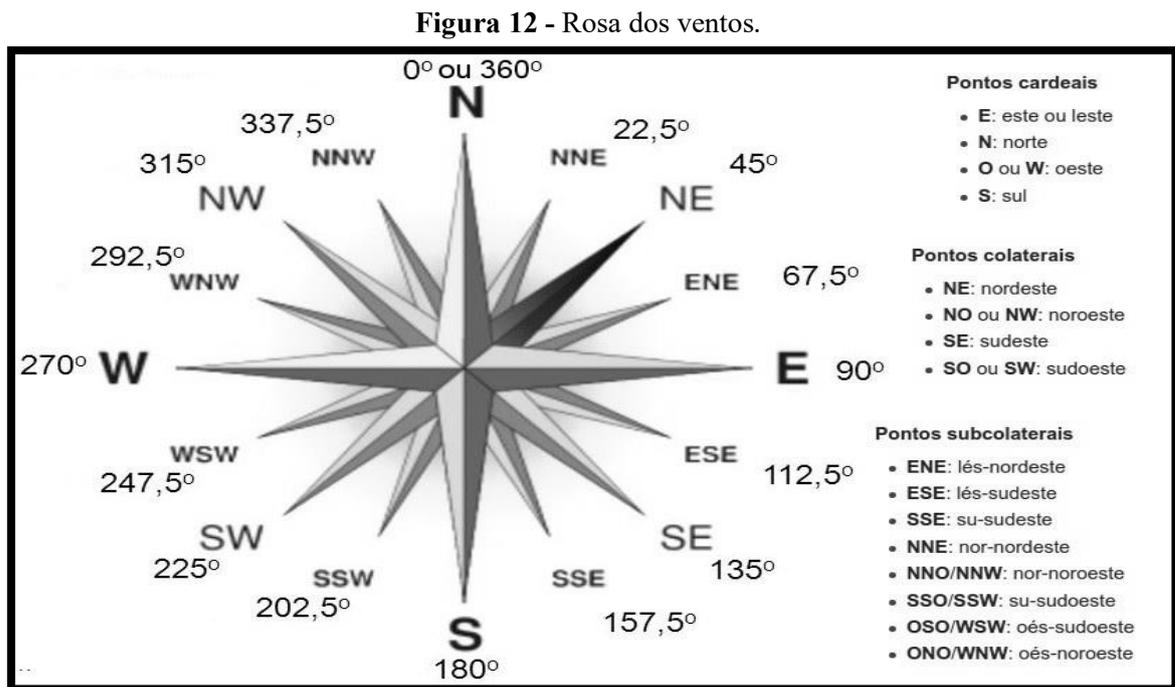
| Fatores Interferentes | Descrição |
|---------------------------------|--|
| Condições Climáticas | Variações de temperatura, regime de ventos, monções, etc. |
| Características do Local | Rugosidade do terreno, orografia, presença de obstáculos, etc. |

Fonte: Adaptado (LEITE; BORGES; FALCÃO, 2006).

O estudo das características dos ventos requer o uso de dois parâmetros básicos: direção e velocidade, que é moldado também pela influência das características geométricas e do estado de aquecimento da superfície. A direção do vento não é um resultado preciso por nenhum tipo de instrumento e é obtida de acordo com os 360° graus da circunferência, contados no sentido do movimento dos ponteiros do relógio, expressa em graus, medidas no sentido horário, a partir do norte geográfico. Utiliza-se a rosa-dos-ventos como ferramenta que melhor aproxima dos resultados esperados, tomando como parâmetros os pontos cardeais (N, S, L, O, NE, NO, SE, SO), neste sentido consegue-se definir a predominância da direção em um dado período, seja mensal ou anual, por exemplo. Quanto a velocidade do vento, é expressa por metros por segundo, quilômetros por hora ou em *knots* (kt), um *knot* pronuncia-se nó (BRAND, 2014).

A rosa dos ventos ou rumo dos ventos é um instrumento utilizado para auxiliar numa localização relativa ou absoluta em um mapa ou carta, usual na ciência geográfica e cartográfica

Figura 12. É composta pelos pontos cardeais, colaterais e subcolaterais. No estudo de direção e velocidade dos ventos é possível visualizar a frequência de ocorrências de cada direção do vento. A direção do vento é definida como a direção de onde ele sopra. As cores indicam a intensidade do vento. Quanto a direção, o referencial de onde parte o vento, o instrumento direciona de onde sopram os ventos em direção a uma estação de medição, que assume o centro da rosa dos ventos (REBOITA et al., 2014).



Fonte: Google (2020).

4.14.2.1 Ventos em Pernambuco

Os ventos que sopram em Pernambuco é um vento caracterizado de altitude, sua entrada é pela costa e se intensifica no interior do estado em função da variação de altitude, conforme mapa da Figura 14. No estado, os ventos têm pouca variação, sendo sua maior frequência no quadrante sudeste da rosa dos ventos. No litoral, a distribuição da rosa dos ventos fica mais concentrada, os ventos têm maior variação de direção, conforme o mapa da Figura 15 e a circulação do vento é caracterizada como brisa presente em alturas mais baixas, ou seja menor que 10 metros, com velocidade oscilante entre 7 e 11 km/h, segundo a classificação 2 da escala de *Beaufort*⁹ Figura 13. No agreste a variação de direção do vento é limitada. No sertão

⁹ Escala de Beaufort - Um sistema para calcular e informar a velocidade do vento. Fonte: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 02 jan. 2019.

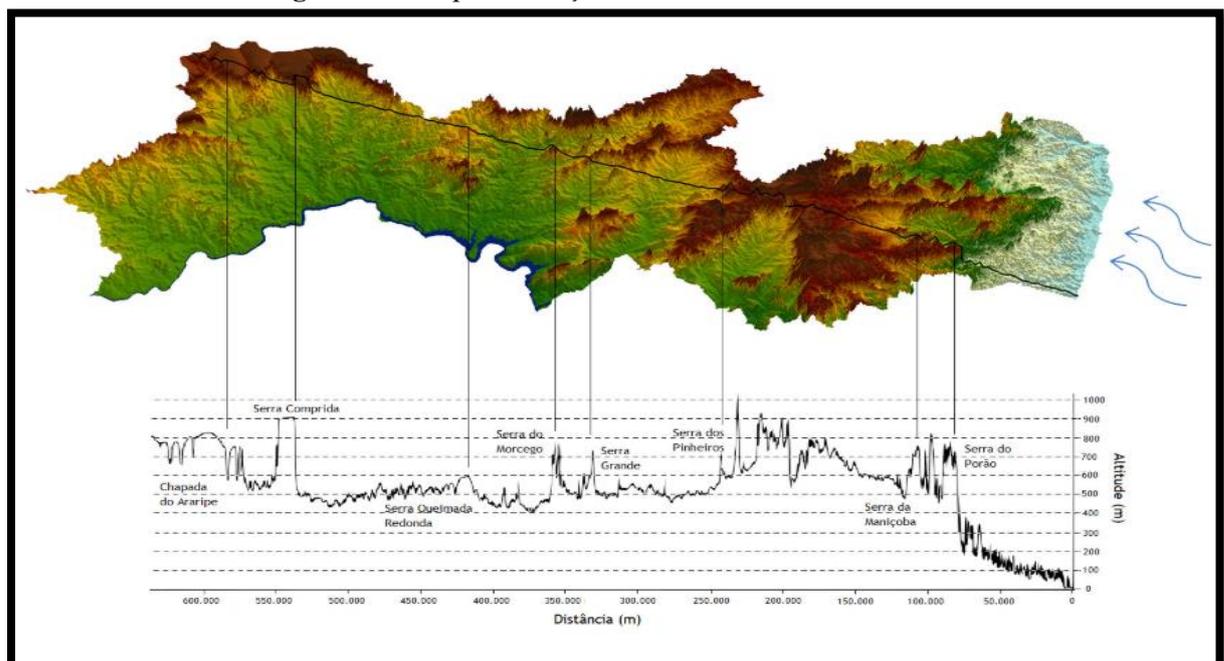
o vento sudeste é predominante e tem pouca variação. A intensidade do vento aumenta a partir da zona da mata seguindo até o sertão (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

Figura 13 - Escala Beaufort.

| Escala Beaufort de Força de Vento | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Escala | Velocidade média | | Velocidades limites | | Nomenclatura | |
| | ms ⁻¹ | nós (knots) | ms ⁻¹ | nós (knots) | português | inglês |
| 0 | 0 | 0 | <1 | <1 | Calmaria | Calm |
| 1 | 1 | 2 | 1 – 2 | 1 – 3 | Bafagem | Light Air |
| 2 | 3 | 5 | 2 – 4 | 4 – 6 | Aragem | Light Breeze |
| 3 | 5 | 9 | 4 – 6 | 7 – 10 | Fraco | Gentle Breeze |
| 4 | 7 | 13 | 6 – 9 | 11 – 16 | Moderado | Moderate Breeze |
| 5 | 10 | 19 | 9 – 11 | 17 – 21 | Fresco | Fresh Breeze |
| 6 | 12 | 24 | 11 – 14 | 22 – 27 | Muito Fresco | Strong Breeze |
| 7 | 15 | 30 | 14 – 17 | 28 – 33 | Forte | Near Gale |
| 8 | 19 | 37 | 17 – 21 | 34 – 40 | Muito Forte | Gale |
| 9 | 23 | 44 | 21 – 25 | 41 – 47 | Duro | Severe Gale |
| 10 | 27 | 52 | 25 – 29 | 48 – 55 | Muito Duro | Storm |
| 11 | 31 | 60 | 29 – 33 | 56 – 63 | Tempestuoso | Violent Storm |
| 12 | - | - | 33 + | 64 + | Furacão | Hurricane |

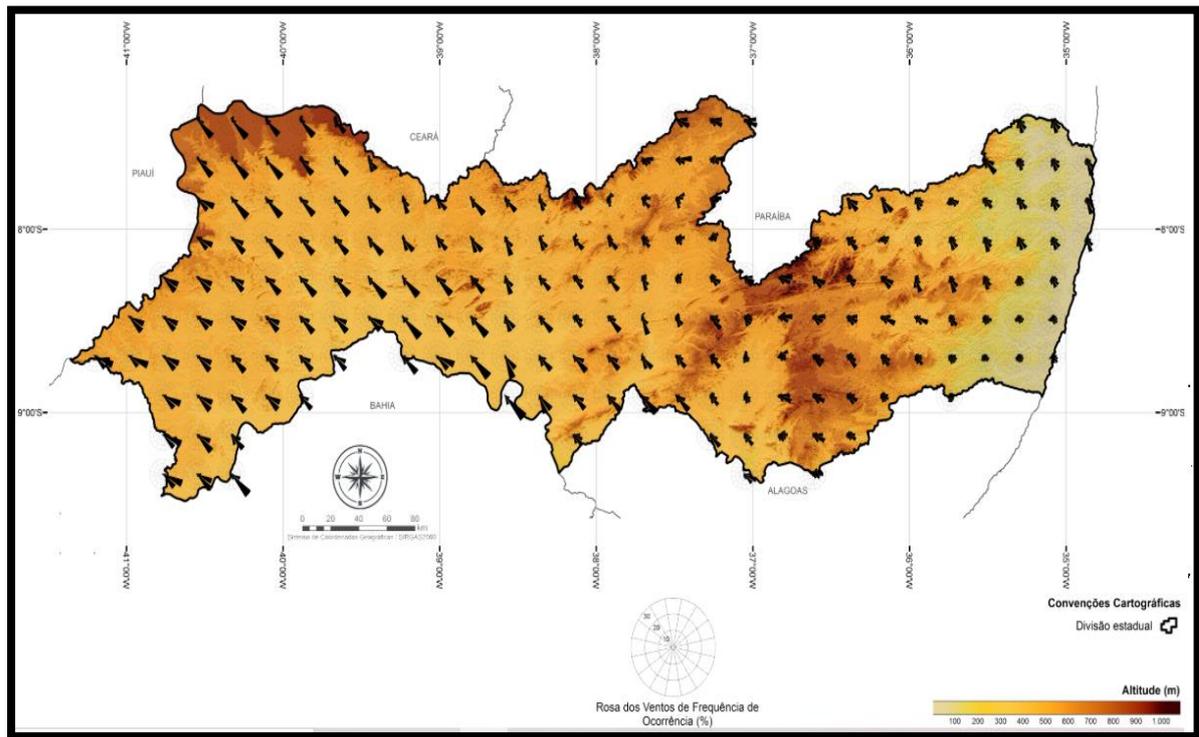
Fonte: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 02 jan. 2020.

Figura 14 - Mapa da direção dos ventos em Pernambuco.



Fonte: (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

Figura 15 - Mapa da Rosa dos Ventos Anuais - (Frequência x Direção).

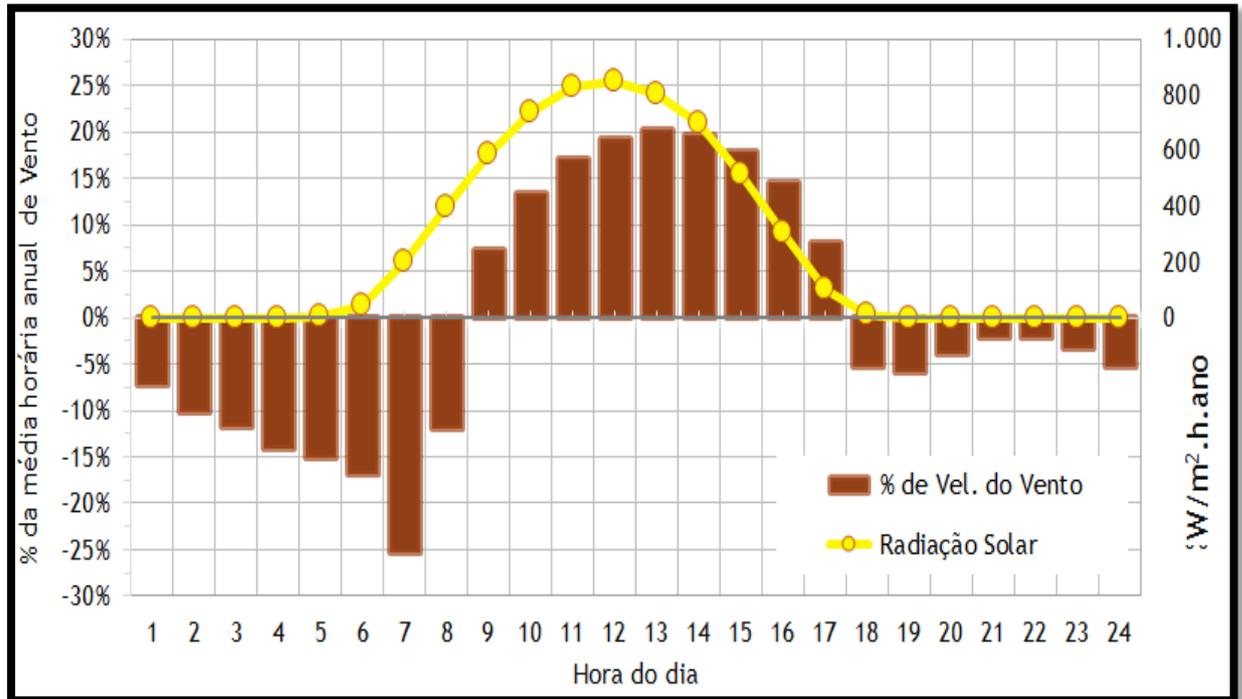


Fonte: (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

4.14.1.1 Ventos em Recife

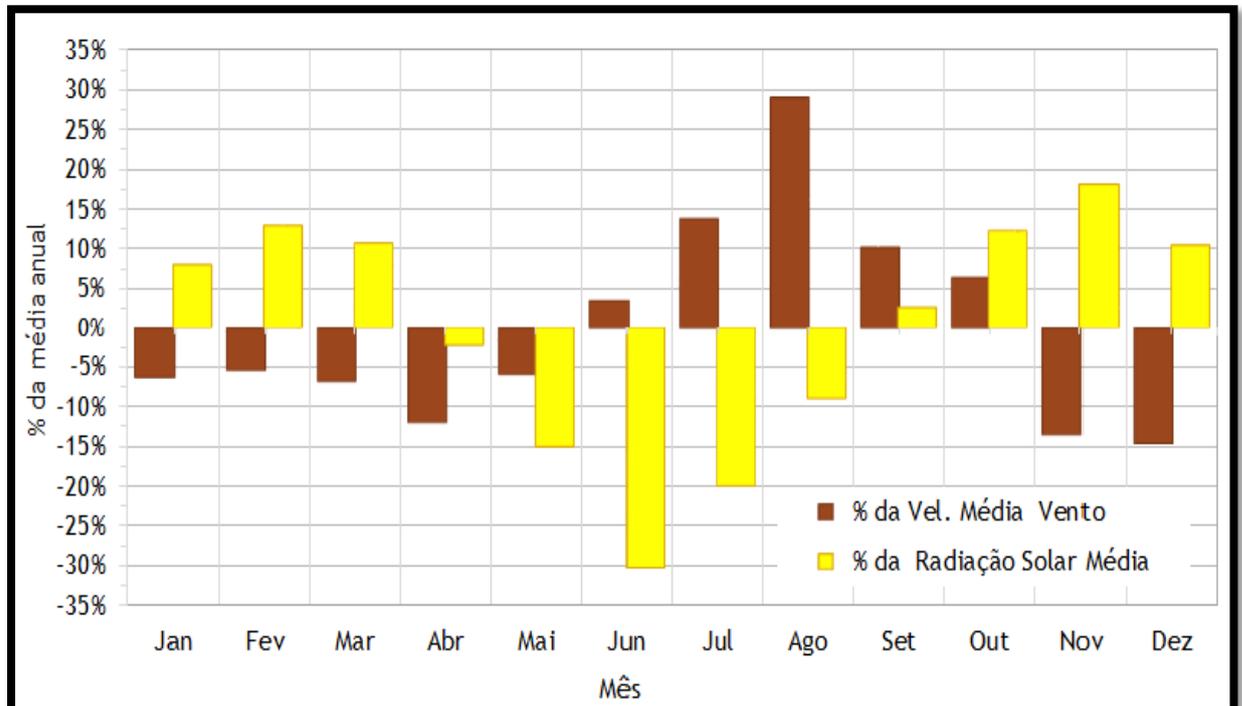
A capital pernambucana recebe os ventos marítimos, brisa marítima, típico do litoral nordestino, descrito pelo movimento de massa de ar frio do mar em direção ao continente que em contato com as terras emersas quentes forma a brisa, mais intensa durante o dia (Figura 16) devido a soma aos ventos alísios e a maior variação do gradiente térmico entre a superfície terrestre e o mar. Ao longo do ano, em geral a temperatura em Recife varia de 23 °C a 31 °C e raramente é inferior a 21 °C ou superior a 34 °C. Relevo com declividade suave (8%). Quanto ao ciclo anual de velocidade dos ventos, o pico se concentra nos meses de julho, agosto (ápice), setembro e outubro e abaixo da média nos meses de novembro a março, conforme Figura 17 (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

Figura 16 - Velocidade média dos ventos durante o dia.



Fonte: (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

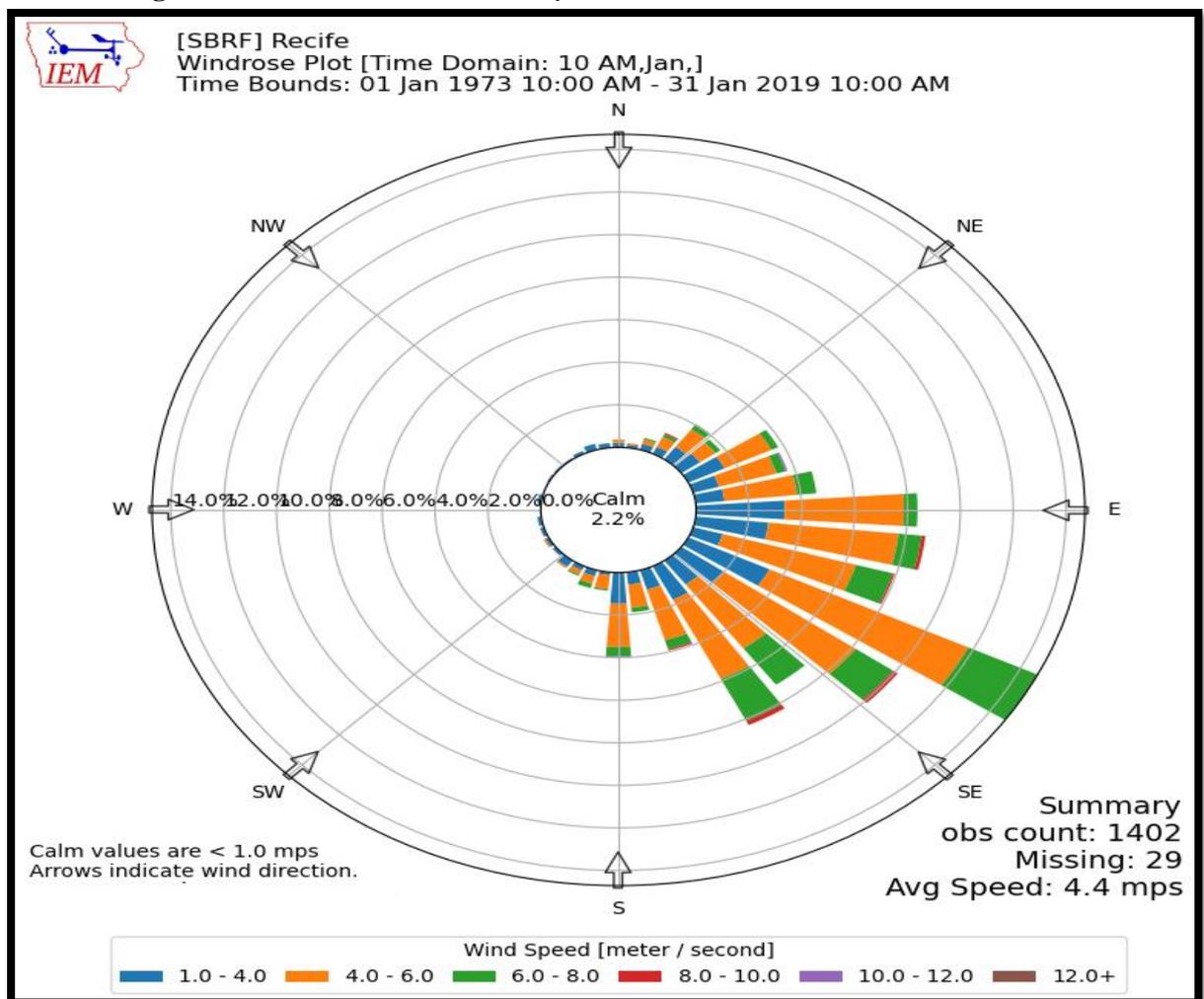
Figura 17 - Velocidade média dos ventos durante o ano.



Fonte: (ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO, 2017).

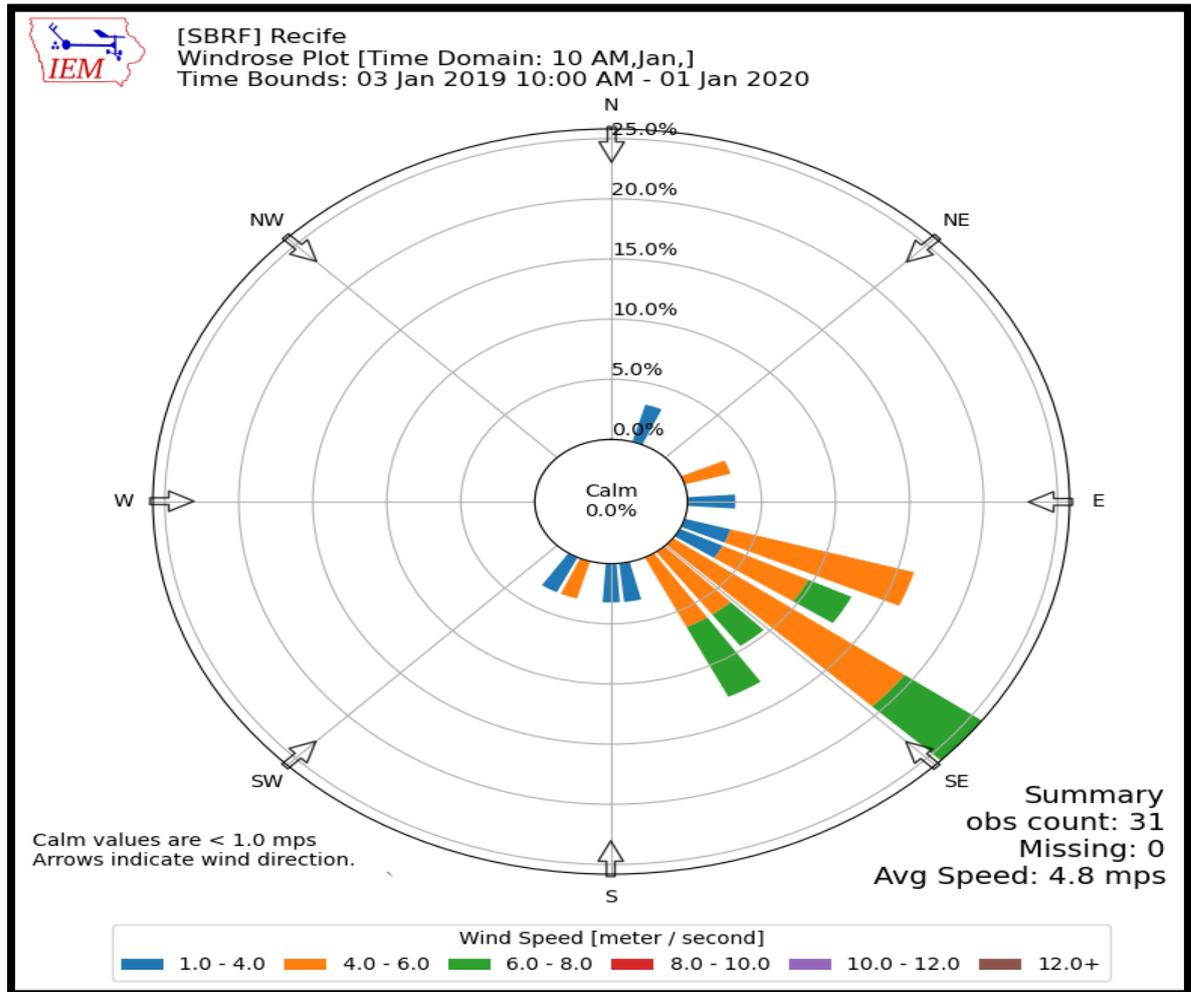
Na rosa dos ventos de Recife referente ao período de 1973 a 2019, os dados registrados de frequência, direção e velocidade dos ventos, conforme Figura 18, apontam para predomínio de ventos fracos. A velocidade média dos ventos no período foi de $4,4 \text{ m/s}^{-1}$, com predominância de frequência de velocidade oscilando entre $4,0 \text{ m/s}^{-1}$ e $6,0 \text{ m/s}^{-1}$, situado no quadrante 2º entre 090° a 180° e direção dos ventos predominantes soprando do lés-sudeste (IOW STATE UNIVERSITY, 2019). No ano de 2019 no período de janeiro a dezembro, conforme a figura 19, a velocidade média foi de $4,8 \text{ m/s}^{-1}$, mantendo-se no quadrante 2º entre 090° a 180° e direção dos ventos predominantemente soprando do sudeste (IOW STATE UNIVERSITY, 2019).

Figura 18 - Velocidade média e direção dos ventos em Recife entre 1973 e 2019.



Fonte: (IOW STATE UNIVERSITY, 2019).

Figura 19 - Velocidade média e direção dos ventos em Recife entre janeiro e dezembro 2019



Fonte: (IOW STATE UNIVERSITY, 2020)

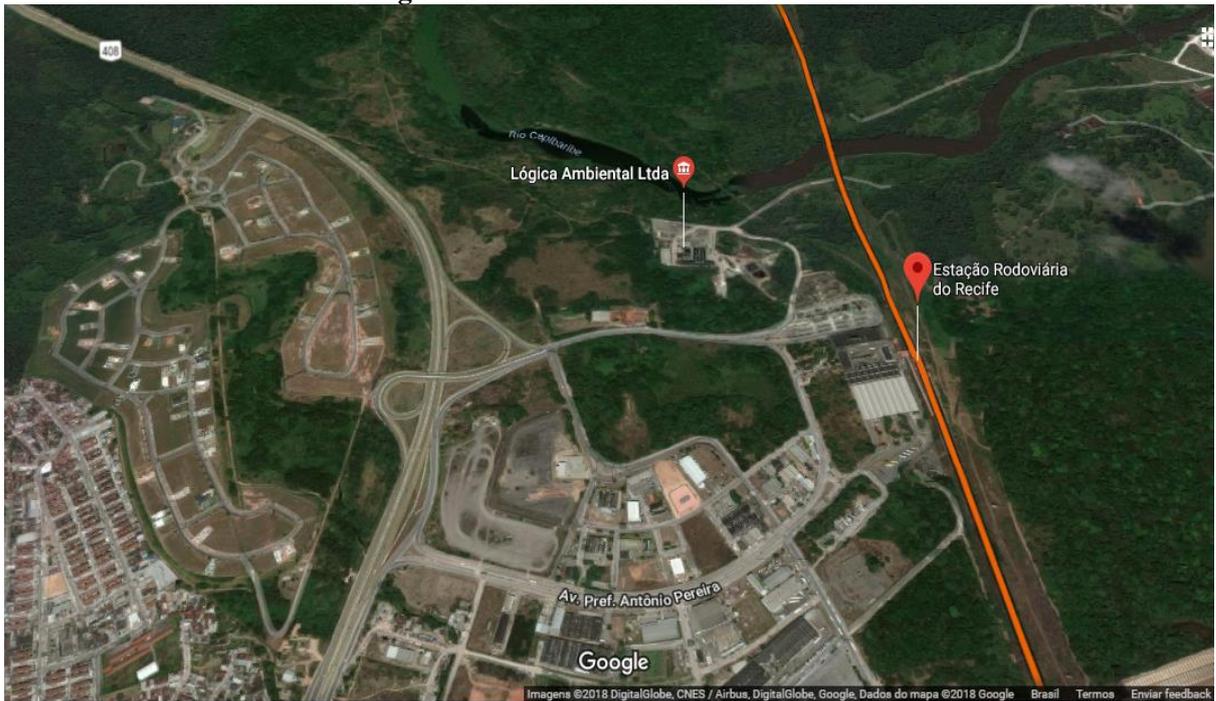
5 METODOLOGIA

O presente estudo incidiu sobre a estação de tratamento de esgoto - ETE Curado, situado em Recife/PE e, dos potenciais locais sob influência incomodante da pluma odorante e permitiu avaliar o impacto do odor da ETE de acordo com a metodologia de modelação da pluma dinâmica - VDI 3940 parte II, na perspectiva de dimensionamento espacial de flutuação da pluma, contemplando áreas habitadas e de circulação de pessoas no entorno do equipamento. A determinação do comprimento e largura da pluma foi restringida, em termos de precisão, devido às características topográficas da região em estudo. A pesquisa aconteceu nos meses de fevereiro a julho de 2019, contou com a presença de 8 painelistas selecionados e qualificados. Para a determinação e arquitetura da pluma foram realizadas marcações em 2220 pontos de registros de presença e ausência da percepção odorífica. As características locais de tempo, orografia e rugosidade nortearam a flutuação da pluma, em períodos distintos do dia, determinada pela direção e força dos ventos. O percurso metodológico aplicado no estudo subsidiou a constituição de um guia prático de aplicação do método VDI 3940-2. O recurso utilizado foi o resumo das etapas e o fluxograma do processo prático.

5.1 Local de estudo

A área estudada foi a estação de tratamento de efluentes, ETE - Curado, localizado na cidade do Recife/PE no bairro do Curado, com geolocalização de latitude 8°3'39.41" e longitude 34°59'5.86", próximo ao terminal interestadual de passageiros – TIP (Figura 19). O entorno composto pelo rio Capibaribe e áreas com vegetação do ecossistema da mata atlântica de preservação permanente (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, 2006). A ETE Curado é um empreendimento operado pela Lógica Ambiental que atua na área de saneamento ambiental e esgotamento sanitário, beneficiando efluente sanitário e compostagem de resíduos Classe II - A (Figura 20).

Figura 20 - Visão aérea da ETE-Curado.



Fonte: Google Maps (2019).

Figura 21 - ETE-Curado.



Fonte: Lógica Ambiental LTDA (ETE, 2018).

5.1.1 Breve histórico da empresa

A Lógica Ambiental é uma empresa que atua no ramo de tratamento de efluentes, líquidos e resíduos orgânicos sólidos e semissólidos desde 2004. Surgiu de uma parceria com MPPE Recife, CPRH, Vigilância Sanitária, Compesa e empresas de limpa-fossa, objetivando viabilização e destino dos resíduos líquidos da atividade econômica deste último empreendimento, já que não havia, até então, empresas que atuassem em tratamento de efluentes para atendimento para o seguimento privado.

5.1.2 A estruturação das etapas e processos de tratamento de resíduos sólidos e líquidos

O fluxograma do processo de tratamento do efluente conta com uma etapa primária que visa a correção de pH, equalização e remoção de sólidos do efluente (tanque de recepção do efluente bruto, gradeamento mecanizado, tanque de equalização e flotodecantador). A segunda etapa é biológica, o tratamento em nível secundário que visa remoção de matéria orgânica (redução de DQO E DBO) através de uma lagoa facultativa e filtro anaeróbio de fluxo ascendente. Visando dar polimento ao efluente tratado, na etapa terciária (decantador secundário quimicamente assistido, flotador, filtros de areia, casa de cloração e desinfecção por ultravioleta) com a finalidade de clarificação e desinfecção do efluente antes de lança-lo no corpo receptor. Com eficiência final anual da ETE Curado para DBO e DQO é superior a 95%. (ETE, 2018).

Paralelamente ao processo de tratamento de efluente, há a atividade de compostagem que processa uma estimativa média mensal de 2.000 m³ de resíduos orgânicos. Há uma divisão desses resíduos em hortifrúti/refeitório e resíduos de processos, que são aqueles que são originadas na fabricação de alimentos/bebidas. Essa divisão é importante por causa do tipo de adubo que será gerado no final do processo e qual legislação será aplicada. O composto orgânico proveniente da compostagem de resíduos de hortifrúti/refeitório não possui restrição de aplicação enquanto o condicionador de solo obtido da compostagem de resíduos de processo industrial e contem lodo de esgoto possui uma aplicação mais restrita (ETE, 2018).

Utiliza-se, de forma combinada, a técnica de compostagem e caleação com cal. Em conformidade com a resolução CONAMA 375/2006. Para redução significativa de patógenos adota-se estabilização com cal, mediante adição de quantidade suficiente para que o pH seja elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de duas horas. Para redução adicional de patógenos adota-se compostagem com revolvimento das leiras (15 dias a 55°C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias ao longo dos 15 do processo) (ETE, 2018).

Quanto à redução da atratividade de vetores na compostagem e na estabilização química, as condições requeridas são:

- Para a compostagem ou outro processo aeróbio, durante o processo, a temperatura deve ser mantida acima de 40° C por pelo menos 14 dias. A temperatura média durante este período deve ser maior que 45°C.

- Para a estabilização com cal, durante o processo, deverá estar a uma temperatura de 25°C, a quantidade de álcali misturada com o lodo de esgoto ou produto derivado, deve ser suficiente para que o PH seja elevado até pelo menos 12 por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas.

5.2 Método de avaliação em campo

Os procedimentos de medição foram feitos usando o regulamento Europeu, VDI 3940 – parte 2, ou seja, o Método da Pluma Odorante, que determina a extensão detectável e reconhecível dos odores de uma fonte específica, mediante inspeção de campo por painel humano selecionado e qualificado. O ano de referência do estudo foi 2019, por um período de nove meses, entre os meses de janeiro e setembro. A técnica de avaliação utilizou o formulário de medição, conforme prevista nesta norma, para apontamento das detecções no formato binário sim/não, constituindo as marcações georreferenciadas da região sob influência detectável de odores da fonte estudada e, a modelagem mensurada da expansão máxima da pluma. A topografia do local, a existência e o distanciamento de áreas verdes, as comunidades circunvizinhas e as condições climáticas locais; foram fatores considerados no estudo.

5.3 Processo de certificação dos avaliadores

No presente estudo, o ASTM E544/2010 e E679/2011 foram usados como métodos de referência para qualificação dos jurados. A norma ASTM prevê como substância de referência o n-butanol, no entanto, não exclui a possibilidade de uso de outra substância odorífica. Para o presente estudo, entre as amostras de controle em branco, utilizou-se como substância de referência a propanona, mais conhecido como acetona, composto orgânico de fórmula química $CH_3(CO)CH_3$ (ISO 16000-28, 2012; VDI 4302 - 1, 2015).

O processo de qualificação foi realizado no Laboratório da Empresa Lógica Ambiental, localizado no bairro do Curado – Recife, sob supervisão da Engenheira Química responsável técnica pelo laboratório. O espaço destinado ao teste sensorial foi configurado tomando como referência a norma ISO 8589 (2007). A sala adaptada a realização do teste obedeceu às condições mínimas de controle, reduzindo os riscos de distorções por influência de efeito físico ou psicológico, mantendo em condições realizáveis de: temperatura, umidade do ar, inexistência de ruídos e redução da presença de outros odores. A área de teste ficou situada perto da área de preparação.

Os parâmetros aplicados na substância de referência foram adaptados para o uso da acetona, conforme segue no Quadro 6:

Quadro 6 - Comparativo da acetona com o n-butanol.

| Parâmetro | Acetona | N-butanol |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PM | 58,08 | 74,12 |
| Densidade de vapor | (ar = 1): 2,0 à 20°C | 2,55 (ar=1) à 20°C |
| Densidade | 0,790 | 0,810 |
| Taxa e evaporação | < 1 (acetato de butila = 1) | 0,46 (acetato de butila=1) |
| Odor | próprio | Próprio |

Fonte: O autor (2020).

I. Cálculos da metodologia referenciada na norma ASTM adaptada a acetona

- i. $C_b = 2,5 \text{ ppmv} = 2,5 \text{ ml}/10^6 \text{ ml}$
- ii. $V_b = 200 \times (2,5 / 10^6) = 0,0005 \text{ ml} = 0,5 \text{ ul}$
- iii. $V_t = 200,0005 \text{ ml} \sim 200 \text{ ml}$
- iv. $M_b = 0,0005 \times 0,790 = 3,95 \times 10^{-4} \text{ g}$
- v. $N_b = 3,95 \times 10^{-4} / 58,08 = 6,800 \times 10^{-6} \text{ moles}$
- vi. $K_h \text{ à } 25^\circ\text{C} = 1,870 \times 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
- vii. $P_b = 1,870 \times 10^{-5} \times 0,0340 = 6,36 \times 10^{-7} \text{ atm}$

II. A dosagens utilizadas de acetona em 200 ml de água destilada.

Tabela 2 - Volumes de acetona utilizados no teste.

| FRASCO | VOLUME | OBSERVAÇÕES |
|--------|-------------------|---|
| 1 | 8 μl | |
| 2 | 16 μl | |
| 3 | 32 μl | |
| 4 | 64 μl | Limite de percepção odorante para acetona |
| 5 | 128 μl | |
| 6 | 256 μl | |

Fonte: O autor (2020).

Tabela 3 - Materiais utilizados.

| Nº | MATERIAIS | ESPECIFICAÇÕES |
|----|-------------------------------------|----------------------|
| 1 | 01 Micropipeta | 5 – 50 μL |
| 2 | 01 Microseringa | 0 - 5 μL |
| 3 | 01 litro de Acetona | PM 58,08 |
| 4 | 20 <i>Erlenmeyers</i> boca estreita | 500 ml |
| 5 | Água destilada | 200 ml por frasco |

Fonte: O Autor (2020).

5.3.1 Seleção dos jurados

Os jurados participantes do processo foram voluntários e não implicou em despesas. No processo de recrutamento dos candidatos, foi noticiado no Instituto Federal de Pernambuco - IFPE a necessidade de voluntários para a realização do teste e posteriormente também contou com o voluntariado de outras instituições de ensino. Efetuou-se o cadastro de cada candidato contendo nome, idade, sexo, e-mail e telefone. Houve a comunicação e o agendamento dos interessados ao teste de seleção e certificação. Os interessados receberam, antecipadamente, via e-mail, código de conduta, nos termos constante no Anexo A.

5.3.2 Proposta de teste de seleção de jurados

O objetivo do teste é a escolha de candidatos que representem uma percepção olfativa mediana da população, no intento de identificar e excluir os postulantes extremamente sensíveis ou insensíveis ao odor de referência (acetona), sem a pretensão de selecionar e formar painelistas especializados. A qualificação dos candidatos tomou como parâmetro a adaptação da normas ASTM E679/2011 e E544/2010. A apresentação do teste se deu da seguinte forma: 06 fileiras de 3 *Erlenmeyers* de 500 mL. Cada uma das fileiras continha 2 *Erlenmeyers* com 200 mL de água destilada (inodora) e um *Erlenmeyer* contendo uma solução de acetona com água destilada, contendo 200 mL. Os *Erlenmeyers* contendo acetona são conhecidos apenas pelo operador do teste de seleção. As concentrações seguiram uma ordem crescente. O candidato ao adentrar na sala de teste recebeu um formulário para apontamento de suas apostas, conforme o Anexo B. No processo de avaliação dos candidatos no teste de qualificação, a aprovação se deu com os seguintes condicionantes:

Condição 1:

A aposta assertiva do candidato do recipiente com a concentração de 64 µl da escala de diluição da acetona em água, equivalente ao LPO, conforme adaptação da norma americana ASTM E544/2010.

Condição 2:

A maior eficiência de aprovação acontecerá se os aprovados no teste qualificação tiverem seu Limite de Percepção Individual for identificado com preponderância de acertos entre as concentrações 32 µl e 128 µl, da escala, segundo a adaptação da norma americana ASTM E544/2010.

Condição 3:

O candidato será reprovado se o resultado da avaliação individual resultante do cálculo do logaritmo de base 10 estiver fora dos limites definido pelo desvio padrão (calculado pela média do conjunto dos resultados do logaritmo de base 10 do grupo de avaliadores), conforme a adaptação da norma americana ASTM E679/2011.

A convocação de candidatos resultou no interesse de 17 pessoas, sendo 9 do sexo feminino e 8 do sexo masculino, com idade entre 20 e 59 anos; o quantitativo real de 12 participantes no teste, com 03 desistências pós-teste e uma reprovação, totalizando 8 painelistas efetivamente qualificados, conforme apresentados sinteticamente no Quadro 8. O resultado final da seleção, conforme os critérios advindos de adaptações das normas ASTM E679/2011, ASTM E544/2010 e dos condicionantes, foram 11 candidatos qualificados para composição do painel humano de avaliadores de odores em campo e 1 reprovado, conforme a aplicação dos cálculos constante na norma ASTM E679 presentes no Quadro 7 devido ao não atendimento das condicionantes 1 e 3.

Quadro 7 - Julgamentos sensoriais de doze candidatos de amostras de acetona diluída em água destilada.

| Candidatos | Julgamento das seis concentrações de acetona (µl) | | | | | | Resultados - LPO dos candidatos | | |
|--|---|-------|-------|-------|--------|--------|---------------------------------|----------------|-----------|
| | 8 µl | 16 µl | 32 µl | 64 µl | 128 µl | 256 µl | Valor (MG) | Log10 do valor | Situação |
| 1 | + | + | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 2 | 0 | + | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 3 | + | 0 | + | + | + | + | 22,63 | 1,35 | aprovado |
| 4 | 0 | + | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 5 | + | 0 | + | + | + | + | 22,63 | 1,35 | aprovado |
| 6 | 0 | + | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 7 | + | 0 | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 8 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 9 | + | 0 | 0 | + | + | + | 45,25 | 1,66 | aprovado |
| 10 | + | 0 | + | + | + | + | 22,63 | 1,35 | aprovado |
| 11 | + | 0 | + | + | + | + | 22,63 | 1,35 | aprovado |
| 12 | + | + | + | 0 | 0 | + | 181,02 | 2,26 | reprovado |
| Média Geométrica (MG) das Apostas dos Candidatos (GAC) | | | | | | | $\sum \log_{10}$ | 19,27 | |
| | | | | | | | Média ($\sum \log_{10}/12$) | 1,61 | |
| | | | | | | | Média (GAC) | 78,28 | |
| | | | | | | | DP (log10) | 0,25 | |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 8 – Resumo sintético dos resultados.

| PARÂMETRO | | RESULTADOS | |
|-----------|---|------------|--------|
| | | Proporção | % |
| 1 | Total de candidatos participantes | 11/17 | 64,70% |
| 2 | Total de candidatos reprovados | 1/11 | 9% |
| 3 | Total de candidatos do sexo feminino | 8/11 | 72,72% |
| 4 | Total de candidatos do sexo masculino | 3/11 | 27,28% |
| 5 | Total de candidatos do sexo feminino aprovados | 8/11 | 72,72% |
| 6 | Total de candidatos do sexo masculino aprovados | 2/11 | 18,18% |
| 7 | Total de candidatos desistentes | 3/11 | 27,28% |

Fonte: Autor (2020).

5.4 Caracterização climatológica local

A estação de coleta de dados meteorológicos foi limitado a um ponto específico próximo ao local de estudo, situado no bairro da Várzea – estação meteorológica do Recife (A301) (: : INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA :, [s.d.]). Foram utilizados dados da variável vento (velocidade e direção) apresentados no formato de rosa dos ventos, no período de fevereiro a julho de 2019, obtidos no banco de dados (metadados) e software *online* da instituição de ensino Iowa State University - *College of Agriculture and Life Sciences* (IOW STATE UNIVERSITY, 2019) e dados sobre as condições do tempo através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

5.5 Mensuração da amplitude dos odores (método da pluma dinâmica)

As medições da pluma de odores na região de influência da fonte foram realizadas em 6 meses, de fevereiro a julho de 2019. Os eixos de medição não foram lineares, uma vez que as condições locais, não permitiram a localização dos assessores em todas as localidades, devido à dificuldade de acesso em áreas vegetadas e de corpos d'água, no entanto, uma vez que todos os pontos de medição foram devidamente referenciados, este fato não se obstaculizou o trabalho desenvolvido. A investigação em campo seguiu a orientação da norma europeia VDI 3940 parte 2 e as etapas da pesquisa são resumidas da seguinte forma:

- I. Convocação e seleção de painelistas;
- II. Treinamento da equipe de painelistas aprovados em teste de qualificação;
- III. Estabelecimento de equipe de painelistas composta com 8 (oito) membros, subdivididos em duplas e dispostos em áreas distintas previamente planejadas em dias com condições climatológicas estáveis;
- IV. Realização de visita técnica com os painelistas para o reconhecimento e familiarização do tipo de odor emitido na ETE Curado. O caráter odor era característico das lagoas de tratamento de esgoto, ou seja, estagnado e azedo com um leve caráter fecal;
- V. Distribuição das equipes, subdividida em duplas, dispostas em áreas distintas do raio de influência da fonte emitente de odores (de dentro pra fora) partindo de uma distância de 150 metros da fonte e posteriormente as avaliações ocorreram a cada 50 metros equidistante do ponto anterior, avançando até o

encontro dos pontos de intercessão da presença e ausência de odor. Os painelistas foram dispostos no espaço perpendicularmente à direção do vento em várias linhas de interseção e distâncias previamente planejadas. Áreas com a presença de mata atlântica protegida, relevo obtuso e de corpos d'água foram excluídas da investigação. A investigação de percepção em campo da presença/ausência de odor procedeu em períodos diferenciados (manhã - tarde - noite), no raio territorial máximo de 2.000 metros da fonte, contemplando as seguintes localidades¹⁰: terminal integrado do Recife (TIP); comunidade japonesa; partes da rodovia BR 408; complexo industrial do Curado e; áreas residenciais do Curado IV e Alphaville (Figura 21);

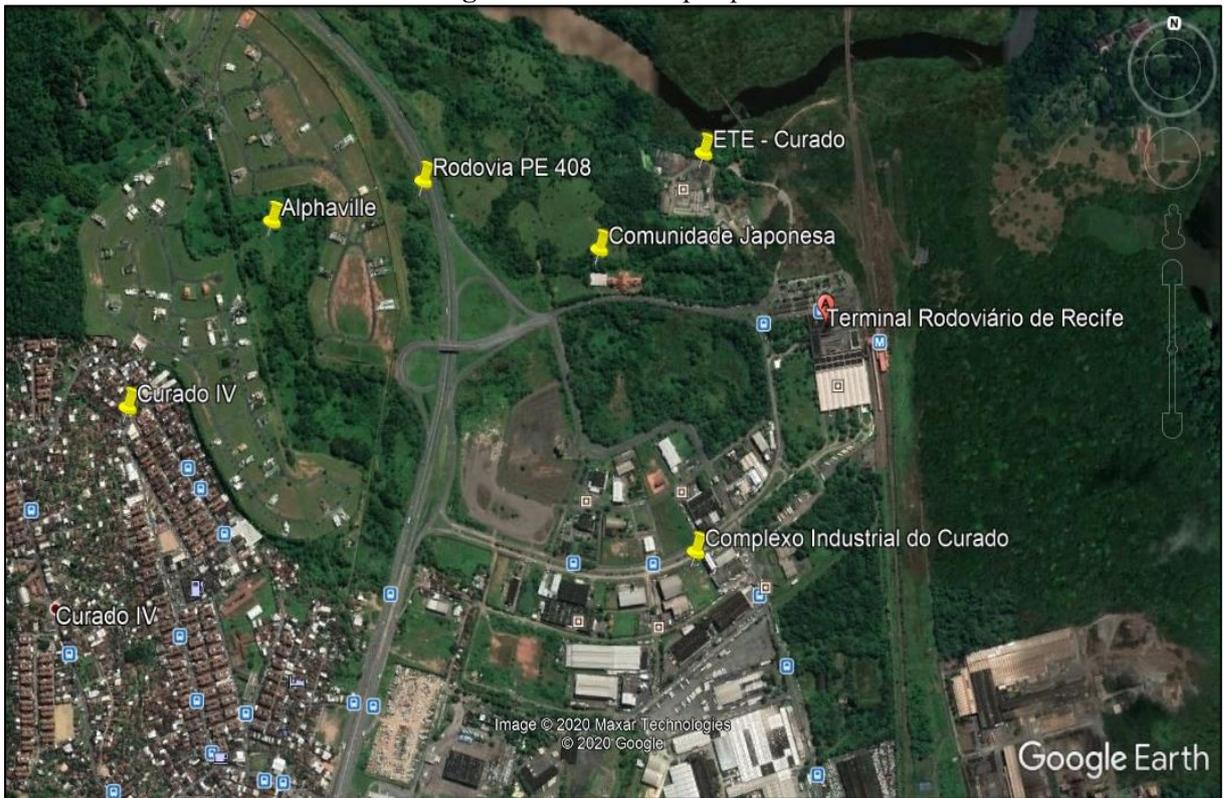
- VI. Anotação em formulário padrão (ANEXO C) de ocorrências da presença ou ausência de odor (sim/não), contemplando até 8 (oito) ciclos mensais de medições. Cada medição se concentrou numa localidade, que posteriormente foi revisitada. Os ciclos de medição foram concluídos no máximo em duas horas de duração. O lapso temporal de investigação compreendeu o período entre os meses de janeiro e setembro do ano de 2019;
- VII. As marcações dos pontos de transição de presença e ausência de odor foram procedidos por georreferenciamento (latitude/longitude), por tecnologia de posicionamento global (GPS¹¹), mediante o uso do aplicativo de celular C7¹², para reunião de conjunto de dados de detecção ou não de odor para posterior plotagem da pluma dinâmica;
- VIII. Nos ciclos de medição foram aferidos e registrados previamente às condições meteorológicas, sobrelevando a direção, velocidade do vento e episódio de chuva para o norteamento da alocação do painel humano no território investigado.

¹⁰ Os pontos de coleta de percepção de odores foram priorizados pelo nível de presença de odor, conforme orientação e conversas com membros da comunidade e do corpo técnico responsável pela operação da estação de tratamento de efluentes.

¹¹ Sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição em qualquer horário e em qualquer condição climática.

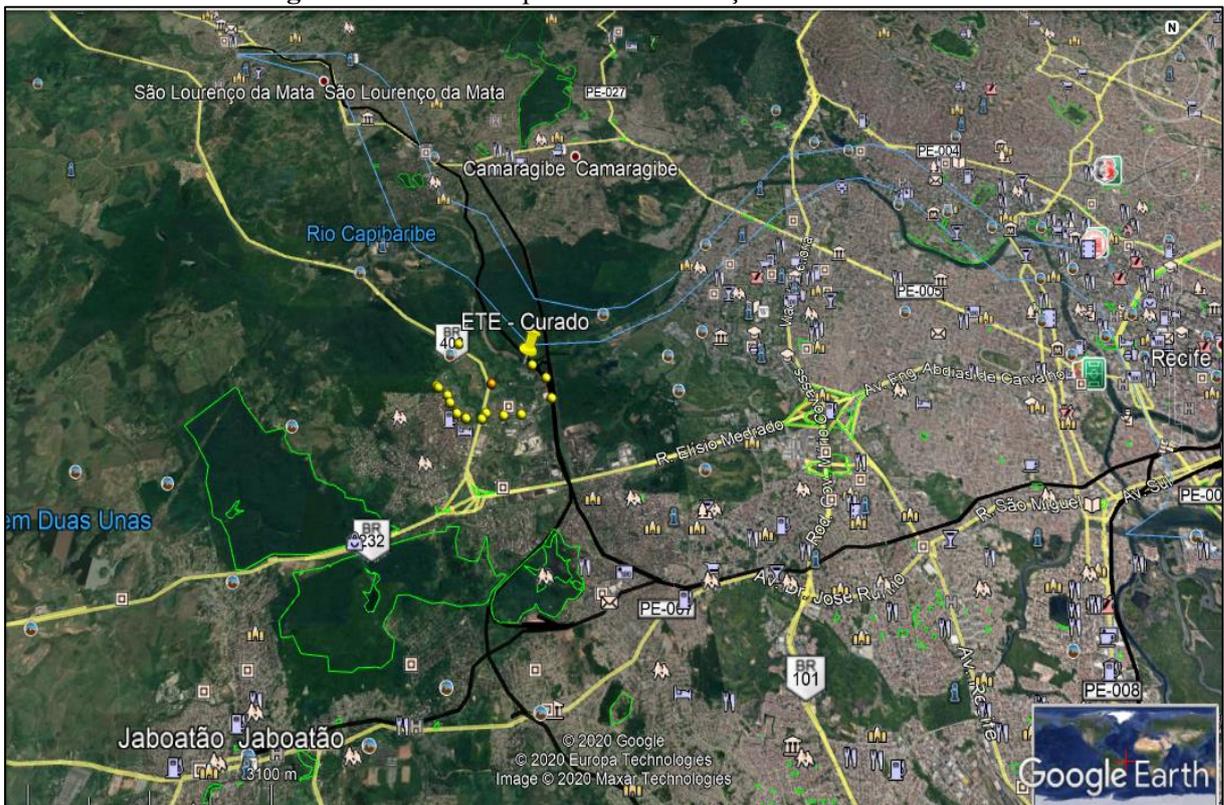
¹² C7 – Aplicativo desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://play.google.com>. Acesso em: 10 ago. 2019.

Figura 22 - Área de pesquisa



Fonte: Google Earth (2020).

Figura 23 – Visão ampliada de localização da ETE Curado



Fonte: Google Earth (2020).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

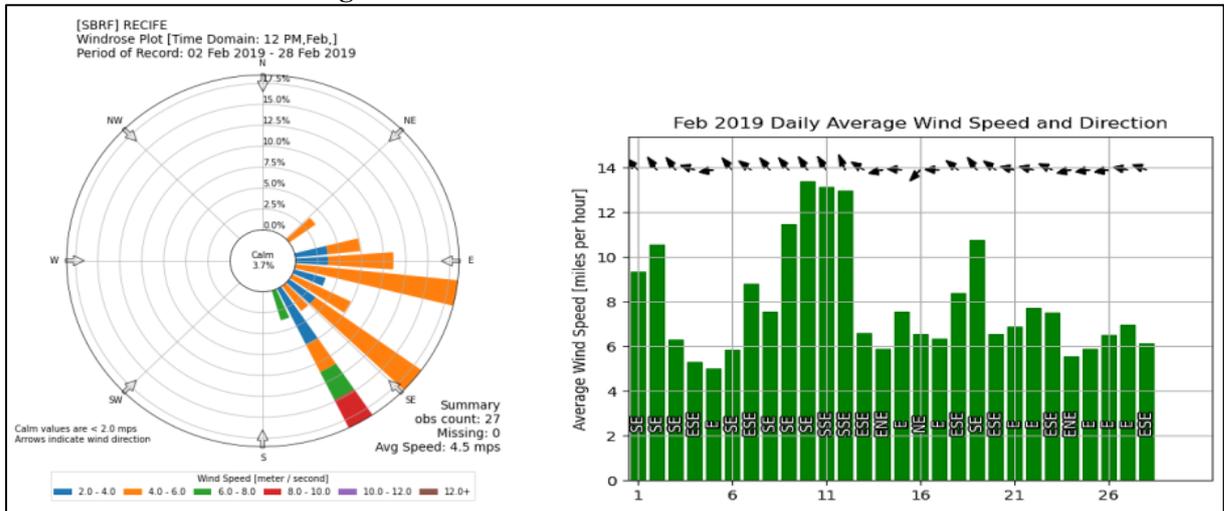
A seguir são apresentados os resultados obtidos nas inspeções em campo. As informações de direção e velocidade do vento (rosa dos ventos) para os meses de monitoramento procedido pela ferramenta gratuita, disponível *on line*, no site da instituição americana de ensino, Iowa State University e, com o perfil climatológico local resultante dos dados da APAC. A seleção dos painelistas, conforme os critérios e adaptações das normas ASTM E679/2011, ASTM E544/2010. A modelagem da pluma de odor, norteadada pela norma VDI 3940 parte II, resultante dos dados coletados no território de influência da pluma e a mensuração procedida por georreferenciamento (GPS) pelo aplicativo C7. E a iconografia e edição dos mapas circunstanciados de flutuação da pluma produzidos pela ferramenta *on line* fornecida no site do Google *Eath*.

6.1 Caracterização da velocidade e direção do vento

O período de estudo transcorreu no lapso temporal de fevereiro a julho do ano de 2019. A análise procedida mediante o registro de dados de direção predominante no formato de porcentagem (%). O registro de dados no período considerou a velocidade média, mensuradas por metros por segundo (m/s^{-1}). O perfil de temperatura na microrregião apresentou uma variação de 24°C a 29°C , com baixas temperaturas no período noturno e temperatura média durante o dia de 26°C . A velocidade média apurada no período correspondeu a $4,9\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 28). A força dos ventos predominante no período foi de 3, segundo a escala *Beaufort* de classificação de intensidade dos ventos, descrita como vento fraco, ou seja, a transferência de energia cinética apenas capaz de produzi a movimentação das folhas das árvores (Quadro 9). Estas características locais de regime de ventos, apuradas no lapso temporal de estudo, se aproxima da média da velocidade dos ventos de $4,8\text{ m/s}^{-1}$ (figura 18). Em fevereiro a maior frequência (28%) das observações foram de ventos sudeste (SE) e velocidade média de $4,5\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 23); março a maior frequência (33%) das observações permaneceu de ventos sudeste (SE) e velocidade média de $4,9\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 22); abril a maior frequência (30%) das observações foram de ventos sul-sudeste (SSE) e velocidade média de $4,1\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 24); maio a maior frequência (43%) das observações foi mantida em ventos sul-sudeste (SSE) e velocidade média $4,7\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 25); junho a maior frequência (50%) das observações foi mantida de ventos sul-sudeste (SSE) e velocidade média de $5,6\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 25) e; julho a maior frequência (41%) das observações foi mantida de ventos sul-sudeste (SSE) e velocidade média de $5,3\text{ m/s}^{-1}$ (Figura 25). A velocidade mensal mínima registrada no período foi observada

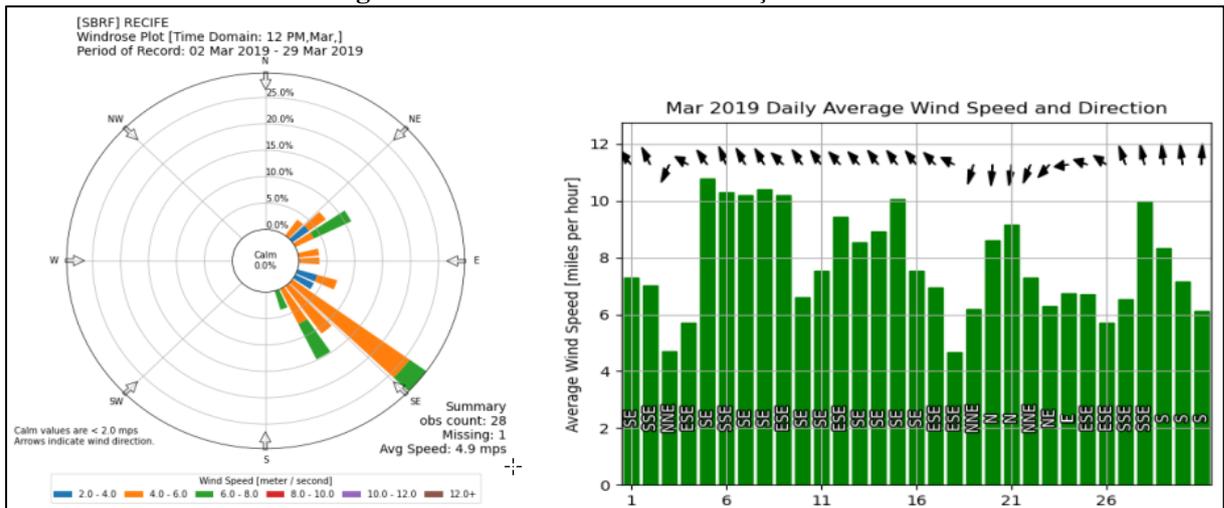
em abril com $4,1 \text{ m/s}^{-1}$ e a velocidade máxima em junho com $5,6 \text{ m/s}^{-1}$. A predominância da direção dos ventos no período foi de sul-sudeste (figura 29).

Figura 24 - Rosa dos ventos de fevereiro de 2019.



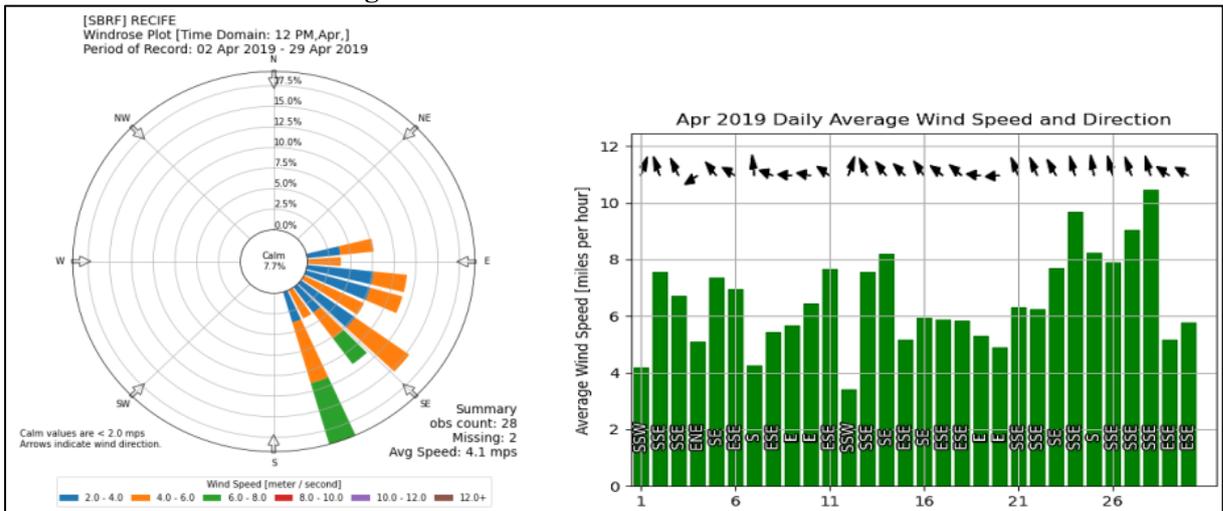
Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 25 - Rosa dos ventos de março de 2019.



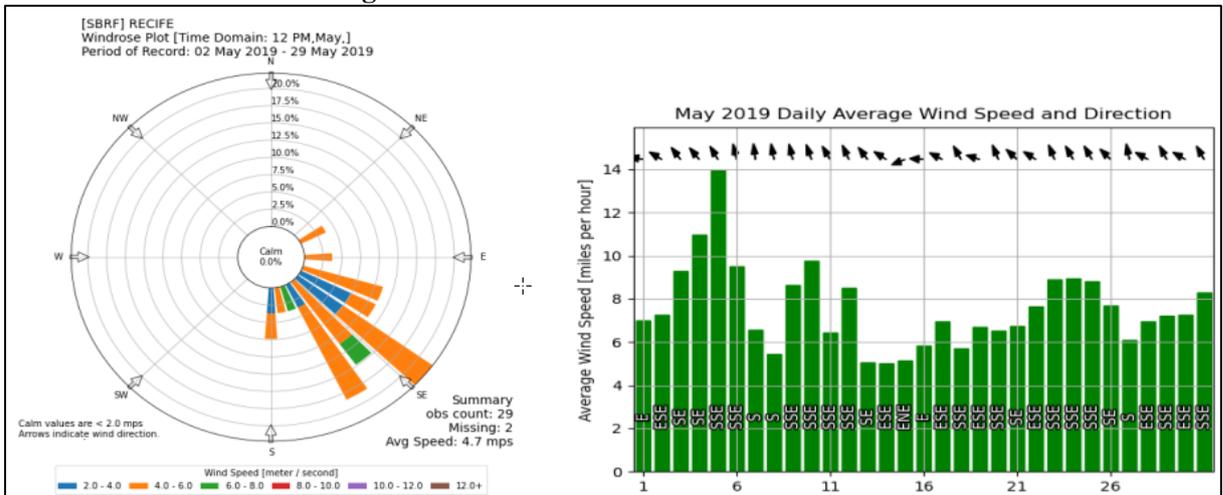
Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 26 - Rosa dos ventos de abril de 2019.



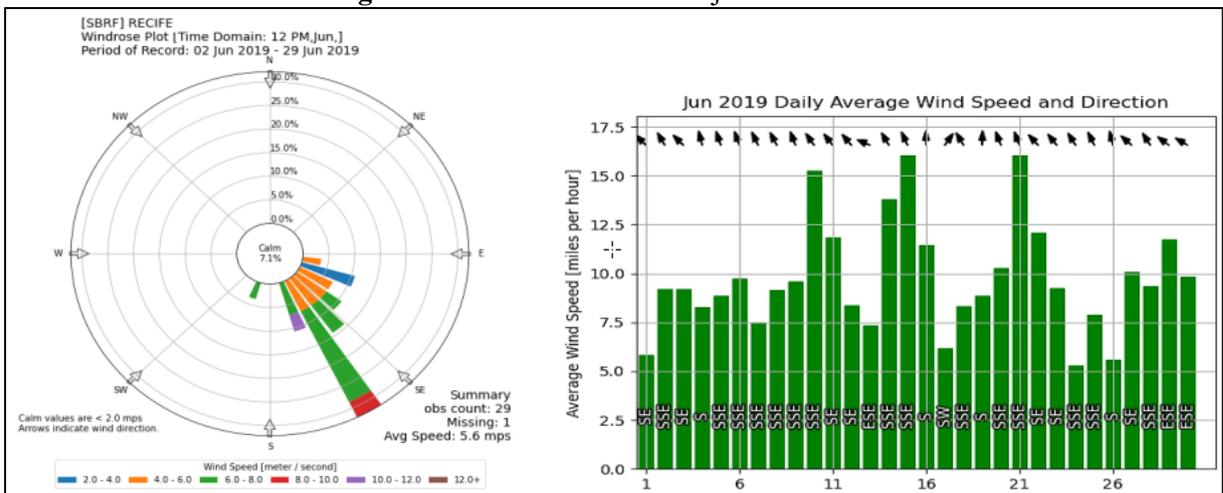
Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 27 - Rosa dos ventos de maio de 2019.



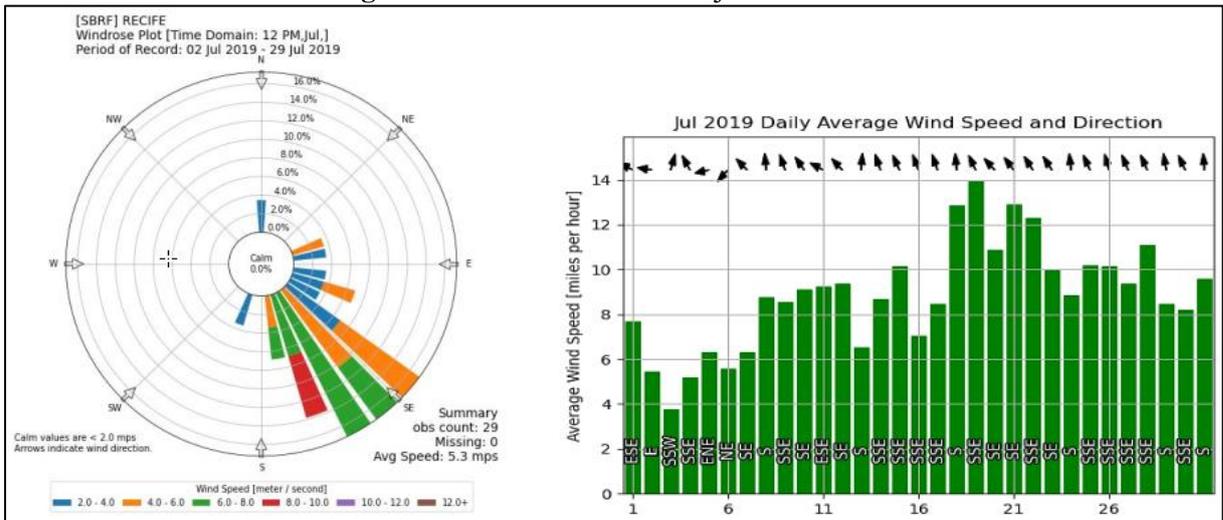
Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 28 - Rosa dos ventos de junho de 2019.



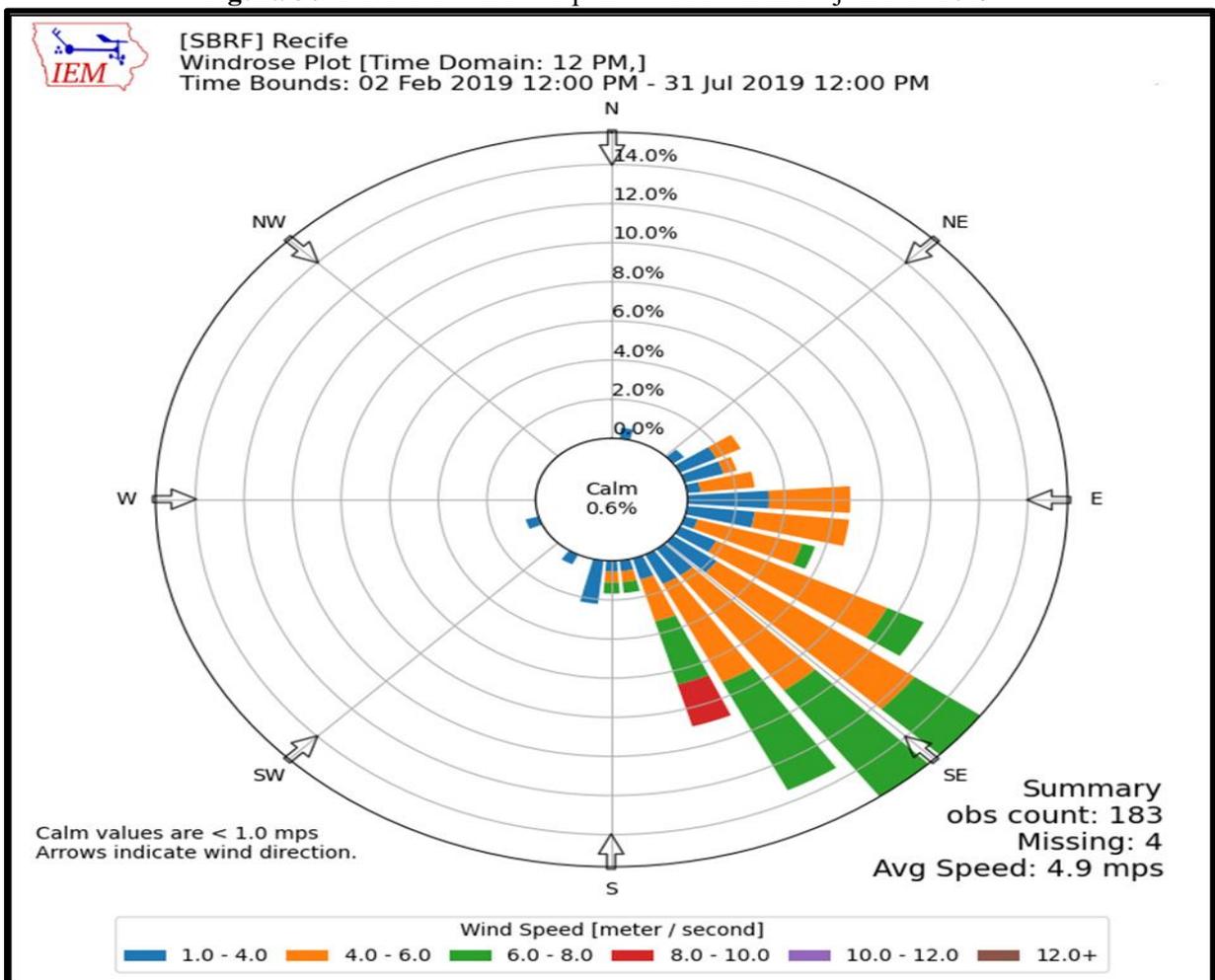
Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 29 - Rosa dos ventos de julho de 2019.



Fonte: Iowa State University (2019).

Figura 30- Rosa dos ventos do período de fevereiro a julho de 2019.



Fonte: Iowa State University (2019).

Durante os meses de junho a setembro, o fluxo de radiação solar é intensificado e

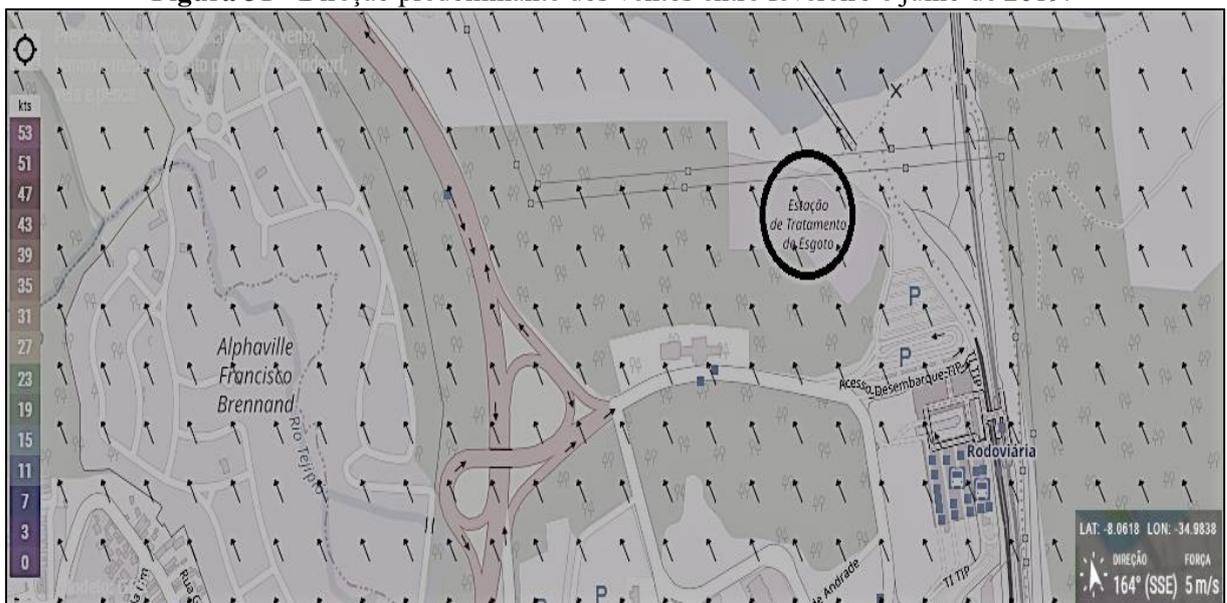
consequentemente aquece a superfície terrestre, fornecendo energia cinética, com isso o ar quente mais leve do que o ar frio tem a tendência a subir, criando ciclos mais intensos de movimentação de parcelas de ar. Os ventos oscilaram com velocidades entre $5,3 \text{ m/s}^{-1}$ e $5,9 \text{ m/s}^{-1}$ e velocidade média de $5,6 \text{ m/s}^{-1}$ (figura 17), sendo mais intenso do que a média de $4,8 \text{ m/s}^{-1}$ (figura 18), apurada durante os doze meses do ano (superior em 16%). No entanto, a maior velocidade dos ventos no descolamento de parcelas de ar no micro período avaliado não altera a força dos ventos, mantendo-se na escala 3 de Beaufort, por estar situada no intervalo de velocidades entre $4,0 \text{ m/s}^{-1}$ e $6,0 \text{ m/s}^{-1}$.

Quadro 9 - Predominância de direção e velocidade do vento no período de fevereiro a julho de 2019.

| Nº | Mês | Direção | Percentual (%) | Velocidade média (m/s) | Escala de Beaufort | Descrição Beaufort |
|----|-----------|---------|----------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | FEVEREIRO | SE | 28% | 4,5 m/s | 3 | Fraco |
| | | ESSE | 25% | | | |
| 2 | MARÇO | SE | 33% | 4,9 m/s | 3 | Fraco |
| | | ESSE | 23% | | | |
| 3 | ABRIL | SSE | 30% | 4,1 m/s | 3 | Fraco |
| | | ESE | 27% | | | |
| 4 | MAIO | SSE | 43% | 4,7 m/s | 3 | Fraco |
| | | ESE | 23% | | | |
| 5 | JUNHO | SSE | 50% | 5,6 m/s | 3 | Fraco |
| | | SE | 23% | | | |
| 6 | JULHO | SSE | 43% | 5,3 m/s | 3 | Fraco |
| | | S | 20% | | | |

Fonte: O autor (2020).

Figura 31 - Direção predominante dos ventos entre fevereiro e julho de 2019.

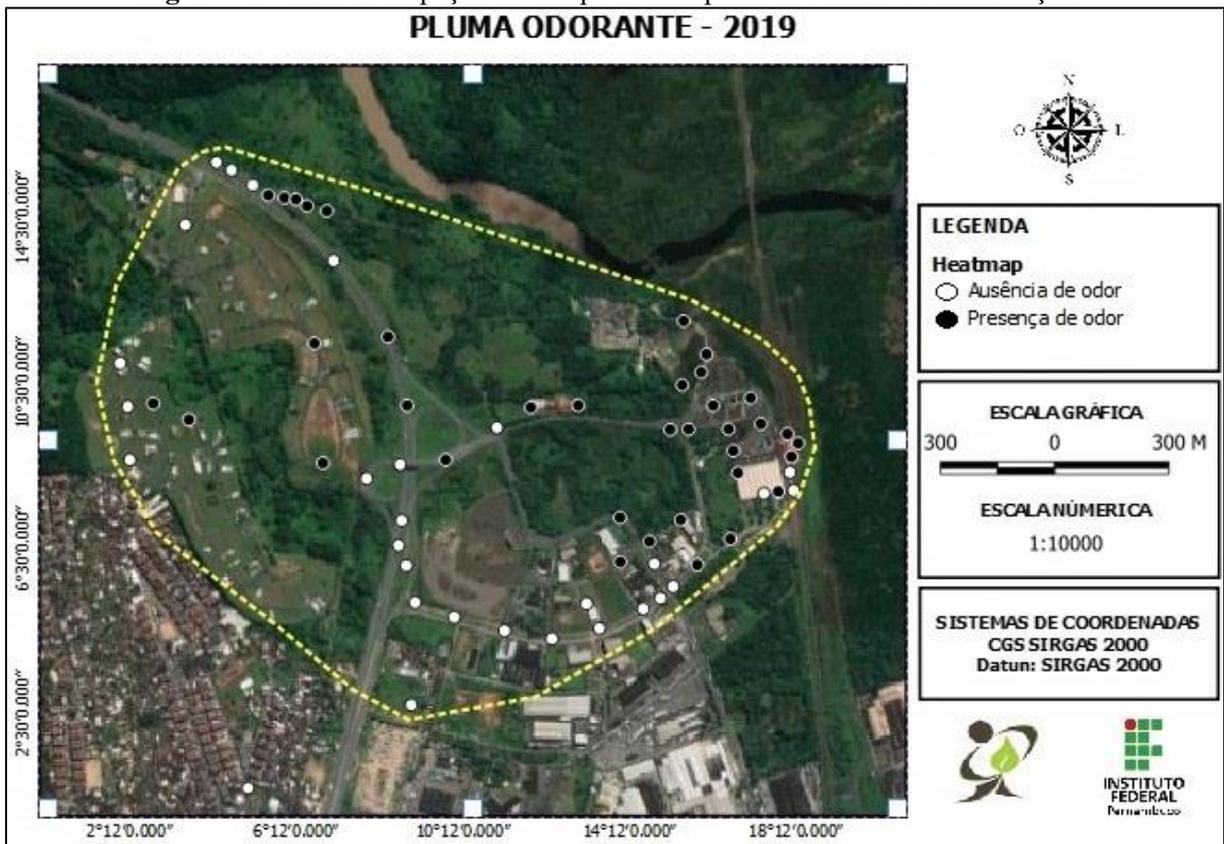


Fonte: Adaptado (WINDFINDER, 2020).

6.2 A mensuração dos limites geográficos de flutuação da pluma odorante

Os resultados das pesquisas de inspeção de campo foram processados compilando as informações contidas nos formulários preenchidos pelos painelistas com os traços dos percursos cobertos registrados por meio do sistema de georreferenciamento (GPS). Nos ciclos de medição, somente os pontos de marcações significativos foram relatados em um mapa, conforme recursos de visualização e edição de mapas pelo *Google Earth* (GOOGLE, 2019), indicando com cores diferentes os pontos em que a presença de odores reconhecíveis provenientes da fonte sob investigação (odor da ETE Curado) foi percebido (ponto preto) e aqueles onde a presença de odores reconhecíveis provenientes da fonte sob investigação não foi percebida (ponto branco). A área inspecionada nos ciclos de mensuração contemplou diversos locais do território de pesquisa, conforme a região delimitada pelo tracejado na cor amarela no mapa (Figura 30), exceto os locais com as características topográficas limitantes. A distribuição estratégica de posicionamento dos painelistas em áreas do território investigado, a partir do entorno da ETE Curado, procedeu da seguinte forma: no terminal integrado de passageiros – TIP (lat. -8.064972 e long. -34.981402) nas áreas de estacionamento, entrada da ETE Curado, acessos de veículos, interior do TIP e sua parte externa limitada pela vegetação; complexo industrial do Curado (lat. -8.068683 e long. -34.986434) na avenida Prefeito Antônio Pereira e nas Ruas Min. Mário Andreaza e Poeta Carlos Drumond de Andrade; no entorno e interior da Associação Cultural Japonesa do Recife (lat. -8.063176 e long. -34.986532); na rodovia BR 408 no trecho compreendido entre o acesso da rua Girassol (lat. -8.070699 e long. -34.991473) e próximo ao acesso do condomínio Alphaville (lat. -8.057266 e long. -34.995128); no Curado IV (lat. -8.066674 e long. -34.995816) nas ruas Girassol, Dois, Três e Sete; no condomínio Alphaville (lat. -8.063622 e long. -34.997296) da rua 01 a rua 08.

Figura 32 - Área de inspeção de campo contemplada nos ciclos de mensuração.



Fonte: O autor (2020).

6.2.1 Determinação da extensão da pluma

A área estimada do território de movimentação da pluma totalizou 9.836 m² (Figura 32). A inspeção de campo com resultados objetivos situou-se com extensão máxima de 1331 metros da fonte, ETE Curado, (Quadro 10) e a extensão total dos pontos equidistantes pesquisados desde o TIP até o Alphaville mediu 1762 metros de comprimento e a largura da pluma, que por característica é deformada, apresentou um estreitamento no centro, sendo irregular em três principais pontos: o primeiro na região do TIP com 686 metros; o segundo, BR 408, com 253 metros e o terceiro, na comunidade do Alphaville, com 802 metros. A largura média da pluma de 580 metros (Figura 32). As marcações resultantes das inspeções de campo realizadas pelos painelistas totalizaram 2220 registros (Quadro 10), deste total, com 774 inspeções com identificação de presença de odor (35%), com uma média de identificação da presença de odor, por painalista, de 129 marcações (17%). Quanto da relação entre o quantitativo de marcações e o quantitativo de identificação exitosa de odor, parametrizado em percentual, a inspeção em campo indicou ausência da presença de odor (0%) no Curado IV;

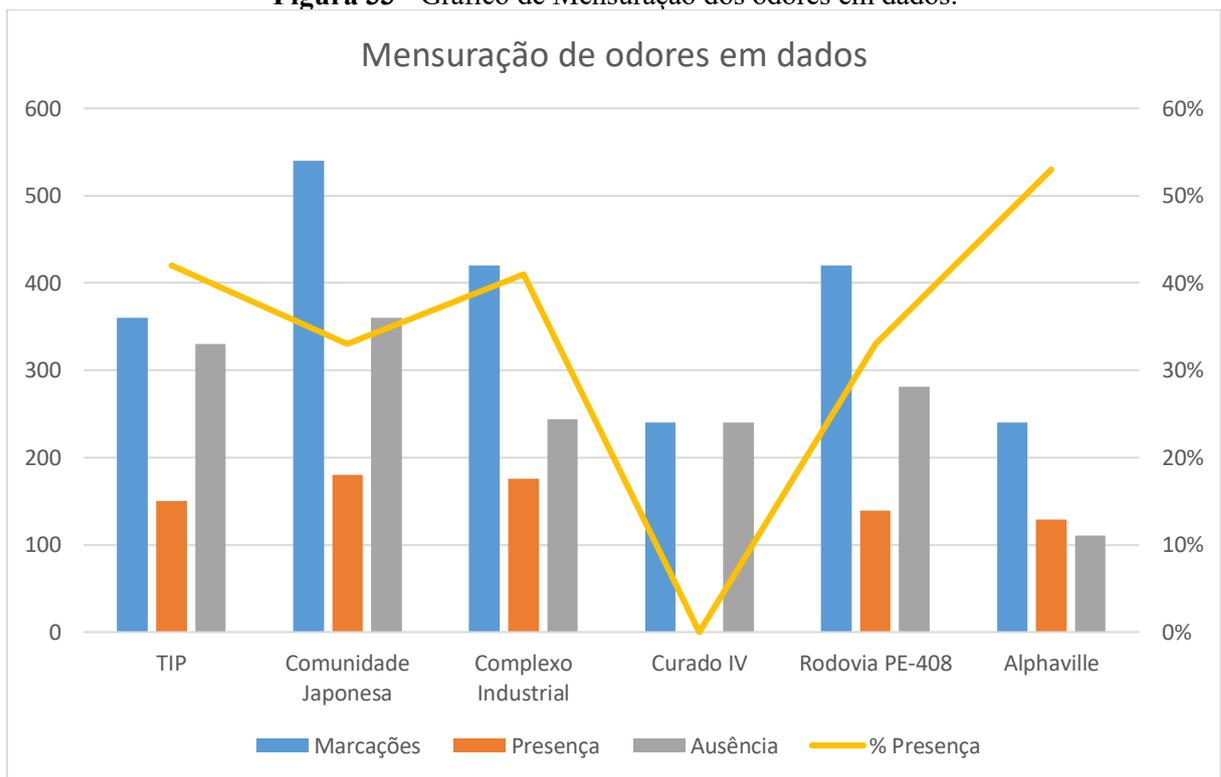
percentuais semelhantes na rodovia BR 408 e Comunidade Japonesa (33%); complexo industrial (41%); TIP (42%) e o maior percentual (53%) no condomínio do Alphaville (Figura 31).

Quadro 10 - Percentual de percepção de odores

| Nº | LOCAL | MENSURAÇÃO DE ODORES EM DADOS | | | | |
|----|---------------------|-------------------------------|------------|-------------|------------|--------------------|
| | | Marcações | Presença | Ausência | % Presença | Distância da Fonte |
| 1 | TIP | 360 | 150 | 330 | 42% | 431 metros |
| 2 | Comunidade Japonesa | 540 | 180 | 360 | 33% | 296 metros |
| 3 | Complexo Industrial | 420 | 176 | 244 | 41% | 627 metros |
| 4 | Curado IV | 240 | 0 | 240 | 0% | 1331 metros |
| 5 | Rodovia BR-408 | 420 | 139 | 281 | 33% | 762 metros |
| 6 | Alphaville | 240 | 129 | 111 | 53% | 1284 metros |
| 7 | TOTAL | 2220 | 774 | 1566 | 35% | - |

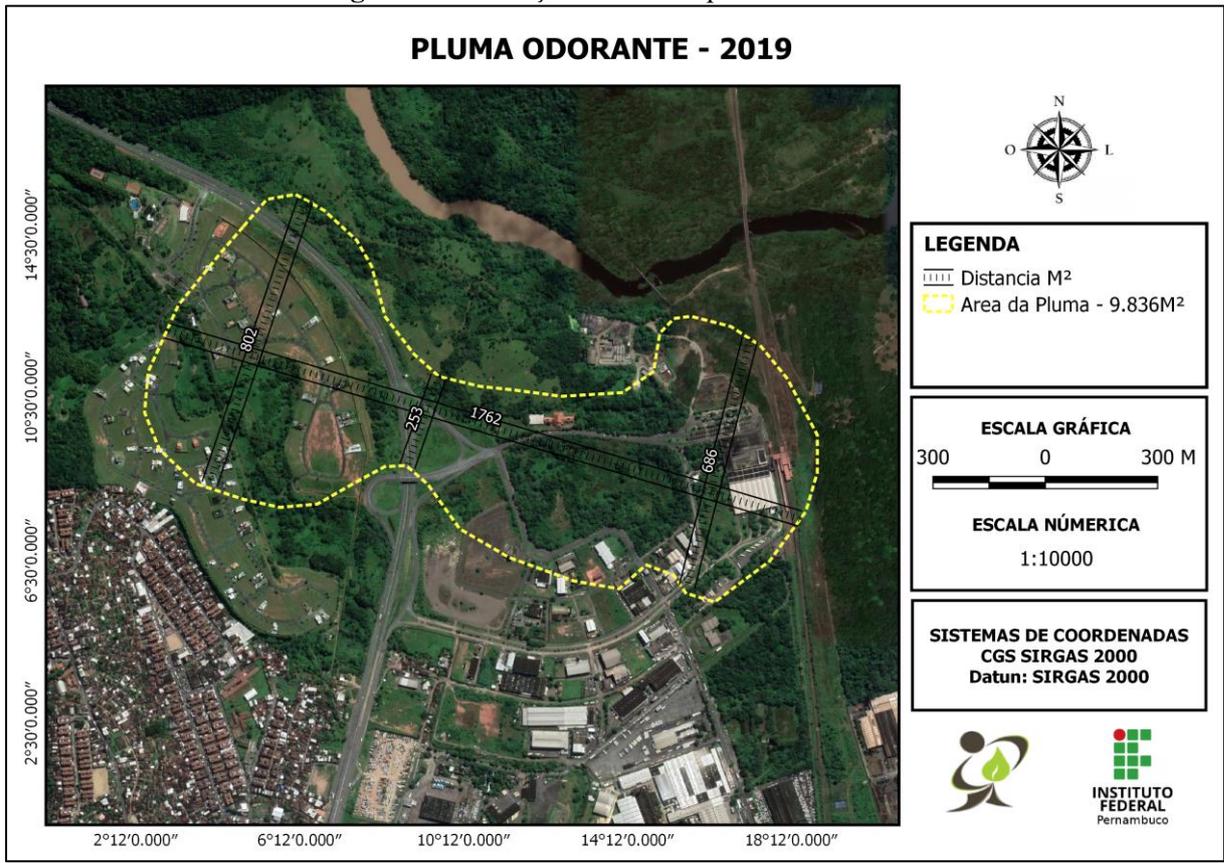
Fonte: O autor (2020).

Figura 33 - Gráfico de Mensuração dos odores em dados.



Fonte: O autor (2020).

Figura 34 - Medição do raio da pluma odorante.

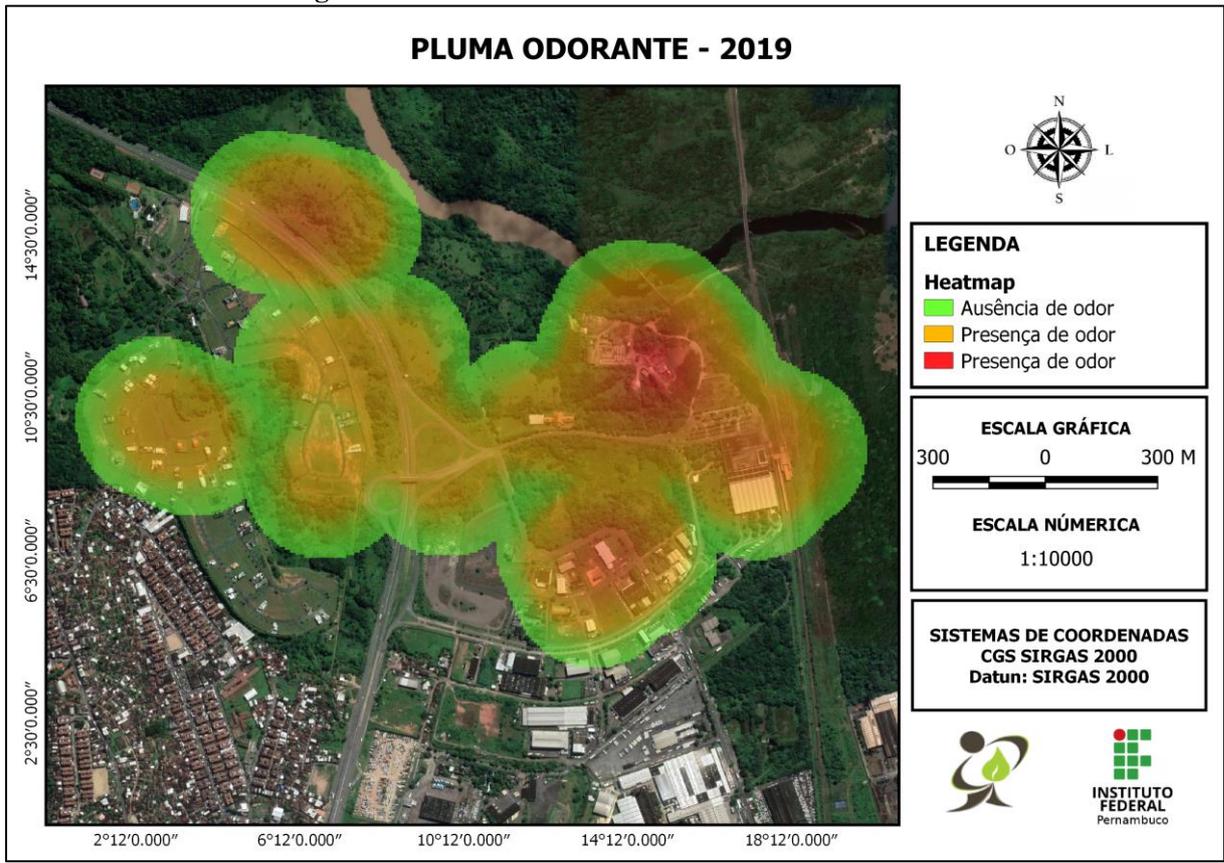


Fonte: O autor (2020).

6.2.2 A pluma odorante dinâmica

As características do vetor vento durante as inspeções de campo orbitaram no segundo quadrante da rosa dos ventos, marcada por três direções: sul-sudeste, sudeste e lés-sudeste, com a predominância no período de estudo da direção sul-sudeste (SSE) (Figura 29). Os ventos em fluxos baixos, conforme a escala *Beaufort* de número 3, proporcionaram que as inspeções de campo ocorressem com múltiplos períodos de ventos fracos e consequentemente com baixa mobilidade da pluma de odor. A falta de odor observável (não percebido) em condições favoráveis de tempo e direção de vento ocorreram devido à inexistência de uma dinâmica suficiente para geração do efluente gasoso na ETE capaz de ser percebido no raio de influência nas avaliações em campo. A pluma odorífica dinâmica propendeu em movimento nas localidades pré-definidas no estudo, exceto a comunidade do Curado IV, conforme observável na Figura 33.

Figura 35 - Pluma dinâmica odorante da ETE Curado.



Fonte: O Autor (2020).

A formação, flutuação e posicionamento da pluma de odor sofreu influências das condições de tempo e da fase do dia. Observou-se que, no TIP, Complexo Industrial e Comunidade Japonesa a percepção do odor ocorreu com notada frequência nos períodos de final de tarde, noite e início de manhã. Neste lapso de tempo, houve uma menor atividade cinética dos ventos, visto que, a radiação solar é menos intensa (figura 16), os ventos noturnos são menos intensos que os diurnos, a ocorrência de menor atuação do gradiente de pressão e a intensidade da turbulência termodinâmica é bem menor que a intensidade registrada durante o dia na camada limite da atmosfera (CLA). A pluma de odor oriunda da ETE Curado, neste cenário, tende à acomoda-se próximo a fonte, com a dispersão lenta no ambiente e abarcando esses locais com maior concentração odorífica, sendo a percepção do odor facilmente factível. A dispersão do efluente gasoso flui pós o aumento da velocidade dos ventos no decorrer do dia, ocorrendo mais lentamente na Comunidade Japonesa por situa-se no menor perímetro de distanciamento da ETE. Na rodovia BR 408 e residencial Alphaville, as parcelas de ventos arrastam a pluma com direção predominante de sul-sudeste (Figura 29) e força média de $4,5 \text{ m/s}^{-1}$. Os fluxos de ventos seguem em sentido ETE Curado para a cidade de São Lourenço da

Mata, praticamente em paralelo ao residencial Alphaville, no entanto as massas de ar sofrem processo de perda de velocidade e desvio de direção, devido à existência de rugosidades naturais (relevo e vegetação). A resistência a velocidade dos ventos ocorre pela fricção de parcelas de ar com as barreiras naturais. No primeiro momento devido ao terreno, ensejado pelo condicionante orográfico de localização da ETE, situado na parte mais baixa do território, que é caracterizado pela irregularidade do relevo e no segundo momento; de maior influência, devido ao atrito proporcionado pela vegetação de pouca homogeneidade, com ampla densidade e de presença predominante no território, que proporciona uma ação temporária de confinamento da pluma na região. A deformação dos fluxos de ventos, que conseqüentemente modifica a pluma, é resultado do desvio de direção ocasionado pelo impacto de massas de ar com a área vegetada por mata atlântica (figura 34) e relevo irregular, que funciona, analogamente, como parede, lateralizando horizontalmente à esquerda a pluma de odor, sendo limitada verticalmente pela CLA (camada limite da atmosfera). O espalhamento da pluma flui ocupando os espaços em áreas próximas, com predominância de vegetação baixa ou área desmatada, com maior frequência notada da percepção odorífica na rodovia e no residencial Alphaville e progressivamente com o distanciamento no sentido oposto da barreira natural a percepção odorífica decai até atingir o limite de inexistência notada de frequência de odor, ou seja, quando atinge comunidade do Curado IV. A dispersão e concentração da pluma na localidade é determinada pela velocidade e direção dos ventos, influenciadas pelo período do ano e do condicionante climatológico.

Figura 36 - Barreira natural de obstaculização da pluma de odor.



Fonte: Google Earth (2020).

A diretriz VDI recomenda uma pesquisa em campo com duração de meio ano, com a possibilidade de prolongar até um ano. Os resultados obtidos no estudo a despeito do território de flutuação da pluma odorante no lapso temporal de seis meses somado as informações coletadas sobre a direção e força dos ventos, características do relevo e vegetação local congrega elementos suficientes para compreensão do fenômeno nos seis meses seguintes. Os fatores preponderantes de localização e formação da pluma de odor são norteados por aspectos climatológicos da região, como temperatura e regime dos ventos. A radiação solar determina a atividade cinética dos ventos, seja nas estações quentes ou durante o dia, fomentando maiores velocidades e as baixas velocidades nas estações frias ou durante o período noturno. O perfil histórico de velocidades dos ventos entre 1973 e 2019 está concentrado no intervalo entre $4,0 \text{ m/s}^{-1}$ e $6,0 \text{ m/s}^{-1}$ (figura 18), a velocidade média dos ventos no ano em estudo foi de $4,8 \text{ m/s}^{-1}$ (figura 19) e a velocidade média do período estudado foi de $4,9 \text{ m/s}^{-1}$ (figura 29), demonstra proximidade factual e representativa. A força dos ventos no ano e no período estudado se manteve invariável, conforme a escala *Beaufort*, ou seja, em ambos os casos, de número 3. Quanto as características da vegetação e relevo na micro região mantem-se estáveis. Diante do exposto, considerando a replicação dos fatores relacionados ao clima, regime e força dos ventos e manutenção das características de relevo e vegetação, é factível afirmar que os resultados obtidos na pesquisa, referente ao território de flutuação da pluma odorante, reproduz, sem prejuízo, um cenário aplicado a todos os meses do ano de 2019.

Os resultados disponibilizados no estudo em comparação as experiências e práticas aplicadas nas cidades de Melbourne (Austrália) e Paris (França), no uso da metodologia alemã VDI e posteriormente regulada pelo comitê europeu de normalização em normas EN, com adequações necessárias no atendimento as características locais, apresentaram informações confluentes na compreensão do fenômeno. Em Melbourne, o estudo desenvolvido no lapso temporal de seis meses, focalizou no evento odorante incomodante produzido em decorrência do tratamento de resíduos sólidos orgânicos, em aterros e unidades de compostagem, com odores notados a partir de 200 m de distância da fonte. Os resultados identificaram a presença de odor numa extensão territorial não superior a 2000 m. Os resultados produziram informações relevantes na tomada de decisões sobre o enfrentamento do impacto ambiental. A inspeção em campo proporcionou uma visão adequada da formação da pluma num local específico, levando em consideração as especificidades do empreendimento. Os dados obtidos também servem subsidiar a melhor escolha de instalação de um empreendimento com real potencial de emitir o efluente odorante incomodante numa dada localidade povoada, não excluindo na avaliação a congregação dos aspectos relacionados ao clima, relevo e regime

dos ventos. Em Paris, o alvo do estudo do impacto adverso do odor, situou-se em estações de tratamento de águas residuais (ETAR) e rede de esgotos na cidade e na região metropolitana sob gestão do órgão SIAAP. O monitoramento do impacto perpassou a congregação de vários métodos para elevar o controle dos resultados e contou também com a participação voluntária da comunidade na delação de evento odorífico. Em 2017 incorporou o normativo europeu: EN 16841-1 e EN 16841-2. A migração da técnica de inspeção própria de campo, denominada patrulha, para a adoção conjunta dos dois métodos de inspeção de campo, inspirado na norma europeia, importou numa adequação orçamentaria. A adequação implicou na reprogramação do trabalho, com uso de dois inspetores de campo em inspeções durante o dia e nos dias laborais da semana e o tempo de inspeção não superior a 2h e 30min. A fusão de ambos os métodos, sem a perda das características normativas, conforme o estudo, constituiu-se em um novo modelo, que entregou bom grau de confiança no monitoramento do índice de exposição ao odor e o território influenciado e que também permitiu o fornecimento de informações relevantes no caso de um evento odorífero anormal. A determinação de uma pluma de odor, mediante a mensuração territorial de flutuação, usando o método dinâmico, apresenta resultados fiáveis na compreensão do fenômeno mesmo diante de ajustes plausíveis a despeito de especificidades de legislação, característica de clima, relevo e técnicas locais.

Em ambos os casos, mediante ajustes necessários e aprimoramentos típicos da práxis científica, a norma alemã se mostrou eficaz na produção de resultados fiáveis na compreensão do impacto ambiental advindo por odores incomodantes em todos os aspectos norteadores do método. É um método aplicado a partir de lapso temporal suficiente para determinar a distância e a frequência dos impactos de odores de uma fonte específica, ensejando a compreensão do fenômeno em dados interpretados em cenários distintos. Pode ser usado apenas uma vez para examinar uma pluma ou quantas vezes forem necessárias para caracterizar uma pluma em condições operacionais distintas ou em períodos com relevantes alterações de tempo e regime dos ventos.

Comparando os resultados com o estudo em tela, é crível a confluência e rigor metodológico aliado a ajuste plausíveis na produção de resultados relevantes na compreensão do fenômeno. Os resultados produzidos estabelecem um marco inicial para a realização de novas pesquisas na formação de um portfólio com dados sobre o fenômeno e também para testar e comprovar a aplicação de técnicas de mitigação do evento odorífico incomodante. Neste sentido, segue uma proposta de guia (ANEXO D) para a orientação de aplicação metodológica simplificada da norma alemã VDI 3940 - Parte II e das normas americanas ASTM E544/2010 e E679/2011, tomando como referência este experimento prático, com o intuito de subsidiar o

planejamento de investigação em campo para mensuração territorial da pluma dinâmica odorante. O guia fornece a orientação sobre a aplicação da norma, indicando a sequências de ações. Estas normas estabelecem os parâmetros de realização da qualificação e seleção dos membros do painel, bem como dos equipamentos e da substância odorífica de referência.

Os resultados do estudo configuram uma nova fonte de dados para o entendimento do fenômeno aos residentes da comunidade local. As informações produzidas revelam os fatores norteadores do impacto, da formação da pluma dinâmica de odor e do território de flutuação. Esta leitura diferenciada substancia propostas e favorece o entendimento pactuado entre a comunidade e o empreendimento.

7 CONCLUSÕES

Os resultados da inspeção de campo a despeito dos limites de percepção de odores emitidos e identificados a partir de uma fonte sabida, ETE Curado, no período de seis meses do ano de 2019, em condições climatológicas normais da microrregião, apontaram para um julgamento de que, os odores emitidos e espalhados na região proporcionam incômodos, percebidos em intervalos variáveis de tempo no transcurso do dia, nas localidades estudadas, exceto na comunidade do Curado IV. A percepção do efluente odorante, por painel humano qualificado, foi relatado em 84% do território estudado. As medidas de modelação da pluma apresentaram as dimensões de 9.836m² de área, largura média de 580m e extensão máxima entre pontos equidistantes de 1762m. Os ventos predominantes no lapso temporal de estudo foram sul-sudeste, com força média de 4,9 m/s de Beaufort 3, considerada uma brisa leve, restringiu a ação dissipadora do efluente. O posicionamento da pluma sofre alterações dependendo do horário do dia, devido a modificação/variação na microrregião do gradiente de pressão. No período noturno se concentra numa área próxima à fonte e, durante o dia, é movimentada por parcelas de ar para outra área afastada da fonte. Durante o dia, a baixa atividade cinética dos ventos movimenta lentamente o efluente odorante, o confinando temporariamente numa área de acomodação, em razão de características orográficas do local e da vegetação circundante.

Os resultados obtidos no estudo, mediante uso do método VDI, comparados com os produzidos em Melbourne e Paris demonstram pontos de confluência nos aspectos relacionados ao pragmatismo metodológico aliado a ajustes plausíveis as especificidades locais, na compreensão do impacto do odor advindo de instalações que tratam de resíduos orgânicos em operações de compostagem e em estações de tratamento de águas residuais e esgoto (ETAR). As informações produzidas em contextos distintos demonstraram a eficácia do método na compreensão do fenômeno, possibilitando a propositura de solução mediatas de mitigação do impacto ambiental.

Nesse contexto, estudo desenvolvido produziu informações circunstanciadas sobre as dimensões territoriais de flutuação da pluma odorante para nortear a compreensão do fenômeno e subsidiar novos estudos, a elaboração de projetos ambientais e a gestão ambiental do empreendimento, sob um viés do aperfeiçoamento do planejamento das operações e, noutro viés de fomento a relação dialógica com a comunidade circundante para uma gestão compartilhada no enfrentamento do desafio exposto.

8 RECOMENDAÇÕES

Pesquisas posteriores podem avançar sob o aspecto relacionado as normas de qualificação de postulantes ao painel humano de avaliadores de odores em campo, mediante o aprimoramento do uso da substância odorífica acetona como substância de referência no estudo, substituído, sem prejuízo nos resultados, a substância de referência, o n-butanol.

Como medidas de mitigação dos impactos e fomento ao melhor conforto dos moradores e circulantes na região, sugere-se, a princípio, a instituição de estudo ambiental de plantio de árvores situadas de forma estratégica, com a função de barreira verde, assentado em informações referente ao regime de ventos da microrregião e optando, preferencialmente, na escolha de espécies vegetais de ocorrência local. No segundo momento, aponta-se como alternativa viável o monitoramento compartilhado, envolvendo a comunidade e o empreendimento, a semelhança do painel humano composta por cidadãos pratica em Paris para monitoramento de evento de odor anormal, mediante relato de queixa via internet. A conjunção dos dados de tempo e dos ventos previamente coletados em condições climatológicas normais, modulados em informações relatadas da ocorrência de percepção olfativa incomodante no momento do espalhamento da pluma de odor na região, procedidas mediante a cooperação de monitores voluntários aptos e residentes nas localidades sob influência da pluma. Os monitores serão selecionados mediante a prévia submissão ao teste de qualificação de sensibilidade olfativa, tomando como parâmetro o modelo de seleção de painelistas adotado nesse estudo. E posteriormente, promover um treinamento aos aprovados sobre a temática ambiental, legislação e de ferramentas tecnológicas de registro e comunicação de relatos. Neste sentido, pauta-se também a importância da constituição de um comitê de gestão permanente formado por representantes locais e da empresa gestora da ETE para tratar do tema e das proposituras de resoluções, com intuito de pactuar medidas de minimização do impacto ambiental do odor na região e promover a governança local. O uso de ferramentas de apoio a gestão estratégica da temática faz-se pertinente, como o ciclo PDCA de melhoria contínua, para garantir a implantação de medidas e do controle dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015. p. 91.
- AMORIM, José Coutinho de Carvalho. **Emissões Odoríferas Provenientes da Decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil**. 2013, p. 128.
- ANDRÉ, Trigueiros. **Meio Ambiente no Século 21**. 4. ed. Campinas: Sextante, 2005.
- ANDREÃO, William Lemker. **Análise da influência do escoamento no interior de uma câmara de fluxo dinâmica na taxa de emissão de sulfeto de hidrogênio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10316/1/tese_9972_Disserta%c3%a7%c3%a3o%20William%20Lemker%20Andre%c3%a3o.pdf. Acesso em: 27 ago. 2019.
- ARAÚJO, Isadora Pimenta De. **Obtenção e caracterização de adsorventes oriundos de leta com potencial aplicação à remoção de h2s proveniente de ETE**. Brasília, 2019.
- ARMITAGE, Jim; GISSELBRECHT, Christian. Clinical evaluation. **Hematologic Malignancies**, n. 12, v. 6, 2015.
- ASTM E544. **ASTM E544-18**. West Conshohocken: ASTM License Agreement, 2018. Disponível em: <www.astm.org>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- ASTM E679 - 04 2011. **Prática padrão para Determinação de odor e sabor Limiares por uma escolha forçada Concentração Crescente Método Series de Limites**. 2011. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/E679.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2018.
- ATLAS EÓLICO E SOLAR DE PERNAMBUCO. **Atlas Eólico e Solar de Pernambuco**. 2017. Disponível em: <<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/chapter/estado.html?CapitalHumano>>. Acesso em: 27 ago. 2019.
- BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão Resíduos Sólidos**. Tessitura: Belo Horizonte, 2012.
- BELLI FILHO, Paulo; Henrique de Melo Lisboa. Avaliação de Emissões Odorantes. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, 1998.
- BENLBOUKHT, Fatima et al. Biotransformation of organic matter during composting of solid wastes from traditional tanneries by thermochemolysis coupled with gas chromatography and mass spectrometry. **Ecological Engineering**, v. 90, p. 87-95, 2016.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>>
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade O que é - O que não é**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

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

BRAND, SILVANE ISABEL. **Caracterização da direção e velocidade dos ventos em santa rosa – rs**. 2014. SANTA ROSA, 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 2 out. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.455**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Presidência da República, Brasília, jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 08 out. 2018.

BRASIL. **Lei n. 12.305 PNRs**. Institui a política nacional dos resíduos sólidos. Presidência da República, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7, [s. l.], p. 3–7, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 08 out. 2018.

BYDDER, Chris; DEMETRIOU, Jim. Establishing the extent of odour plumes and buffers for waste handling facilities. **Waste Management**, v. 95, p. 356–364, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.028>>. Acesso em: 10 out. 2018.

CAPANEMA, Marlon. *et al.* Principais metodologias de avaliação físico-química e olfatométrica de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes – uma breve revisão. *In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 17., 2016, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABES. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/304498006_Principais_metodologias_de_avaliacao_fisico-quimica_e_olfatometrica_de_compostos_organicos_volateis_COV_e_odorantes_-_uma_breve_revisao>. Acesso em: 25 out. 2018.

CAPELA, Sara; FERREIRA, Carlos P. A modelação da dispersão atmosférica na avaliação da incomodidade de odores. **Indústria e Ambiente**, 2011.

CARMO JUNIOR, Gersina Nobre da Rocha. Otimização e avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Ambienta) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://lcqar.ufsc.br/novo/wp-content/uploads/2018/09/Tese-Gersina-Junior.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2019.

CONAMA. CONSELHO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 2 out. 2018.

CONAMA. **Resolução nº 491/2018**. Dispõe sobre os padrões da qualidade do ar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, p. 7, 2018. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>>

COOPERBAND, Leslie. **The Art and Science of Composting A resource for farmers and compost producers**. Center for Integrated Agricultural Systems, mar. 2002. Disponível em: <https://www.cias.wisc.edu/wp-content/uploads/2008/07/artofcompost.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

DA COSTA, Marcelo Fernandes. Psicofísica clínica. **Psicologia USP**, v. 22, n. 1, p. 15–44, 2011.

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

DIALLO, Madani; MAALEM, Fida; PIET-SARNET, Hélène. Implementation of a new protocol of odour field investigations for the Paris wastewater treatment plants. **Chemical Engineering Transactions**, v. 68, p. 145–150, 2018.

EPA. **EPA AirWatch**. 2020. Disponível em: <<https://www.epa.vic.gov.au/for-community/airwatch>>. Acesso em: 23 out. 2020.

ETE, CURADO. **Lógica Ambiental LTDA** Recife, PE, 2018. Disponível em: <<http://www.etecurado.com.br>>. Acesso em: 25 out. 2020.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN/TC 264 - AIR QUALITY. **EN 13725:2003**, 2002.

FRECHEN, F. B. Odour measurement and odour policy in Germany. **Water Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 17–24, 2000.

GESCHIEDER, George A.; COLLEGE, Hamilton. **Psychophysics: The Fundamentals**. 3.ed., London: LEA, 1997.

GODKE, Mariana Mota. Proposta de metodologia para pré-seleção de jurados para certificação olfatométrica. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, 2014.

GOOGLE. **Google Earth**. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 17 out. 2020.

GUILLOT, Jean-Michel. *et al.* The future European standard to determine odour in ambient air by using field inspection. **Water Science and Technology**, v. 66, n. 8, p. 1691-1698, 2012.

HAUG, Roger Tim. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. 1.ed. London: Routledge, 1933.

IBGE. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 3 out. 2018.

IOW STATE UNIVERSITY. **Mesonet Wind Rose**. 2019. Disponível em: <https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?network=BR__ASOS&station=SBRF>. Acesso em: 7 out. 2019.

IREMONGER, Shane. **A review of odour properties of H2S - Odour Threshold Investigation**. Bay of Plenty. Regional Council, New Zealand, 2012. Disponível em: <

https://www.boprc.govt.nz/media/275614/a_review_of_odour_properties_of_h2s_-_odour_threshold_investigation_2012.pdf >. Acesso em: 3 maio 2020.

ISO 16000-28. **International Standard International Standard**. ISO 16000, p. 13, 2012.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 4 maio 2020.

JERVELL, José Tor. **Estudo da Influência das Características do Vento no Desempenho de Aerogeradores**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~em02090/Documentos/final2.pdf>. Acesso em: 07 maio 2020.

KHAN, Rehan M. *et al.* Predicting odor pleasantness from odorant structure: Pleasantness as a reflection of the physical world. **Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 37, p. 10015–10023, 2007.

LEFF, Enrique. Saber Ambiental. Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. **Caminhos de Geografia**, v. 1, n. 11, p. 199–200, 2004. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 11 maio 2020.

LEITE, Andréa P.; BORGES, Carmen L. T.; FALCÃO, Djalma M. Modelagem de usinas eólicas para estudos de confiabilidade. **Controle y Automacao**, v. 17, n. 2, p. 177–188, 2006. LISBOA, Henrique de Melo; PAGE, Thierry;; GUY, Christophe; Gestão de odores: fundamentos do nariz eletrônico. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 9–18, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000100002&lang=pt>. Acesso em: 9 jun. 2020.

LIU, Gengyuan. *et al.* Emergey evaluation of the urban solid waste handling in liaoning province, China. **Energies**, v. 6, n. 10, p. 5486–5506, 2013.

LOVATTE, Enilene Regina. **Estudo da transferência de massa por volatilização de compostos odorantes a partir de superfícies líquidas quiescentes**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10322/1/tese_8856_Lovatte2015tesefinal17-04.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

MACEDO, Ricardo Kohn de. **Gestão Ambiental: os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e da unidade produtiva**. Rio de Janeiro: ABES, 1994.

MAIA, Ruany Gomes Xavier. **Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió**. 2016. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MANNEBECK, Bettina. *b.* Field inspections according to prEN 16841-1:2015 in a naturally evolved neighborhood of industry and living areas. state-of-the-art-technology of a comprehensive data collection, interaction of different sources and effects on the perceiving citizens. **Chemical Engineering Transactions**, v. 54, p. 181–186, 2016.

MARIN, Fábio Ricardo. *et al.* **Clima e ambiente: introdução à climatologia para ciências**

ambientais. Brasília: Embrapa, 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/informatica-agropecuaria/busca-de-publicacoes/-/publicacao/31891/clima-e-ambiente-introducao-a-climatologia-para-ciencias-ambientais>>. Acesso em: 02 ago. 2020.

MCGINLEY, Charles M. Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing Air and Waste Management Association Symposium on Air Quality Measurement Methods and Technology-2002 San Francisco, CA. p. 13- 15, nov. 2002. Disponível em: <[http://www.fivesenses.com/Documents/Library/38 Standard Odor Measure for Air Qual.pdf](http://www.fivesenses.com/Documents/Library/38%20Standard%20Odor%20Measure%20for%20Air%20Qual.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2020.

MCGINLEY, Charles M.; MCGINLEY, Michael A. Odor Testing Biosolids for Decision Making. *In*: WATER ENVIRONMENT FEDERATION SPECIALTY CONFERENCE, Residuals and Biosolids Management Conference Austin. mar. 2002. **Anais** [...]. Austin: 2002, p. 19.

MCGINLEY, Charles M.; MCGINLEY, Michael A; MCGINLEY, Donna L. Odor Basics, understanding and using odor testing. *In*: THE ANNUAL HAWAII WATER ENVIRONMENT ASSOCIATION CONFERENCE, 22. jun. 2000. **Anais** [...]. Austin: 2000, p. 6–7.

MCGINLEY, Michael A.; MCGINLEY, Charles M.; JEFF, Mann. Olfactomatics: Applied Mathematics For Odor Testing. *In*: WEF ODOR/VOC 2000 SPECIALTY CONFERENCE. abr. 2000. **Anais** [...]. Autin: 2000, p. 20.

MENDES, Luís Ricardo Trindade. **Emissão e Controle de Odores em Aterros Sanitários**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2012. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/9586/1/6570.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia Técnico de Qualidade do Ar**. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf> >. Acesso em: 7 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, Ministério de Minas Energia, p. 44, 2001.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. Os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU. Panorama Setorial da Internet. Agenda 2030, a. 9, n. 1, abr. 2017. Disponível em: < https://cetic.br/media/docs/publicacoes/1/Panorama_Setorial_12.pdf >. Acesso em : 11 jun. 2020.

OKE, T. R. **Boundary-Layer Climates**. 2. ed. London: Routledge, 1988.

OSMOTECH, S. R. L. **Odour Field Inspection**. Pavia, 2019. Disponível em: <<https://www.osmotech.it/en/odour-field-inspection/>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

PARKER, Matthew J.; WEBER, Allen H.; BUCKLEY, Robert L. Short Term Climatological Wind Data as a Tool for Wind Forecasting. *Weather and Forecasting*. **American Meteorological Society**, jan. 2004.

PATRICK LYNCH. **My Medical-illustrations**. Patrick Lynch, 2017. Disponível em: <<https://coastfieldguides.com/my-medical-illustrations/>>. Acesso em: 12 out. 2018.

PERNAMBUCO. **Lei nº 15.725, de 10 de março de 2016**. Estabelece normas e diretrizes para a qualidade do ar, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Agência Estadual do Meio Ambiente, CPRH, Recife, 2016. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/lei15725_2016;141010;20160720.pdf. Acesso em: 11 jun. 2020.

POWERS, Wendy. *The Science of Smell Part 1: Odor perception and physiological. Environmental Quality*, p. 4, 2004.

QUEIROZ, Mônica Rodrigues de. **Termodinâmica da Camada Limite Atmosférica na Amazônia TECLA: Influência dos efeitos locais e dos fenômenos de mesoescala**. 2008. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/5566/1/Termodin%c3%a2mica%20da%20camada%20limite%20atmosf%c3%a9rica%20na%20Amaz%c3%b4nia%20%28TECLA%29%20influ%c3%aancia%20dos%20efeitos%20locais%20e%20dos%20fen%c3%b4menos%20de%20mesoescala.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

RAMOS, Diogo. **Mapeamento eólico do estado de Alagoas utilizando ferramentas computacionais e dados observados**. 2012. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/896>. Acesso em: 11 jun. 2020.

REBOITA, Michelle Simoes. *et al.* Evidências De Circulação De Brisa Vale-Montanha Na Serra Da Mantiqueira: Cidade De Itajubá – Mg. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 1, 2014.

RECIFE. **Código do meio ambiente e do equilíbrio ecológico da cidade do Recife**. Recife, PE, 1996. Disponível em: <<https://cm-recife.jusbrasil.com.br/legislacao/266901/lei-16243-96>>

RICHARD, L. DOTY. **Handbook of olfaction and gustation**. 2. ed. New York:Wiley, 2003.

SANTOS, Ivan Felipe Silva; BARROS, Regina Mambeli; TIAGO FILHO, Geraldo Lucio. Electricity generation from biogas of anaerobic wastewater treatment plants in Brazil: an assessment of feasibility and potential. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 504–514, 2016.

SCHIRMER, Waldir Nagel. *et al.* Análises olfatométricas para determinação das características do odor no manguezal do Itacorubi, município de Florianópolis, Santa Catarina. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 1, 2008. Disponível em: <<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/128>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, Urbanismo e Meio Ambiente. **Plano Diretor de Recife**. Recife, PE, 2006. Disponível em: <<https://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/planodiretor/>>. Acesso em: 08 maio 2020.

SILVA, Jader de Oliveira; AZEVEDO, Matheus Ezequiel. Avaliação de diferentes químicos

para atenuação de odores em efluentes anaeróbios. **Anais**, ABES, 2019.

SIRONI, Selena. *et al.* Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 29, p. 5387-5394, 2005.

SIRONI, Selena. *et al.* Continuous monitoring of odours from a composting plant using electronic noses. **Waste Management**, v. 27, n. 3, p. 389-397, 2007.

SIVAKUMAR, K. **Composting of Poultry Farm Waste**. p. 334-338, 2013.

SOKHI, Ranjeet S.; BAKLANOV, Alexander; SCHLÜNZEN, K. Heinke. **Mesoscale Modelling for Meteorological and Air Pollution Applications**. New York: Anthem Press, 2018.

SOUTHWOOD, Mark. *et al.* Odour guidance for local authorities. **DEFRA**, p. 110, 2010. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69305/pb13554-local-auth-guidance-100326.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

STEVENS, S. S. The Psychophysics of Sensory Function. **American Scientist**, v. 48, n. 2, p. 226-253, 1960.

VAN ELST, Toon; DELVA, Julien. 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. **Chemical Engineering Transactions**, v. 54, p. 175-180, 2016.

VDI 4302 - 1. VDI. **VDI - Verein Deutscher Ingenieure**, p. 1-6, 2015.

VENDRAMINI, E. Z. **Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico**. 1986. Universidade Estadual Paulista, 1986. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000166&pid=S0102-7786201400020000800035&lng=en>. Acesso em: 11 jun. 2020.

VIANELLO, Rubens Leite. **A Estação Meteorológica**. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2011. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/publicacoes/Publicacao-RubensVianello.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2020.

VIEIRA, Magnum Maciel. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 195, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/122810>. Acesso em: 08 jul. 2020.

WEST, Christine. **Assessing odour impact in the field**: A comparison of grid. p. 85-90, 2015.

WINDFINDER. **Estatísticas de ventos & condições atmosféricas**. Windfinder, 2020.

YANG, Yi. **The influence of tannin and tannin with salivary protein on the volatility and the perceived intensity of ethyl hexanoate in a wine-like solution**. 2017. Dissertation - Lincoln University, 2017. Disponível em: <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/8676/Yang_BVO%28Hons%29>

.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Acesso em: 07 jun. 2020.

YESHURUN, Yaara; SOBEL, Noam. An Odor is Not Worth a Thousand Words: From Multidimensional Odors to Unidimensional Odor Objects. **Annual Review of Psychology**, v. 61, n. 1, p. 219-241, 2010.

ANEXO A - Código de conduta do júri

Recomendações e condutas que os candidatos a membros do painel humano (painelistas) devem seguir no dia da avaliação de capacidade de integrar a equipe de pesquisadores voluntários, conforme segue:

- I. Cada membro do painel deverá estar disponível para a sessão de teste de habilitação de percepção olfativa;
- II. A partir de 30 minutos, antes e durante o teste, não é permitido aos painelistas fumar, comer, beber (exceto água), mascar chicletes ou comer doces;
- III. Os painelistas devem tomar muito cuidado para não causar qualquer interferência em suas próprias percepções ou, nas dos outros jurados da análise, por motivos como falta de higiene pessoal ou com o uso de perfumes, desodorantes, loções ou qualquer outro tipo de cosmético;
- IV. Os jurados que estiverem resfriados ou com qualquer outra doença que afete a sua percepção de odor (por exemplo, ataques de alergia ou sinusite) devem ser excluídos da participação do teste;
- V. Os jurados devem estar presentes ao laboratório de análise odores ou em um ambiente com condições semelhantes, 15 minutos antes do início da análise, a fim de se adaptarem ao odor do ambiente da sala de medição.

A aplicação do código de conduta tem influência direta sobre os resultados do teste, e, portanto, é de grande importância.

ANEXO B - Teste de qualificação

| | |
|---|--|
| Pesquisa: EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL | |
| Atividade: Teste de seleção/qualificação de membros para compor o painel humano de avaliadores de odores em campo, em conformidade com a metodologia alemã VDI 3940-parte2 | |
| Técnica Responsável: Lígia Martinelli | Local: Laboratório da Lógica Ambiental LTDA |
| Pesquisador: Marcos Theofilo Silvério da Silva | |
| Orientador: Ronaldo Faustino | |

DADOS DO PARTICIPANTE

| | | | |
|---------------|----------------|------------------|------------|
| Nome: | | | |
| Idade: | Gênero: | Formação: | RG: |

Descrição: O teste procede da seguinte forma: há 06 fileiras de 3 Erlenmeyers de 200 mL. Cada uma das fileiras contém 2 *Erlenmeyers* com 200 mL de água destilada (inodora) e um Erlenmeyer contendo uma solução de acetona com água destilada, também com 200 mL. Os *Erlenmeyers* contendo acetona são conhecidos apenas pelo operador do teste. O participante vai marcar no cartão infra a posição na coluna e fileira correspondente ao *Erlenmeyers* que contém a substância odorífica (acetona).

| FILEIRA | COLUNA | | |
|---------|--------|---|---|
| | A | B | C |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

RESULTADO DA AVALIAÇÃO

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Acertos (%): | Classificação: |
|---------------------|-----------------------|

LÍGIA MARTINELLI

MARCOS THEOFILO

ANEXO C - Medição da pluma de odor (vdi-3940:parte 2)

| | |
|---|-------------------------------------|
| Pesquisa: EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL | |
| Pesquisador: Marcos Theofilo Silvério da Silva | Orientador: Ronaldo Faustino |
| Local: Recife/PE | Data: |

DADOS DO PAINELISTA (Assessor)

| |
|--------------------|
| Nome: |
| Assinatura: |

PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

| Descrição | Antes da 1ª medição | Depois da última medição |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Hora | | |
| Período | | |
| Dispersão | | |
| Direção do vento | | |
| Temperatura | | |
| Precipitação | | |
| Humidade relativa (%) | | |
| Velocidade do vento (Km/h) | | |

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS ASSESSORES NA REGIÃO

| LETRA | LOCAL | PONTOS | GEORREFERENCIAMENTO | |
|-------|-------|--------|---------------------|-----------|
| | | | LATITUDE | LONGITUDE |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |

POSICIONAMENTO DOS ASSESSORES NO TERRENO

| Pontos | LOCAL | A | | B | | C | |
|--------|-------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | LATITUDE | LONGITUDE | LATITUDE | LONGITUDE | LATITUDE | LONGITUDE |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |

INSTRUÇÕES:

- Devem ser recolhidas amostras de odor a cada dez segundo (10s) durante dez minutos (10 min);
- Marque com SIM (S) ou NÃO (N) a percepção do odor.

FORMULÁRIO DE MARCAÇÕES

| | Linha | A | B | C | | Linha | A | B | C |
|------------------|----------------|---|---|---|-------------------|----------------|---|---|---|
| | Hora | | | | | Hora | | | |
| | Nº localização | A | B | C | | Nº localização | A | B | C |
| 1º minuto | | | | | 6º minuto | | | | |
| | 0' | | | | | 0' | | | |
| | 10' | | | | | 10' | | | |
| | 20' | | | | | 20' | | | |
| | 30' | | | | | 30' | | | |
| | 40' | | | | | 40' | | | |
| | 50' | | | | | 50' | | | |
| 2º minuto | | | | | 7º minuto | | | | |
| | 0' | | | | | 0' | | | |
| | 10' | | | | | 10' | | | |
| | 20' | | | | | 20' | | | |
| | 30' | | | | | 30' | | | |
| | 40' | | | | | 40' | | | |
| | 50' | | | | | 50' | | | |
| 3º minuto | | | | | 8º minuto | | | | |
| | 0' | | | | | 0' | | | |
| | 10' | | | | | 10' | | | |
| | 20' | | | | | 20' | | | |
| | 30' | | | | | 30' | | | |
| | 40' | | | | | 40' | | | |
| | 50' | | | | | 50' | | | |
| 4º minuto | | | | | 9º minuto | | | | |
| | 0' | | | | | 0' | | | |
| | 10' | | | | | 10' | | | |
| | 20' | | | | | 20' | | | |
| | 30' | | | | | 30' | | | |
| | 40' | | | | | 40' | | | |
| | 50' | | | | | 50' | | | |
| 5º minuto | | | | | 10º minuto | | | | |
| | 0' | | | | | 0' | | | |
| | 10' | | | | | 10' | | | |
| | 20' | | | | | 20' | | | |
| | 30' | | | | | 30' | | | |
| | 40' | | | | | 40' | | | |
| | 50' | | | | | 50' | | | |

MARCAÇÃO DO LIMITE DA PLUMA ODORANTE

| Pontos | LOCAL | LIMITE DE PERCEPÇÃO DO ODOR | | LIMITE DE PERCEPÇÃO DE INEXISTÊNCIA DE ODOR | |
|--------|-------|-----------------------------|-----------|---|-----------|
| | | LATITUDE | LONGITUDE | LATITUDE | LONGITUDE |
| 1 | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

ANEXO D - Guia aplicação metodológica vdi 3940 - ii**GUIA****Aplicação Metodológica - VDI 3940 - II**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Campus Recife

Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional

E-mail: mpga@recife.ifpe.edu.br

Autor: Marcos Theofilo Silvério da Silva

E-mail: mtheofilo@mail.com

Supervisão Técnica: Ronaldo Faustino da Silva

E-mail: ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

1. Introdução

O guia fornece a orientação sobre como se aplica a norma alemã VDI 3940 – parte II em um experimento prático simplificado, com a utilização de uma equipe de painelistas pré-qualificados, mediante o uso das normas americanas ASTM E544/2010 e E679/2011. Estas normas estabelecem os parâmetros de realização da qualificação e seleção dos membros do painel, bem como dos equipamentos e da substância odorífica de referência.

2. Objetivo

Apresentar uma aplicação metodológica prática da norma europeia VDI 3940 – parte II, a partir de uma parametrização simplificada

3. Conceito de odor

O odor é a propriedade de compostos químicos volatilizados percebidos pelo sentido da olfação. Os odores emitidos para a atmosfera podem resultar em incômodos aos habitantes de uma determinada área, que estejam sob influência de uma fonte de emissão do efluente gasoso resultante da ação antrópica.

As reações aos odores têm um caráter subjetivo. Um cheiro pode ser agradável para uma pessoa e desagradável para outra. A exposição a odores que afetam a qualidade de vida e bem-estar pode ser considerado um indicativo perturbador quando percebida por um conjunto de pessoas afetadas pela penumbra odorante. O 'incômodo' resulta da exposição repetida a odores irritantes e levam a um comportamento de evitação e reclamações. O incômodo pode ser entendido como:

- perturbação das atividades normais do dia-a-dia; e
- inconveniência no desfrute do ambiente social.

As dimensões de registros do incômodo por odores terão como alvo a localização georreferenciada dos impactos (a sensibilidade do ambiente receptor), ou seja, a pegada geográfica da pluma odorante. As dimensões propostas nesta metodologia podem ser alargadas pela adoção de outros fatores para análise, como: frequência de ocorrência, ofensividade e duração. As informações relacionadas a esses fatores serão capturadas

unicamente por meio humano e as análises e configuração dos dados obtidos, por ferramentas gratuitas disponíveis pela internet: Mapa e geolocalização (*Google earth*); dados meteorológicos (INMET); plotagem da Rosa dos Ventos (IOW STATE UNIVERSITY) e aplicativo de georreferenciamento (C7).

4. Fontes de odor

Atividades típicas de emissão de odores para aplicação do guia:

- instalações industriais;
- instalações de recuperação de resíduos;
- estações de tratamento de águas residuais;
- matadouros;
- processadores de animais e confinamentos;
- aterros sanitários;
- instalações de compostagem.
- algumas atividades pecuárias intensivas (por exemplo, granjas); e
- instalações comerciais (por exemplo, oficinas, lojas e restaurantes).

5. Pressupostos indicativos para aplicação da guia

- a localização - proximidade da fonte emissora do efluente gasoso;
- a gestão de fontes e atividades geradoras de odor;
- frequência, a intensidade e agressividade do odor;
- impactos potenciais de odores de outras fontes próximas;
- a topografia e complexidade do terreno;
- o tamanho e / ou complexidade da instalação do empreendimento fonte do efluente odorante.

6. Procedimentos metodológicos

No primeiro momento é importante realizar uma avaliação prévia. Caso a pessoa física ou jurídica responsável requerente apresente potencial para gerar emissões de odores com espalhamento numa área habitada e que seja evidenciado os indícios de aborrecimentos, neste cenário, enseja-se a aplicação deste guia. Em um segundo momento segue-se as etapas abaixo enumeradas:

- 1) Seleção de pré-candidatos a painelistas – idade entre 18 a 35 anos, que não sejam fumantes ou acometido de alergia respiratória;
- 2) Teste de seleção dos membros do painel humano – aplicação da norma ASTM E544/2010. Para a aprovação no teste de qualificação o candidato deverá atender aos seguintes condicionantes:

Condição 1:

A aposta assertiva do candidato do recipiente com a concentração de 64 µl da escala de diluição da acetona em água, equivalente ao LPO, conforme adaptação da norma americana ASTM E544/2010.

Condição 2:

A maior eficiência de aprovação acontecerá se os aprovados no teste qualificação tiverem seu Limite de Percepção Individual identificados nas concentrações entre 32 e 128 µl, da escala, segundo a adaptação da norma americana ASTM E544/2010.

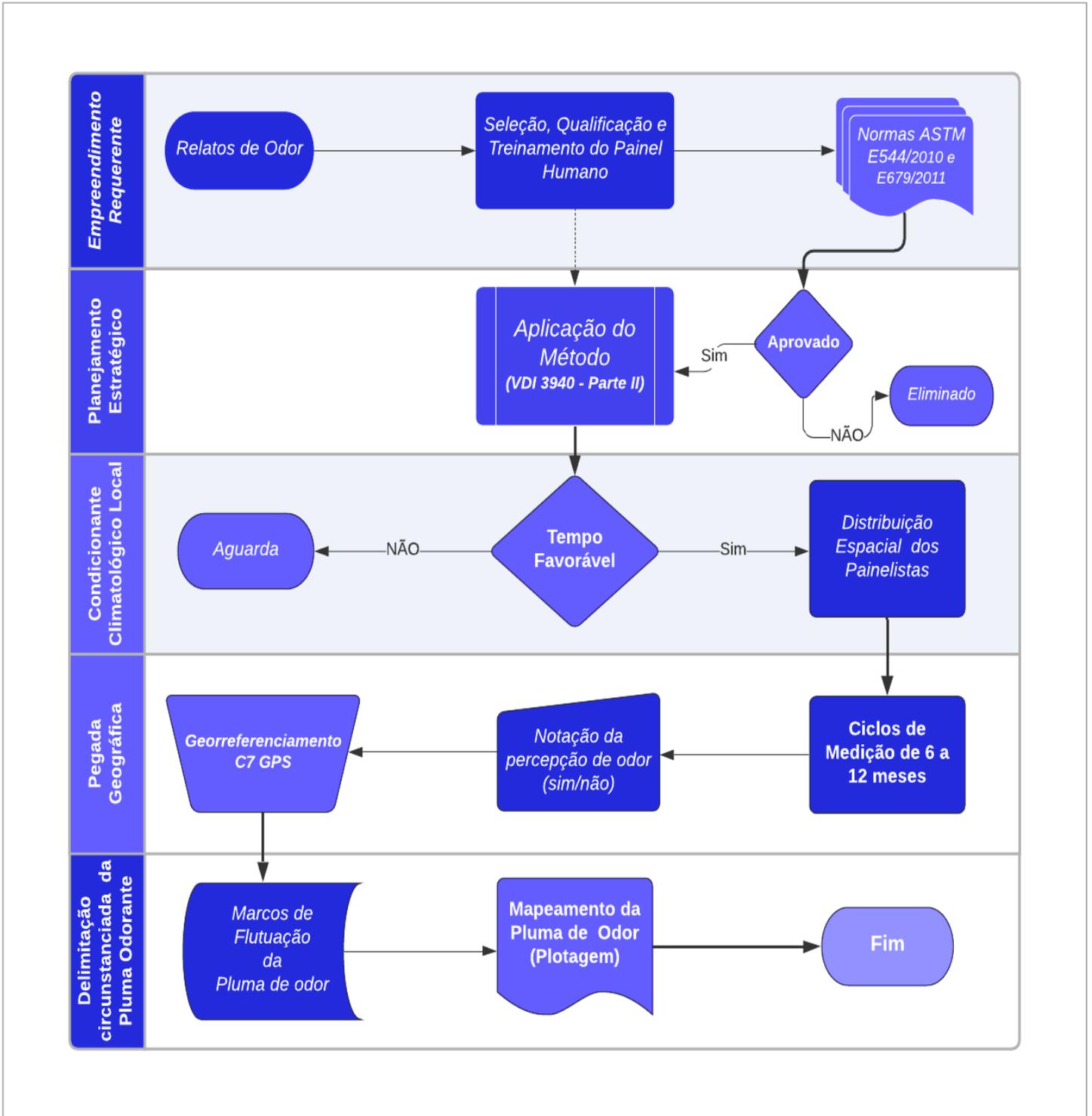
Condição 3:

O candidato será reprovado se o resultado da avaliação individual resultante do cálculo do logaritmo de base 10 estiver fora dos limites definido pelo desvio padrão (calculado pela média do conjunto dos resultados do logaritmo de base 10 do grupo de avaliadores), conforme a adaptação da norma americana ASTM E679/2011.

- 3) A investigação em campo procederá sob a orientação da norma europeia VDI 3940 - parte 2 em (condições climatológicas favoráveis);
- 4) Pós seleção e convocação da equipe de painelistas, procede-se o treinamento, visita técnica de reconhecimento do território de estudo e na fonte emissora do efluente odorante para a familiarização com o odor específico;
- 5) Distribuição das equipes, subdividida em duplas, dispostas em áreas distintas do raio de influência da fonte emitente de odores (de dentro pra fora) partindo de uma distância de 150 metros e posteriormente as avaliações ocorreram a cada 50 metros equidistante do ponto anterior, avançando até o encontro dos pontos de intercessão da presença e ausência de odor;
- 6) Anotação em formulário padrão (VDI 3940 - parte II) de ocorrências da presença ou ausência de odor (sim/não), contemplando até 8 (oito) ciclos mensais de medições. Os ciclos de medição serão concluídos no máximo em duas horas de duração, compreendendo o período de 6 a 12 meses;
- 7) Nos pontos de transição de presença a ausência de odor são procedidos o georreferenciamento (latitude/longitude), mediante o uso do aplicativo de georreferenciamento C7¹³ GPS Dados, para que a área de detecção de odor seja plotada e a distância máxima de percepção de odor (pluma odorante) possa ser determinada, com medições revisoras subsequentes de confirmação;
- 8) Nos ciclos de medição serão aferidos previamente às condições meteorológicas, sobrelevando a direção, velocidade do vento e possíveis episódios de chuvas para o planejamento da alocação de equipes no território sob investigação;
- 9) A finalização dos ciclos de medições e registros georreferenciados dos pontos de presença/ausência de odor ocorre com a plotagem em mapa da visualização do espaço de movimentação da pluma de odor.

¹³ C7 – Aplicativo desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (Fonte: <https://play.google.com/>)

FLUXOGRAMA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO VDI 3940 – PARTE II



Referências

ASTM E544. **ASTM E544-18**. West Conshohocken: ASTM License Agreement, 2018. Disponível em:<www.astm.org>. Acesso em: 17 out. 2018.

VDI 3940. **Measurement of odour impact by field inspection**. Measurement of the impact frequency of recognizable odours. Part 2. The Association of German Engineers (VDI). Düsseldorf, 2006.