

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GERSINA NOBRE DA ROCHA CARMO JUNIOR

OTIMIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS OLFATOMÉTRICAS VOLTADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Belli Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa

Florianópolis-SC
Fevereiro de 2005

*Aos meus pais, João Alves e Gersina Nobre,
por todo amor, compreensão, paciência, carinho,
ensinamentos e pelo significado que me dão à vida.*

*As minhas irmãs, Maria, Inês, Marlene, Marli,
Janaina e Jaqueline, pelo apoio e incentivo durante
toda a minha caminhada aqui em Florianópolis.*

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Paulo Belli Filho, pela orientação, incentivo e amizade durante todo o decorrer deste trabalho.

Ao prof. Henrique de Melo Lisboa, pela co-orientação em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Paulo Modesto Filho, pelo incentivo e por despertar em mim a vontade de pesquisar e procurar cada vez mais aprimorar os meus conhecimentos.

Ao prof. Edson Nascimento, pela disponibilidade e auxílio com os desenhos industriais no período de montagem do laboratório de olfatométrica.

Ao prof. Paulo José Ogliari e Juliano Anderson Pacheco, pela paciência, disponibilidade e apoio com a parte estatística.

Aos sempre amigos, Ana Cristina e André Luiz, pela convivência rica de amizade e companheirismo.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, pelos conhecimentos transmitidos.

À banca examinadora, Prof. Dr. Andréas Grauer, Prof. Dr. Antônio de Miranda Wosny, Prof. Dr. Paulo José Ogliari, Prof. Dr. Masato Kobiyama pelas valiosas contribuições no final da execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Indústria de Processamento de Papel Reciclado TROMBINI

À CASAN-ETE Insular Florianópolis

À Petrobrás Petróleo Brasileiro S.A

E o maior agradecimento à Deus, pela vida, saúde, amor , felicidade e paz.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	9
LISTA DE TABELAS	14
RESUMO	18
1. INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVO GERAL.....	23
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2. ODORES	25
2.1 Percepção dos Odores	25
2.2 Principais Fontes dos Odores.....	29
2.3 Odores e a Saúde	29
2.4 Características dos Odores.....	32
2.4.1. Qualidade do Odor.....	32
2.4.2 Intensidade de um Odor	35
2.4.3 Hedonicidade de um Odor	38
2.4.4 Concentração de um Odor	39
2.5 Incômodos e os Odores.....	39
2.6 Análise das Moléculas Odorantes.....	40
2.6.1 Análise Físico-Química	41
2.6.2 Olfatometria	43
2.6.2.1 Medidas Olfatométricas	44
2.6.2.2 Amostragem para Análise Olfatométrica	46
2.6.2.3 Sacos de Amostragens	49
2.6.2.4 Amostragem de Ar para Análise Olfatométrica Utilizando Câmara Isolada de Fluxo	50
2.6.2.5 Júri Olfatométrico	52
Seleção dos Júris para os Odores	52
2.6.2.6 Olfatômetro	53
2.6.3 Nariz Eletrônico	54
2.6.4 Biosensores	56
2.7 Sistema de Geração de uma Atmosfera Gasosa	56
2.7.1 Método Estático	57
2.7.2 Método Dinâmico	57

2.8 Apresentação das Amostras Odorantes ao Júri pela Diluição Dinâmica na Olfatometria	58
2.8.1 Modo SIM/NÃO	58
2.8.2 Modo Escolha Forçada	58
2.8.3 Escolha Forçada/Modo Probabilidade	59
2.9 Legislação	61
2.9.1 Legislação Mundial	61
2.9.2 Legislação Brasileira	63
3. MATERIAIS E MÉTODOS	65
3.1 Seleção do Júri para Avaliar as Amostras com Odor	68
3.2. Análise da Intensidade Odorante	69
3.2.1 Procedimento de Julgamento	70
3.2.2 Análise dos Dados da Intensidade do Odor	71
3.3 Análise da Qualidade do Odor	73
3.3.1 Procedimento de Julgamento	73
3.3.2 Análise dos Dados da Qualidade do Odor	74
3.4 Análise da Hedonicidade do Odor	74
3.4.1 Procedimento de Julgamento	74
3.4.2 Análise dos Dados da Hedonicidade do Odor	74
3.5 Análise da Concentração do Odor (K_{50})	75
3.5.1 Procedimento de Julgamento	78
3.5.2 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50})	79
3.5.2.1 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50}) pela Norma ASTM-E 679-91	79
3.5.2.2 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50}) pela Norma CEN pr13725	79
3.5.2.3 Análise dos Dados da Concentração do Odor pelo Modelo PROBIT	80
3.6 Determinação do Incômodo Olfativo por Questionamento	81
Análise Estatística do Incômodo Olfativo por Questionamento	83
4. ESTUDOS DE CASOS	85
4.1. Considerações Gerais	85
4.2. Caso 1 - Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes.	87
4.2.1 Pontos de Amostragem	88
4.2.2 Resultados e Discussão	91
4.2.2.1 Intensidade do Odor	92

4.2.2.2 Qualidade do Odor.....	94
4.2.2.3 Hedonicidade do Odor	97
4.2.2.4. Limite de Percepção Olfativo/Concentração Odorante	102
4.2.3. Considerações	107
4.3. Caso 2 - Estação de Tratamento de Esgotos Insular- Florianópolis/SC	109
4.3.1 Pontos de Amostragem.....	109
4.3.2 Resultados e Discussão	111
4.3.2.1 Intensidade do Odor.....	111
4.3.2.2 Qualidade do Odor.....	115
4.3.2.3 Hedonicidade do odor	118
4.3.2.4 Limite de Percepção Olfativo/Concentração Odorante	123
4.3.3 Considerações	134
4.4 Caso 3 - Indústria de Papel (Processamento de Papel Reciclado), Curitiba/PR.....	136
4.4.1 Pontos de Amostragem.....	137
4.4.3 Considerações	147
4.5 Caso 4 – Autoposto de Combustível	149
4.5.1 Resultados	151
4.5.1.1 Avaliação do Questionário Geral.....	152
4.5.1.1.1 Percepção do Odor.....	152
4.5.1.1.2 Tipo de Incômodo Ocasionado pelos Odores	153
4.5.1.1.3 Descrição da Qualidade do Odor	155
4.5.1.1.4 Grau de Incômodo do Odor (Hedonicidade).....	155
4.5.1.1.5 Intensidade do Odor Percebido.....	156
4.5.1.1.6 Variação Horária.....	157
4.5.1.1.7 Condições Meteorológicas.....	158
4.5.1.1.8 Direção do Vento	158
4.5.1.1.9 Considerações	159
4.5.1.2 Avaliação do Questionário Permanente.....	160
Considerações	162
5.0 CONCLUSÕES GERAIS.....	164
6.0 RECOMENDAÇÕES	168
7.0 REFERÊNCIAS	169
APÊNDICE.....	175

ANEXO179

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1- Perfil anatômico e Princípios de Operação do Aparelho Olfativo	27
FIGURA 2.2- Processo de Percepção do Odor	28
FIGURA 2.3- Roda de Descrição do Odor.....	34
FIGURA 2.4- Caracterização do Odor	35
FIGURA 2.5- Variação da Intensidade Odorante de um Corpo Puro em Função da Concentração. Fonte: Belli, Fº. (1995).	36
FIGURA 2.6- Amostragem Indireta	49
FIGURA 2.7- Esquema de Amostragem de Ar em Sacos Olfatométricos Utilizando Câmara de Fluxo. Fonte: Schirmer, (2004).....	51
FIGURA 2.8- Diagrama Esquemático de um Olfatômetro de Operação Sim/Não	58
FIGURA 2.9- Diagrama Esquemático de um Olfatômetro de Modo de Operação Escolha Forçada. Fonte: Belli (1995).	59
FIGURA 3.1- Tampa do Primeiro Vaso Coletor de Amostra	65
FIGURA 3.2- Primeiro Vaso Coletor de Amostra de Odores	66
FIGURA 3.3- Segundo Vaso Coletor de Amostra de Odores	67
FIGURA 3.4- Limpeza dos Sacos Tedlar	68
FIGURA 3.5- Processo de Seleção de um Jurado Olfatométrico.....	69
FIGURA 3.6- Análise da Intensidade Odorante-Apresentação da Escala de Referência Butanol.....	70
FIGURA 3.7- Análise da Intensidade Odorante-Apresentação das Amostras com Odor	70
FIGURA 3.8- Olfatômetro de Diluição Dinâmica Odile, Versão 2000.	76
FIGURA 3.9- Teclado para Votação e Pontos para Percepção.	76
FIGURA 3.10- Esquema de Funcionamento do Olfatômetro de Diluição Dinâmica	78
FIGURA 3.11- Análise Olfatométrica com a Utilização de um Olfatômetro de Diluição Dinâmica	79
FIGURA 4.1- Localização dos Pontos de Amostragem da Estação de Tratamento dos Efluentes Líquidos da Refinaria RPBC.	89

FIGURA 4.2- Ponto de Amostragem 1 – Entre as Duas Caixas de Passagem.....	90
FIGURA 4.3- Ponto de Amostragem 2- Separador Água e Óleo.....	90
FIGURA 4.4- Ponto de Amostragem 3 – Entre a Lagoa de Equalização e Lagoa de Mistura Completa	91
FIGURA 4.5- Sistema Insular de Tratamento de Esgotos de Florianópolis.....	110
FIGURA 4.6- Localização dos Pontos de Amostragem no Sistema Insular de Tratamento de Esgotos de Florianópolis/SC.....	110
FIGURA 4.7- Ponto de Amostragem 1- Lagoa Pulmão(Períodos da Manhã e Tarde).	137
FIGURA 4.8- Ponto de Amostragem 2- Decantador Primário.....	138
FIGURA 4.9- Ponto de Amostragem 3 - Máquina 4: (Exaustor nº 1, Exaustor nº 2, Exaustor nº 3 e Exaustor nº 4).....	138
FIGURA 4.10- Autoposto de Combustível e GNV	149
FIGURA 4.11- Disposição das Casas Circunvizinhas ao Posto que Fizeram Parte do Júri Permanente.	151
GRÁFICO 4.1- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 3 Pontos Amostrados, em 24/03/2003.	98
GRÁFICO 4.2- Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os Três Pontos Amostrados, em 24/04/2003.	99
GRÁFICO 4.3- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 3 Pontos Amostrados, em 12/11/2003.	100
GRÁFICO 4.4- Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os Três Pontos Amostrados, dia 12/11/2003.	101
GRÁFICO 4.5– Distribuição das Respostas dos Jurados Segundo o Modelo Probit para o Ponto P1, dia 12/11/2003.....	103
GRÁFICO 4.6– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P2, dia 12/11/2003.....	104
GRÁFICO 4.7– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, dia 12/11/2003.....	107
GRÁFICO 4.8- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 5 Pontos Amostrados para a Primeira Amostragem, dia 24/05/2004.....	119
GRÁFICO 4.9- Valores Hedônicos Apresentados pelos Jurados para os 5 Pontos Amostrados, Primeira Amostragem, Dia 24/05/2004.	120

GRÁFICO 4.10- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 4 Pontos Amostrados para a Segunda Amostragem, Dia 01/09/2004.	121
GRÁFICO 4.11- Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os 4 Pontos Amostrados, Segunda Amostragem, Dia 01/09/2004.	122
GRÁFICO 4.12– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P1, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004.	124
GRÁFICO 4.13– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P1, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004	125
GRÁFICO 4.14– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Ponto P2 , Primeira Amostragem, dia 24/05/2004	127
GRÁFICO 4.15– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P2, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004	128
GRÁFICO 4.16 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004	129
GRÁFICO 4.17 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004	130
GRÁFICO 4.18 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Ponto P4, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004	131
GRÁFICO 4.19 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P5, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004	132
GRÁFICO 4.20– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P5, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004.	133
GRÁFICO 4.21 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Tanque de Borracha, Amostra Período da Manhã (23/03/2004).	139
GRÁFICO 4.22- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Tanque de Borracha, Amostra Período da Tarde (23/03/2004).	140
GRÁFICO 4.23- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Decantador Primário, Amostra do Dia 23/03/2004.	141
GRÁFICO 4.24 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Decantador Primário, Amostra do Dia 13/04/2004.	141
GRÁFICO 4.25 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 1). Amostra do Dia 27/04/2004.	143
GRÁFICO 4.26 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para Máquina N°4 (Exaustor 2). Amostra do Dia 23/03/2004.	144

GRÁFICO 4.27- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 2). Amostra do Dia 27/04/2004.	144
GRÁFICO 4.28- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 3). Amostra do Dia 23/03/2004.	145
GRÁFICO 4.29- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 3). Amostra do Dia 27/04/2004.	146
GRÁFICO 4.30- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 4). Amostra do Dia 23/03/2004.	147
GRÁFICO 4.31- Distribuição de Frequência de Percepção do Odor; Numa Amostra de 17 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003...	152
GRÁFICO 4.32- Distribuição de Frequência dos Incômodos; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003...	153
GRÁFICO 4.33- Qualidade do Odor Percebido; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.	155
GRÁFICO 4.34- Distribuição de Frequência do Grau de Incômodos; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003...	156
GRÁFICO 4.35- Intensidade do Odor Percebido, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.	157
GRÁFICO 4.36- Intensidade do Odor Percebido, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.	157
GRÁFICO 4.37- Condições do Tempo de Maior Percepção de Odor, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003...	158
GRÁFICO 4.38- Direção do Vento para a Percepção de Odor, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003...	159
GRÁFICO 4.39- Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Manhã, de 03/03 a 06/04/2002.	161
GRÁFICO 4.40- Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Tarde, de 03/03 a 06/04/2002.	161
GRÁFICO 4.41- Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Noite, de 03/03 a 06/04/2002.	162
QUADRO 2.1- Fatores que Devem Ser Considerados para a Caracterização Completa de um Odor	32
QUADRO 2.2- Técnicas Empregadas para a Análises Físico-Químicas dos Compostos Odorantes	42

QUADRO 2.3- Domínio de Utilização do Nariz Eletrônico 55

QUADRO 2.4- Vantagens e Inconvenientes da Utilização de Captores na Medida dos Odores 56

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1. Limites de Percepção e Valores Máximos de Exposição	31
TABELA 2.2. Intensidade dos Odores para Piridina e 1-butanol	37
TABELA 2.3. Escala de Categoria do Odor.....	37
TABELA 2.4. Avaliações dos Incômodos e a Necessidade das Medidas	62
TABELA 3.1. Distribuição Conjunta de Frequência das Variáveis Locais de Amostragem(P_1, P_2, P_n) e Intensidade, Observada em n Jurados.....	71
TABELA 3.2. Categorias de Intensidade e Pesos dos Fatores	73
TABELA 3.3. Categorias de Incômodos e Pesos dos Fatores.....	83
TABELA 4.1. Resultado da Intensidade Odorante (Frequências e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, em 24/04/2003.	92
TABELA 4.2. Resultado da Intensidade Odorante (frequência e percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, em 12/11/2003.	93
TABELA 4.3. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, em 24/04/2003.	95
TABELA 4.4. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Segunda Amostra, em 12/11/2003.	96
TABELA 4.5. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Três Pontos Amostrados, Dia 24/04/2003.	97
TABELA 4.6. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Três Pontos Amostrados, Dia 12/11/2003.	100
TABELA 4.7. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 12/11/2003.....	102
TABELA 4.8. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 12/11/2003.....	103
TABELA 4.9. Limite de Percepção Olfativa no Ponto 3, dia 12/11/2003.	106
TABELA 4.10. Resultado Global das Campanhas de Amostragem na ETE da Refinaria RPBC-Cubatão/SP.....	108
TABELA 4.11. Resultado da Intensidade Odorante (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, Dia 24/05/2004.	112
TABELA 4.12. Resultado da Intensidade Odorante (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, em 01/09/2004.	114

TABELA 4.13. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Primeira Amostra, dia 24/05/2004.	115
TABELA 4.14. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, dia 01/09/2004.	117
TABELA 4.15. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Cinco Pontos Amostrados, na Campanha do dia 24/05/2004.	118
TABELA 4.16. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os 4 Pontos Amostrados, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004.	121
TABELA 4.17. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 24/05/2004.	123
TABELA 4.18. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 01/09/2004.	124
TABELA 4.19. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 24/05/2004.	126
TABELA 4.20. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 01/09/2004.	127
TABELA 4.21. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P3, dia 24/05/2004.	128
TABELA 4.22. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P3, dia 01/09/2004.	129
TABELA 4.23. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P4, dia 24/05/2004.	130
TABELA 4.24. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P5, dia 24/05/2004.	132
TABELA 4.25. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P5, dia 01/09/2004.	133
TABELA 4.26. Resultado Global das Campanhas de Amostragem na ETE Insular- Florianópolis/SC	134
TABELA 4.27. Resumo de Todos os Resultados da Indústria de Processamento de Papel Reciclado.	148
TABELA 4.28. Índice de Incômodo Médio para os Períodos da Manhã, Tarde e Noite.	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFNOR	Associação Francesa de Normatização
ASTM	Sociedade Americana para Testes de Materiais
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Esgotos
CEN	Comissão Européia de Normatização
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CG	Cromatografia Gasosa
CGIR	Comissão Internacional de Engenharia Rural
CG/MS	Cromatografia Gasosa e Espectrofotometria de Massa
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
COSIPA	Companhia Siderúrgica Paulista
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CUM	Comunidade Urbana de Montreal
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
ETDI	Estação de Tratamento de Despejos Industriais
EPA	Agência de Proteção Ambiental
EZ ₅₀	Estimação dos Limites de Percepção do júri
EZ _{50p}	Estimação dos Limites de Percepção Pessoal
EROM	Massa de odor de referência européia
FID	Detecção com Ionização de Chama
Fs	Fator de Diluição
GNV	Gás Natural Veicular
K ₅₀	Limite de Percepção Olfativo
LCQAr	Laboratório de Controle da Qualidade do Ar
LPO	Limite de Percepção Olfativo
MES	Maximum Emission standards
MIS	Maximum Impact standards
ppb	Parte por Bilhão
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes-Cubatão
UO	Unidade de Odor
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VME	Valor Máximo de Exposição
VDI	Associação Alemã de Engenharia

Z_D	Limite Individual de Percepção
Z_{50+}	Limite de Percepção superior
Z_{50-}	Limite de Percepção inferior
Z_{LIE}	Limite Individual Estimado
ΔZ	Parâmetro de Seleção dos jurados

CARMO JR, G. N. R. **Otimização e Aplicação de Metodologias Para Análises Olfatométricas Integradas ao Saneamento Ambiental**. 2005. 179f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

RESUMO

Dentre as várias questões ambientais, a emissão de maus odores, produzidas por diferentes atividades industriais, tem sido fonte de preocupação e reclamação cada vez mais frequente nas populações envolvidas. As emissões odorantes podem ser originadas das mais diversas atividades antropogênicas, sejam elas agrícolas, domésticas ou industriais. Somente a análise olfatométrica é capaz de dizer se um composto é odorante ou não. Atualmente, nenhuma metodologia é padronizada ou reconhecida a nível nacional. Por conseguinte, o ajustamento de um método de referência é indispensável, o qual, é o principal foco deste trabalho: a adequação e avaliação de metodologias olfatométricas, em fontes odorantes. Foram realizados estudos de casos em locais com diferentes atividades, todos atingidos por poluição odorante, e incômodos olfativos, a fim de testar a confiabilidade e os limites dos procedimentos analíticos. Os estudos de casos foram na Estação de Tratamento de Resíduos Industriais (ETDI) da refinaria de petróleo Presidente Bernardes – Cubatão/SP, na Estação de Tratamento de Esgotos Insular- Florianópolis/SC, em uma Indústria de papel (processamento de papel reciclado) em Curitiba/PR, e em um autoposto, com abastecimento a base de gasolina, álcool, diesel e GNV (Gás Natural Veicular) - Joinville/SC. Os resultados mostraram que a fonte mais odorante na ETDI da refinaria de petróleo, era a entrada do sistema, com concentração de odor de 4652 UO.m^{-3} , esse ponto também foi o de maior intensidade odorante e o mais desagradável. Na Estação de Tratamento de Esgotos Insular a entrada do sistema também foi de maior concentração odorante, na faixa de 32.798 a 47.740 UO.m^{-3} e índice de intensidade de odor $5,0$ que correspondia a odor muito forte. Para a indústria de papel reciclado, todos os exaustores avaliados apresentaram carga de odor elevada, valores na faixa de $35.628.192 \text{ UO.h}^{-1}$ a $103.853.376 \text{ UO.h}^{-1}$. Esses valores estavam acima do valor estipulado pelo órgão ambiental do Paraná que é de $5.000.000 \text{ UO.h}^{-1}$. A aplicação do questionário geral e permanente no autoposto, possibilitou a realização de um diagnóstico ambiental odorante. Essa metodologia poderá servir como instrumento para gerir conflitos entre moradores e fonte odorante. As metodologias propostas para a caracterização do odor, através da aplicação das análises de intensidade, qualidade, hedonicidade e concentração do odor, se mostraram adequadas, caracterizando a real situação dos odores para cada estudo de caso, nos dias e períodos em que foram realizadas as amostragens.

Palavras-chave: odor, metodologia, olfatometria.

CARMO JR, G. N. R. **Otimização and Aplicação de Metodologias for Olfactométrica análise to the Sanitation Environmental.** 2005. 179p. Thesis (Doctorate in Environmental Engineering) – Post-graduation in Environmental Engineering. Federal University of Santa Catarina, Florianópolis.

ABSTRACT

Among many environmental issues, the emission of bad smells produced by different industrial activities has been a source of preoccupation and complaint more frequently within the involved population. Smelly emissions may be originated from the most diverse anthropogenic activities, be them agricultural, domestic, or industrial ones. Only an olfactometric analysis is capable of eliciting whether a compound is smelly or not. Nowadays, no methodology is considered as a standart or recognized nationally. As a consequence, the adjustment of a reference method is indispensable, which in turn is the main focus of this study: turning the olfactometric methodologies adequate and evaluate them in smelly sources. Study cases were carried out in places with different activities, all polluted with smelly pollution and olfactory annoyances in order to test the trust and limits of the analytical procedures. The case studies were carried out in the Industrial Residues Treatment Station (ETDI) of the Presidente Bernardes petrol refinery – Cubatão/SP, in the Insular Sewage Treatment Station in Florianópolis/SC, in a paper industry (recyclable paper processing) in Curitiba/PR, and in a self station, with filling of gas, alcohol, diesel, and GNV (Automotive Natural Gas) – Joinville/SC. The results had shown that the source odorant in the ETDI of the petrol refinery, was the entrance of the system, with odour concentration of 4.652 UO.m^{-3} , this point also was of the bigger odorante intensity and more unpleasant. In the Station of Treatment of Insular Sewers the entrance of the system also was of bigger odorante concentration, in the band of 32.798 the 47.740 UO.m^{-3} and index of intensity of odor 5,0 that it corresponded the very strong odor. For the industry of recyclable paper, all the evaluated exhaust fans had presented raised load of odor, values in the band of $35.628.192 \text{ UO.h}^{-1}$ the $103.853.376 \text{ UO.h}^{-1}$. These values were above of the value stipulated for the ambient agency of the Paraná that is of $5.000.000 \text{ UO.h}^{-1}$. The application of the general and permanent questionnaire in self station, made possible the accomplishment of an ambient diagnosis odorante. This methodology may even serve as instrument for the management of conflicts between inhabitants and the smelly source. The methodologies which were proposed for the characterization of the smell, by the application of the analysis of intensity, quality, hedonism, and smell concentration proved to be adequate, characterizing the real situation of the smells for each case study on the days and periods in which the samples were collected.

Key-words : odor, methodology, olfatometry.

1. INTRODUÇÃO

O controle à poluição atmosférica caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da conservação do meio ambiente e na implementação de uma política de desenvolvimento sustentável, já que afeta de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais. A poluição do ar é um fator que acaba por afetar de forma global a vida de todos.

Os odores talvez sejam a manifestação de poluição do ar mais imediatamente notada em uma comunidade. A presença de substâncias no ar que causam percepção de odores é uma freqüente fonte de reclamação do público junto aos órgãos ambientais. A determinação precisa do nível de odor no ar ambiente é muito difícil, isso devido às diferentes percepções, e também pela presença de diferentes tipos de compostos, especialmente quando estes são combinados, resultando em misturas complexas.

Um grande número de atividades industriais, agrícolas ou domésticas são responsáveis pelos incômodos olfativos, gerados por diferentes processos químicos ou biológicos, tais como: as decomposições térmicas, aeróbias ou anaeróbias.

Dentre as fontes odorantes, as que mais se destacam são: as indústrias químicas e petroquímicas; as indústrias de processamento de madeira; as indústrias de papel e celulose; as agroindústrias; indústrias de processamento de alimentos e ração e as estações de tratamento de resíduos (líquidos, sólidos e de dejetos de animais).

Tal problema pode ser analisado por diferentes técnicas, como a análise olfatométrica; o uso de nariz eletrônico; e análise físico-química. Este último método permite identificar e quantificar as moléculas responsáveis pelos incômodos.

Os sensores eletrônicos ou nariz eletrônico fornecem uma resposta imediata, todavia não são bastante sensíveis e não muito seletivos (Teetaert, 1999).

A análise físico-química não dá uma resposta imediata, mas permite conhecer a composição do gás e, então, designar o processo de desodorização (Guillot, et al 1995).

Segundo Wosny (2001):

O estudo dos odores é um assunto que pode ser considerado como marcante e fascinante, que oferece múltiplas possibilidades de abordagem em diversos seguimentos do conhecimento. A história, a filosofia, a psicologia, a antropologia, a química, a neurofisiologia, a neurociência e a engenharia, entre outros campos de pesquisa, são espaços de freqüentes incursões de estudiosos da olfação. Entretanto, apesar dos estudos, trata-se de uma área com conhecimentos limitados, considerando-se as dificuldades técnicas para pesquisas desta sensação.

O maior problema enfrentado, quando se tenta oferecer solução para as reclamações de odores feitas por uma comunidade, é a falta de padrões adequados que possam orientar as autoridades e os administradores ambientais das empresas emissoras de tais poluentes, quanto à caracterização do problema e ao nível de controle necessário para a solução do incômodo.

Entre todos os tipos de poluição ambiental, os maus odores são, talvez, o mais freqüente, e também o mais difícil de regular. Um cheiro desagradável é considerado como algo subjetivo, portanto, legalmente indefinível. Com base neste princípio, as autoridades ficam impedidas de atuar, a não ser que os maus odores causem simultaneamente outro tipo de contaminação reconhecida por lei. Por isso, são poucos os países onde há legislação para esta forma de poluição.

Apesar da preocupação crescente com as várias fontes de poluição ambiental, a poluição por maus odores ainda é muito desconhecida no Brasil. No entanto, países como Estados Unidos, Holanda, Reino Unido, Alemanha, Canadá, França e Dinamarca, elaboraram, ou estão em fase de elaboração, de normas definindo metodologias que possibilitem quantificar objetivamente a emissão de odores e relacionar estas emissões com o nível de mau estar que causam às populações (Teixeira *et al*, 2001).

A necessidade do desenvolvimento de um sistema de qualidade para olfatométria e padronização de procedimentos de medidas olfatométricas tem sido reconhecida especialmente em anos recentes (Belli F^o e De Melo Lisboa, 1998).

Todos os fatores que causam o incômodo olfativo não são atualmente bem conhecidos. A percepção e apreciação dos diferentes odores diferem de uma pessoa para outra. Até o momento o sistema olfativo humano é o único que consegue dizer se uma mistura de moléculas é odorante ou não.

O olfato foi durante muito tempo o mais enigmático dos sentidos. Não eram compreendidos os princípios básicos para reconhecer e recordar os aproximadamente 10 mil odores. Os cientistas norte-americanos ganharam o Prêmio Nobel de medicina em 04 de outubro de 2004 por seus trabalhos sobre os receptores de odores e a organização do sistema olfativo.

Os cientistas descobriram uma grande família genética, composta por mil diferentes genes (3% do mapa genético) que atuam em um número equivalente de tipos de receptores olfativos. Esses receptores ocupam um pequeno lugar na parte alta do epitélio nasal e detectam o odor das moléculas inaladas. Cada célula especializada na detecção de odores só possui um tipo de receptor odorante, o qual apenas pode detectar um número limitado de substâncias. Em consequência, nossas células olfativas são muito especializadas em alguns

odores. As descobertas dos professores Axel e Buck enfatizam a importância do sistema olfativo na qualidade de vida do ser humano.

Por outro lado, as metodologias de análises dos compostos odorantes, utilizando a olfatometria, é essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle dos odores como de uma legislação pertinente à questão do incômodo olfativo.

Atualmente nenhuma metodologia é padronizada ou reconhecida em nível nacional. Por conseguinte, o ajustamento de métodos de referência é indispensável, que é o principal foco deste trabalho: otimização de metodologias analíticas olfatométricas para realidade Brasileira.

Este trabalho insere-se nos estudos que o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), da Universidade Federal de Santa Catarina, vêm desenvolvendo sobre metodologias analíticas de odores, tratamento e ações de inserção das tecnologias na comunidade. O departamento possui linhas de pesquisa sobre odores enfocando a suinocultura, setor industrial e saneamento básico.

1.1 OBJETIVO GERAL

Esta tese teve como objetivo geral a otimização e aplicação de metodologias olfatométricas, para a avaliação da qualidade do ar, aplicada em situações específicas, apresentando-se como instrumento de apoio para estudos ambientais .

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os fenômenos odorantes, caracterizando-os de acordo com suas fontes de origem;
- Desenvolver procedimento para amostragem de odores;
- Avaliar e otimizar a análise da intensidade odorante pelo método de diluição estática, utilizando como composto de referência o butanol;
- Detectar a concentração do odor com a utilização de um olfatômetro de diluição dinâmica (marca Odile, versão 2000) para situações específicas;
- Avaliar os impactos de incidência do odor gerado em locais onde eles se apresentam com significância.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, esta tese foi estruturada em três partes:

Parte 1: Apresenta-se uma revisão bibliográfica consagrada aos problemas de odores, do ponto de vista de percepção, sua origem e o estado atual da metodologia, particularmente sobre as técnicas olfatométricas utilizadas.

Parte 2: Adequação das metodologias de análise olfatométricas: análise da intensidade odorante, pelo método de diluição estática, tendo como composto de referência o butanol, avaliação do limite de percepção olfativo (concentração do odor) pelo método de diluição dinâmica, com a utilização de um olfatômetro.

Foram ainda analisados a qualidade e hedonicidade (agradabilidade e desagradabilidade) do odor, passando pelo desenvolvimento de um método de amostragem em fontes odorantes para análise olfatométrica, bem como, a seleção e montagem de um painel ou júri de odores.

Também foi proposto o diagnóstico do conforto ambiental odorante das pessoas que moram na circunvizinhança de uma fonte odorante. A medida do impacto ambiental foi realizada com base em questionários aplicados a uma amostra de residentes, na área atingida pelos odores.

Parte 3: A terceira parte foi de avaliação e otimização dos procedimentos propostos, baseados em estudos de casos realizados em locais atingidos pela poluição odorante, sendo avaliados diferentes locais, com diferentes atividades, que apresentam atmosferas odorantes, mais e menos concentradas, ligadas a incômodos olfativos, a fim de testar a confiabilidade e os limites dos procedimentos analíticos aqui propostos.

Os estudos de casos foram realizados na Estação de Tratamento de Resíduos Industriais (ETDI) da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes (RPBC) – Cubatão/SP, na Estação de Tratamento de Esgotos Insular- Florianópolis/SC, em uma indústria de papel(processamento de papel Reciclado) - Curitiba/PR, e em um Autoposto com abastecimento à base de gasolina, álcool, diesel e Gás Natural Veicular (GNV) - Joinville/SC.

A adaptação do procedimento às diversas condições encontradas é exibida e discutida.

2. ODORES

O odor pode ser definido, de uma maneira simples, como uma mistura complexa de moléculas químicas voláteis. Seus produtos, em concentrações muito variáveis, são emitidos, na sua maioria, por atividades humanas, agrícolas, industriais ou domésticas (Le Cloire *et al.* 1991).

Para que as moléculas sejam odorantes, é necessário que reajam com a mucosa nasal criando uma sensação olfativa. Esta última depende da natureza da substância odorante e de sua concentração no ar.

A Comissão Internacional du Génie Rural (1994) apresenta o odor como o efeito de uma mistura complexa de gases, muitos dos quais não são conhecidos. Conforme Teetaert (1999), o odor é uma mistura complexa de compostos químicos a concentrações muito fracas, que dão origem a uma sensação odorante percebida pelo nariz humano.

O odor é a sensação resultante da recepção de um estímulo pelo sistema sensorial olfativo. Os tipos de respostas dos seres humanos a estes estímulos dependem das propriedades sensoriais do que se está avaliando, incluindo a intensidade de odor, concentração de detecção e tipo de sensação que proporciona (agradável / desagradável). A combinação dos efeitos destas propriedades relaciona o incômodo que o odor pode causar (Zurita *et al.*, 1999).

O odor é uma sensação associada com uma variedade de compostos os quais, quando presentes em concentração suficientemente alta no ar, ativam respostas nas pessoas expostas (Cudmore e Dons, 2000).

2.1 Percepção dos Odores

Desde o nascimento, o homem possui o olfato, um sentido que permite perceber os odores que circulam na atmosfera que o entorna. Os mecanismos do olfato são complexos e ainda não totalmente conhecidos (Fernandez, 1997).

Para ¹Martin (1993), citado por Lopez (2001), a percepção olfativa ocorre devido à difusão dos compostos odorantes no muco que banha o epitélio olfativo, podendo interagir com as células sensoriais dos cílios olfativos. As substâncias são dotadas de propriedades

eletrônicas e de polaridades tais, que sua interação com os receptores olfativos induz a uma corrente iônica transmembranar. O sinal recebido é depois transmitido ao longo da zona sensorial até o cérebro, gerando uma reação da pessoa.

Dos cinco sentidos, o olfato é o mais complexo e único em estrutura e organização. O sistema olfativo emprega um papel maior como mecanismo de defesa, criando uma resposta de aversão aos odores e irritantes (Mcginley e Mcglinley, 2002).

Os odores passam pelo nariz no estado gasoso ou em forma de partículas sólidas que são dissolvidas pelas secreções mucosas, visto que só é possível perceber sensações olfativas em estado líquido. Assim, as moléculas aromáticas, ao tocar os cílios das células sensoriais do olfato, provocam uma série de estímulos que se intensificam até alcançar as fibras nervosas e o cérebro, onde são interpretados e respondidos. Estudos comprovam que apenas uma molécula aromática é suficiente para gerar impulso, que é reconhecido pelas fibras nervosas que permeiam a lâmina óssea e as fossas nasais, chegando ao bulbo olfativo (Wosny, 2001).

As sensações olfativas são localizadas ao nível da cavidade olfativa que se encontra nas fossas nasais. A mucosa olfativa é o órgão receptor da olfação. Ela apresenta uma superfície de 2 a 3 cm² e é constituída de neuroepitélios possuidores de células receptoras, de sondas e de uma sub-mucosa onde se encontram os neuro-receptores. Os estímulos chegam por meio da corrente de ar respiratória em contato com a mucosa. As substâncias transportadas preenchem as células sensoriais, que estão conectadas às ramificações dos nervos olfativos. O acesso a esta região também é feito pelas vias retro-nasais, através da impulsão de degustação, seguida de uma expiração (Belli F^o e De Melo Lisboa, 1998).

As mucosas olfativas são compostas de um neuroepitélio que é constituído de uma rede de células receptoras. Os estímulos odorantes acontecem quando as correntes de ar respiradas entram em contato com a mucosa. A absorção do ar favorece o transporte das substâncias preenchendo as células sensoriais conectadas às ramificações dos nervos olfativos. O acesso a essa região se faz também pela via retro nasal. São impulsos de um movimento de deglutição, seguido de uma expiração (Belli F^o, 1995). Na FIG. 2.1 está representado o perfil anatômico do aparelho olfativo e seus princípios de operação.

¹ MARTIN, G. Atmosphère, atmosphere!. Biofutur. 1993, 126, 22-28 p.

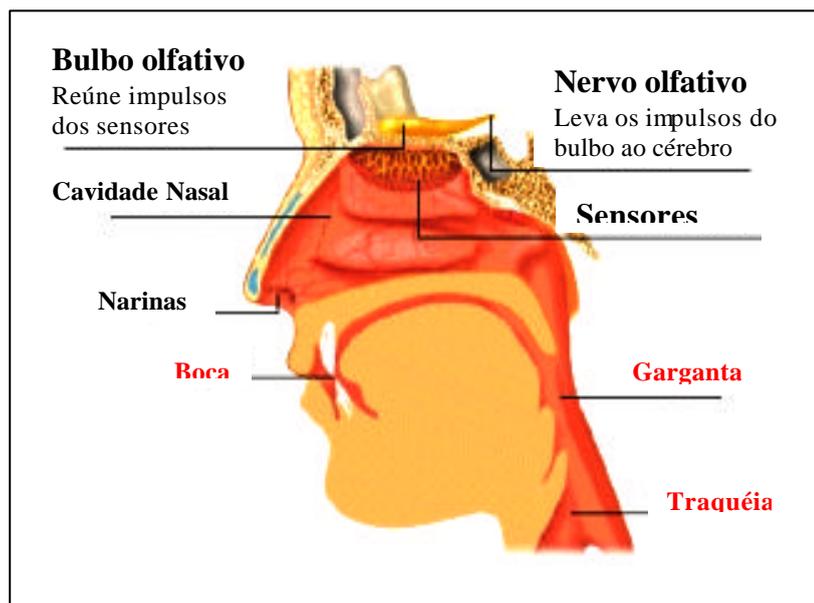


FIGURA 2. 1-Perfil anatômico e Princípios de Operação do Aparelho Olfativo

Fonte: http://www.webciencia.com/11_32olfato.htm

O conhecimento do aparelho olfativo permite distinguir as características gerais de uma molécula odorante. Em efeito, para estimular a zona olfativa, três propriedades essenciais são requeridas. A primeira é a volatilidade de uma molécula: sua tensão de vapor deve ser suficiente para que ela atinja a mucosa olfativa. Isso explica porque os metais, à temperatura ambiente, são inodoros. A substância deve ser igualmente solúvel na água para alcançar as terminações nervosas que são envolvidas de uma fina película aquosa. Por último, sua solubilidade nos lipídios lhe permite penetrar até as terminações nervosas, através da camada lipídica da membrana celular (Fernandez, 1997).

A anatomia do sistema olfativo é relativamente bem conhecida, mas não se pode dizer o mesmo do mecanismo fisiológico que gera a percepção de um odor. Um fenômeno bioquímico ocorre entre moléculas específicas e receptores específicos do sistema olfativo. Numerosas teorias tentam ligar a estrutura molecular e as propriedades físico-químicas de uma substância, com a sensação que provoca, mas não apresentam inteira satisfação (Fernandez, 1997).

A percepção do odor pode ser considerada a resposta a um odorante que entra nas narinas (Saskia M. e Van Ruth, 2001).

A resposta humana para um odor é altamente subjetiva; diferentes pessoas encontram diferentes odores ofensivos em diferentes concentrações. Isto resulta na maneira diferente que os indivíduos percebem os odores.

Na FIG. 2.2, Stuetz e Frechen 2001 mostram um modelo simples para descrever a percepção humana do odor:

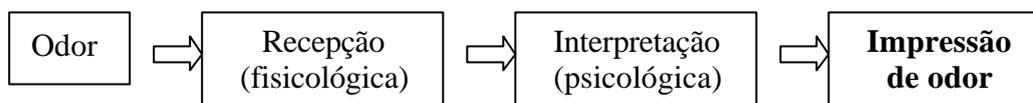


FIGURA 2. 2- Processo de Percepção do Odor

Fonte: Stuetz e Frenchen (2001).

O processo é visualizado em dois estágios, a recepção fisiológica e a interpretação psicológica, que resultam em uma impressão mental de um odor específico.

A sensibilidade de recepção psicológica de um odor difere de pessoa para pessoa (Gostelow *et al.*, 2001).

O limite olfativo humano para diferentes compostos varia muito devido à natureza química dos compostos, e entre indivíduos, dependendo da idade, gênero e estado de saúde. Vários estudos salientam que a sensibilidade olfativa decresce com a idade (Bliss *et al.*, 1996; Elsner, 2001).

O efeito do gênero na percepção do odor também tem sido investigado, entretanto, as diferenças não são estatisticamente significantes (Bliss *et al.*, 1996).

A percepção do odor pode também estar unida a experiências emocionais, como por exemplo a fatores associados a experiência com um cheiro muito desagradável ou muito agradável. Portanto, a associação dos odores com fonte particular, ou eventos, é uma aprendizagem do processo, pela qual os indivíduos são capazes de derivar informação sobre seu ambiente, que pode ser usado para futura interpretação (Stuetz *et al.*, 2001).

Segundo Teetaert (1999), a percepção de um odor coloca o indivíduo em um estado de alerta. Esta sensação pode acarretar um embaraço (odor desagradável) ou um bem-estar (odor agradável), mas também pode colocar a pessoa em um estado de vigilância, em previsão de um eventual risco tóxico. A percepção humana dos odores é função da concentração da mistura odorante.

Ainda de acordo com a autora, os valores de limites de percepção são geralmente inferiores aos valores limites de toxicidade, alertando o indivíduo da presença de um composto, sem, obrigatoriamente induzir a um risco tóxico.

2.2 Principais Fontes dos Odores

Le Cloirec *et al.* (1991) e Teetaert (1999) dividem as fontes odorantes em duas grandes categorias:

-Os odores provenientes da fermentação, ou seja, da transformação de substâncias minerais ou orgânicas em moléculas voláteis em meio aeróbio ou anaeróbio. Neste caso em particular encontram-se, todas as indústrias ligadas a resíduos sólidos ou líquidos, mas também atividades que requeiram processos biológicos.

-Os odores de indústria de transformação, por exemplo, a indústria agroalimentar, química, perfumaria, etc. Neste caso, os odores podem ser da matéria-prima, ou do produto intermediário ou final, ou do subproduto. Essas fontes são de diferentes linhas de produção: armazenamento, síntese, secagem, manutenção, etc.

As emissões odorantes são quase sempre resultantes de reações químicas ou bioquímicas. Estas reações são de três tipos, ²Bouscaren, (1984) citado por Fernandez, (1997):

- A decomposição térmica de compostos orgânicos (encontrado nas indústrias ligadas à energia, mas também as de fundição, as indústrias de papel, etc);
- A decomposição anaeróbia de materiais orgânicos (fabricação de alimentos, de champignons, estações de depurações);
- Os dejetos de animais (encontrados principalmente nas criações intensivas ou dejetos de aves e suínos, etc).

Os odores são produtos da fermentação que degradam a matéria orgânica. Nas indústrias agro-alimentares, as matérias-primas são em quantidades abundantes (proteínas, açúcares, gorduras...) e os compostos odorantes são produtos de diferente natureza em cada um estágio da fermentação (hidrólise, acidogênese e metanogênese) (Laplanche, 1999).

2.3 Odores e a Saúde

Antigamente, a humanidade achava que os odores bons ajudavam a preservar a saúde e os odores ruins, de mau cheiro, eram nocivos à saúde. Deste conceito surgiu, por exemplo, a palavra malária, que tem sua origem na expressão italiana mala ária, que significa “mau ar”.

Atualmente, muitos avanços foram obtidos sobre os efeitos do odor na saúde das pessoas, embora ainda seja um campo que necessita de muita investigação.

²BOUSCAREN, R. Les produits odorants. Leurs origines. TSM-L' eau. 1984. 892-900 p.

Os efeitos dos odores na saúde ainda são muito difíceis de serem quantificados, mas já foram relatados e documentados sintomas de náuseas, vômitos e dores de cabeça; falta de fôlego e tosse; distúrbios no sono e no apetite; irritação nos olhos, nariz e garganta; inquietação, tristeza e depressão; redução da sensação de bem-estar e do prazer de realização de atividades cotidianas como comer, passear etc. Há evidências, mostradas em estudos sob condições controladas, que determinados odores podem induzir a alterações fisiológicas e morfológicas, sobretudo do sistema respiratório cardiovascular (Álvares Jr et.al, 2002).

A importância dos odores em baixas concentrações, para o ser humano, está relacionada, especialmente, com a tensão psicológica que eles produzem, em vez de danos que eles possam acarretar para o organismo. Em situações extremas, odores ofensivos podem levar à deterioração pessoal e da auto-estima da comunidade, inferindo no relacionamento humano, desencorajando investimento de capital, baixo status sócio-econômico, e inibindo o crescimento. Estes problemas podem resultar em depreciação de valores das propriedades, queda na arrecadação de impostos e vendas (Metcalf e Eddy, 1991).

Os efeitos crônicos dos odores resultam da exposição a repetidos impactos causados por odores objetáveis ou ofensivos, por um longo período de tempo. Em muitas ocasiões ele é de natureza repetitiva, e seu efeito acumulado é o problema, considerando que eventos individuais não são necessariamente significativos. A exposição crônica resulta, freqüentemente, de emissões de processos que podem ser contínuos ou periódicos quanto à natureza. Os padrões de vento no local geralmente influenciam os impactos odorantes em localizações diferentes (Cudmore e Dons, 2000).

Assim como os incômodos causados por barulho ou pó, existem também aquelas ocasiões em que um único odor é tão forte ou agudo que se torna inaceitável, podendo causar um efeito adverso. Isto independe do fato desse evento acontecer com baixa freqüência, como, por exemplo, duas vezes por ano. O termo “efeito agudo de odor” relaciona-se ao efeito adverso devido ao curto prazo de exposição a um odor censurável ou ofensivo. Tais circunstâncias surgem tipicamente de emissões anormais de um processo ou atividades infreqüentes que emitem uma grande quantidade de odor no ar, por um período limitado de tempo (Cudmore e Dons, 2000).

Na TAB. 2.1 são apresentadas as características dos principais compostos relacionados aos maus odores e seus valores máximos de exposição (VME).

TABELA 2.1. Limites de Percepção e Valores Máximos de Exposição

Classe de composto	Composto	Característica dos odores	Limite olfativo (mg/N m ³ ar)	VME (mg/Nm ³ ar)
Enxofre	Ácido Sulfídrico	Ovo podre	0,0001 a 0,03	14
	Metilmercaptana	Repolho, alho	0,0005 a 0,08	1
	Etilmercaptana	Repolho podre	0,0001 a 0,03	1,25
	Dimetilsulfeto	Legume podre	0,0025 a 0,65	
	Dietilsulfeto	Etéreo	0,0045 a 0,31	
	Dimetildissulfeto	Pútrico	0,003 a 0,014	
Nitrogênio	Amônia	Picante e irritante	0,5 a 37	18
	Metilamina	Peixe podre	0,0021	12
	Etilamina	Picante, amoniacal	0,05 a 0,83	18
	Dimetilamina	Peixe deteriorado	0,047 a 0,16	18
	Indol	Fecal, nauseante	0,0006	
	Escatol	Fecal, nauseante	0,0008 a 0,10	
	Cadaverina	Carne em decomp.	-	
Ácidos	Acético	Vinagre	0,025 a 6,5	25
	Butírico	Manteiga	0,0004 a 3	
	Valérico	Suor	0,0008 a 1,3	590
Aldeídos e Cetonas	Formaldeído	Ocre, sufocante	0,033 a 1,12	3
	Acetaldeído	maçã	0,04 a 1,8	180
	Acroleína		0,49	0,25
	Butiraldeído	Ranço	0,013 a 15	885
	Isovaleraldeído	Fruta, maçã	0,072	175
	Acetona	Fruta doce	1,1 a 240	24000,25
Alcoóis e Fenóis	Butanol	-	0,006 a 0,13	305
	Fenol	-	0,0002 a 0,004	19
	Cresol	-	0,00001	22

Fonte: Adaptado de Humeau, 2001.

Apesar de todos esses sintomas ocasionados à saúde e impactos dos odores, há ainda uma grande dificuldade no estabelecimento de uma relação entre a intensidade e o tempo de exposição com a magnitude dos efeitos citados (Álvares Jr et.al, 2002).

A definição de saúde inclui estado de bem-estar físico, mental e social, sendo o bem-estar independente dos hábitos de vida, da biologia humana, do meio sócio cultural e do bem-estar sobre o meio físico (meio ambiente) dentro do qual a pessoa vive. Por essa razão, do ponto de vista da saúde pública, os incômodos olfativos não podem estar dissociados do conceito de saúde (Silva, 2002).

2.4 Características dos Odores

A sensação provocada pela percepção de um odor pode ser considerada sob três aspectos: qualitativo (sua natureza específica), hedonístico (agradável ou desagradável) e intensivo (Le Cloirec, 1991; Fernandez, 1997).

Para Sneath (2001), a percepção odorante tem quatro dimensões: detectabilidade, intensidade, qualidade e hedonicidade.

As experiências e memória dos jurados forçam seu sentimento pessoal de tomar decisões objetivas relativas a limites de detecção, reconhecimento e intensidade usando a escala de butanol, e identificação do caráter usando escala de categoria (McGinley e McGinley, 2002).

Conforme Nuvolari *et al.* (2003), quatro parâmetros independentes são exigidos para uma completa caracterização de um odor: qualidade, detectabilidade, hedonicidade e intensidade. O autor apresenta o QUADRO 2.1:

QUADRO 2. 1 - Fatores que Devem Ser Considerados para a Caracterização Completa de um Odor

Fator	Descrição
Qualidade ou Caráter	Relaciona as associações mentais feitas pelas pessoas ao sentirem o odor; a determinação pode ser bastante subjetiva.
Detectabilidade e Concentração do odor	O número de diluições exigidas para se reduzir um odor ao mínimo que se pode detectar
Hedônicidade	A relativa agradabilidade ou desagradabilidade do odor sentido pelas pessoas
Intensidade	A força do odor; normalmente medida com um olfatômetro tendo como composto de referência o butanol por diluição até o limiar olfativo

Fonte: Nuvolari et al, 2003.

2.4.1. Qualidade do Odor

A linguagem olfativa é efetivamente baseada na comparação da percepção a um odor fundamental freqüentemente encontrado (Fernandez, 1999).

A qualidade de uma substância odorante é uma medida inteiramente subjetiva. Nela usa-se uma linguagem de analogia baseada em interpretações pessoais (ex. cheiro de fruta, de peixe, de ovos, de menta). Essa característica influencia significativamente as respostas aos odores. O cheiro se “parece” com uma substância (Stuetz e Frenchen, 2001).

A qualidade do odor também é conhecida como “caráter do odor”, apresentado uma escala de medida nominal (categoria). O odor é caracterizado utilizando-se um vocabulário de referência para gosto, sensação, e descritores de odor. Numerosos padrões, de descrição do odor, estão disponíveis para o uso como vocabulário de referência. McGinley e McGinley (2002) destacam oito categorias reconhecidas da descrição do odor, em que são ilustradas como a “roda de odor”: vegetal, frutífero, floral, medicinal, químico, piscoso, ofensivo e térreo. São listadas descrições específicas do odor para cada categoria, como mostra a FIG. 2.3.

A descrição específica do odor pode ser representada em um histograma, o qual apresenta a porcentagem das respostas assinaladas para cada odor específico da amostra, os asteriscos (*) são o número de vezes que cada odor foi escolhido pelos jurados, e também pode ser apresentado por um gráfico tipo radar, no qual os valores mais afastados do centro são os que obtiverem maior percentual de respostas, essas duas formas de apresentação podem ser visualizadas na FIG. 2.4.

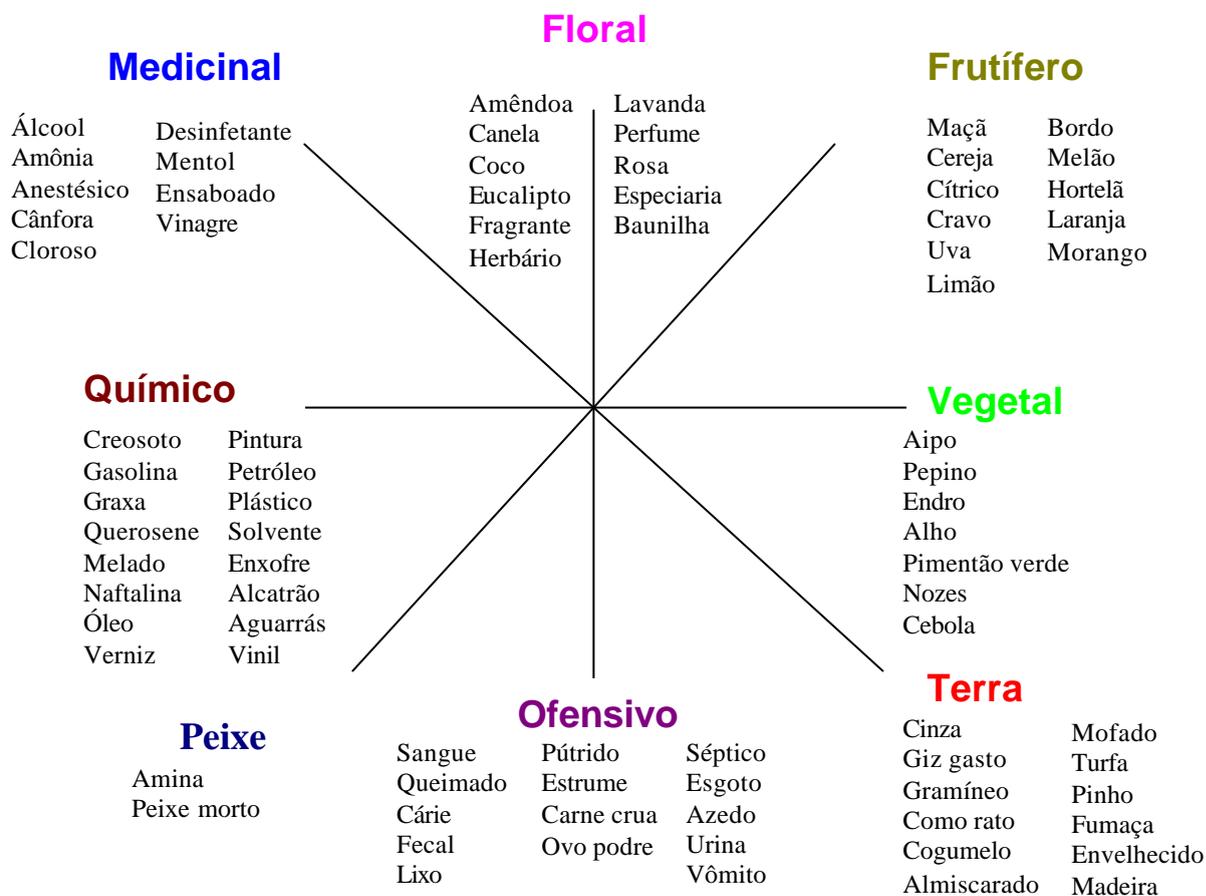
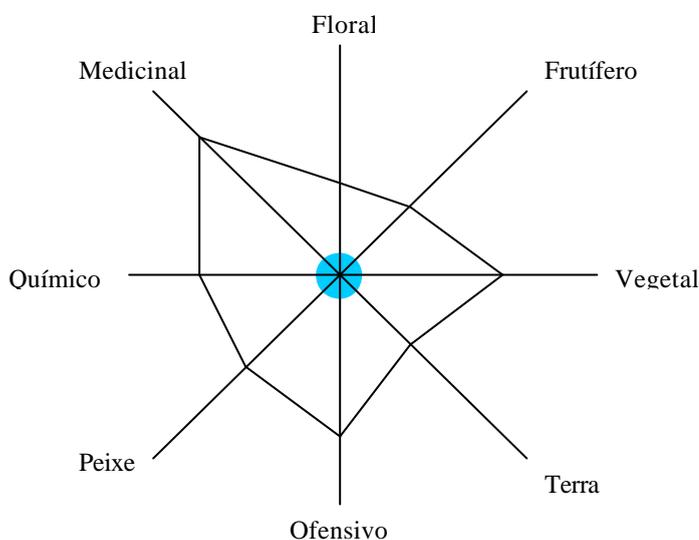


FIGURA 2.3- Roda de Descrição do Odor

Fonte: McGinley C. e McGinley M (2002).

Exemplo de Gráfico de Descrição do Odor



Exemplo de Gráfico de Descrição do odor

Alho	*****
Cebola	*****
Maçã	*****
Herbário	*****
Amêndoa	*****
Desinfetante	*****
Amônia	*****
Cloroso	*****
Óleo	*****
Enxofre	*****
Amina	*****
Esgoto	*****
Queimado	*****
Ovo podre	*****
Pútrido	*****
Envelhecido	*****
Fumaça	*****
Giz gasto	*****

FIGURA 2.4- Caracterização do Odor

Fonte: McGinley C. e McGinley M (2002).

2.4.2 Intensidade de um Odor

A intensidade percebida de um odor é relativa a sua força acima do limite de reconhecimento. A norma ASTM E544-97, “Prática padrão para referência supralimite de intensidade de odor”, apresenta dois métodos referenciando a intensidade de ambientes com odor: Procedimento A - Método da escala dinâmica; e Procedimento B - Método da escala estática.

O método da escala dinâmica utiliza um olfatômetro, dispositivo com fluxo contínuo de um odorante padrão (butanol) para apresentação a um júri. O júri compara a intensidade observada de uma amostra de odor, a um nível de concentração específico do odorante padrão. A intensidade é, usualmente, representada usando-se uma categoria de escala subjetiva (exemplo: fraca-moderada-forte) por magnitude estimada subjetiva (exemplo: odor A é duas vezes tão forte quanto o odor B) ou por referência a um odorante específico, do qual a concentração é ajustada, até que o odorante da referência e o do teste tiverem a mesma intensidade percebida (Gostelow *et al.*, 2000).

O método da escala estática se refere ao método estático, uma série de frascos (erlenmeyer) contendo concentrações fixas do odorante padrão (butanol) diluído em água para apresentação a um júri, a escala é representada usando uma categoria subjetiva (exemplo: fraca-moderada-forte). O júri compara a intensidade observada de uma amostra de odor, a um nível de concentração específico da escala do odorante padrão (Belli, 1995).

O método da escala estática tem sido incorporado como padrão em muitos laboratórios em decorrência do baixo custo de instalação comparado com um olfatômetro (McGinley C. e McGinley M. 2000).

A intensidade é uma função crescente da concentração dos odores no ar respirado. A relação entre a concentração de odor e a intensidade percebida ou fisiológica é representada pela equação da Lei de Stevens:

$$\log I = b \log C + \log a$$

Em que:

a = constante de Stevens;

b = traduz o crescimento da intensidade odorante em função da constante (valor entre 0,2 a 0,8);

I = intensidade;

C = concentração odorante.

A variação da intensidade de um corpo puro, em função de sua concentração, é representada pela curva de Stevens mostrada na FIG. 2.5.

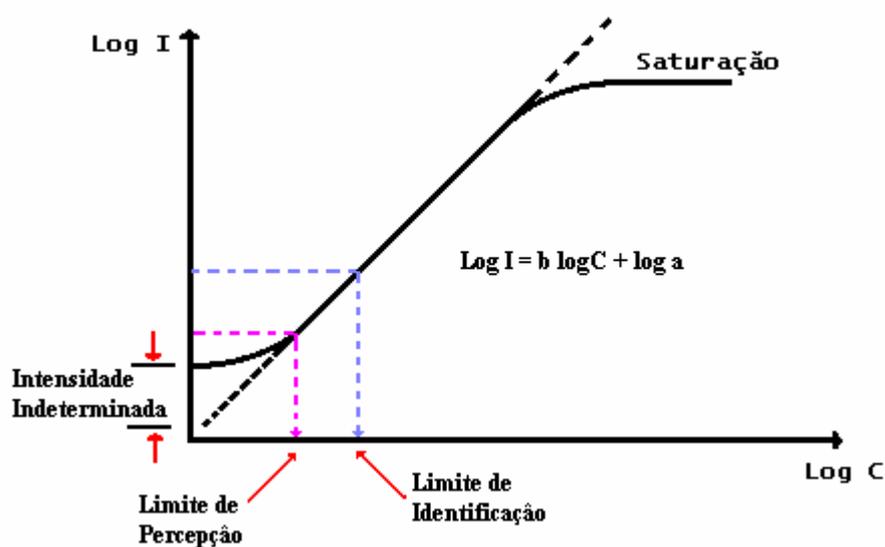


FIGURA 2.5- Variação da Intensidade Odorante de um Corpo Puro em Função da Concentração. Fonte: Belli, Fº. (1995).

A avaliação da intensidade odorífera pode ser desenvolvida utilizando-se o método do butanol, que permite comparar a amostra a ser analisada com padrões referenciais de odores. Este método vale-se uma escala de referência, com concentrações diferentes e conhecidas de soluções diluídas em água ou em ar inodoro (Perrin, 1994).

A TAB. 2.2 mostra as diluições em água destilada recomendadas conforme a norma francesa AFNOR (1993) para piridina e 1-butanol.

TABELA 2.2. Intensidade dos Odores para Piridina e 1-butanol

Concentração (g/l)	Nível	Intensidade do odor
0,001	1	Muito fraco
0,01	2	Fraco
0,1	3	Médio
1	4	Forte
10	5	Muito forte

Fonte: ³AFNOR, (1993) citado por Belli F^o e De Melo Lisboa (1998)

Segundo a VDI 3882- Parte 1- 1992 (determinação de intensidade do odor) para avaliar a intensidade do odor de uma amostra inalada, o júri deve classificar sua impressão de odor de acordo com o conceito especificado seguindo a escala apresentada na TAB. 2.3.

TABELA 2.3. Escala de Categoria do Odor

Odor	Nível de intensidade
Extremamente forte	6
Muito forte	5
Forte	4
Distinto	3
Fraco	2
Muito fraco	1
Não perceptível	0

Fonte: VDI 3882 – Parte I (1992).

³AFNOR X 43-103-Qualité de l'air.Mesurage de l'odeur d'une atmosphère gaseuze. Méthode supraliminaire. Norma técnica francesa, 1993.

para sua referência e memória individual. O valor hedônico de um odor, testado em laboratório, é a média do valor hedônico individual assinalado por cada jurado.

2.4.4 Concentração de um Odor

Segundo a VDI 3881- Part 1 (1986) e VDI 3882 - Part 1 (1992), a concentração odorante de uma amostra gasosa (composto simples ou mistura composta) é determinada pela diluição do odor com ar neutro até que o limite de percepção do odor seja alcançado.

O valor numérico da concentração odorante da amostra investigada, é também referido como o número de diluição ao limite de percepção do odor ou número de odor; o valor absoluto é dado pelo fluxo volumétrico da amostra do gás odorante e o ar neutro no instante em que o limite do odor é obtido.

A unidade quantitativa é a Unidade de Odor (UO) dividida pela unidade de volume (m^3), ou seja: UO/m^3 ou $UO \cdot m^{-3}$

A concentração de uma amostra inalada ao limite de percepção do odor é, por definição, igual a $1UO \cdot m^{-3}$.

A concentração do odor corresponde ao número de diluições necessárias para alcançar o limite de percepção odorante, é expressa em unidade de odor por metro cúbico ($UO \cdot m^{-3}$) (Le Cloirec, 1999).

O valor de referência utilizado para padronização é $1UO = 1 \text{ EROM}$ (massa de referência europeia de odor) = $123\mu\text{g n-butanol}$.

Quando $123\mu\text{g n-butanol}$ é evaporado em $1 m^3$ de gás neutro nas condições (20°C), para a olfatométrie, a concentração é $0.040\mu\text{mol/mol}$ (40ppb).

2.5 Incômodos e os Odores

Emissões gasosas em particular os odores podem causar grande impacto na população circunvizinha da fonte odorante. Podem afetar a qualidade de vida humana, causando efeitos indiretos tal como stress psicológico.

A comunidade, na forma de reclamações, ou levantamento de opiniões (incluindo aborrecimento por odores) fornece uma indicação direta da extensão dos efeitos das emissões odorantes. Porém, até que ponto os efeitos adversos podem ser julgados por terem acontecido não é claro; com a exclusão dos dados de pesquisa de aborrecimento provável de odor. Além disso, não existe um direcionamento claro sobre os métodos de pesquisa apropriados para serem utilizados em determinadas situações. Vários métodos existem inclusive registros

diários de reclamação de odor, e pesquisas de opinião na comunidade sobre aborrecimento por odores (Nuvolari *et al* 2003).

Os incômodo podem causar um impacto real sobre o modo de vida das pessoas sobre o seu bem-estar pelo fato de serem desagradáveis ou originarem complicações. Para que um odor seja considerado incômodo, ele deve estar presente por um longo tempo, voltar frequentemente e incomodar mais de uma pessoa na comunidade. Como os odores são facilmente detectáveis, eles foram e continuam a ser o principal motivo das reclamações (Sweeten e Levi, 2000).

Steinheider (1999) citado por Silva (2002), detectou que o grau de incômodo e a frequência dos sintomas somáticos aumentam significativamente com o aumento da exposição. Com relação à percepção negativa dos efeitos sobre a saúde evidenciou o aumento dos sintomas. Entretanto, não teve relação com a idade. Os odores ambientais mostraram associação com os sintomas somáticos, podendo ser considerados como um fator de risco para a saúde e o bem-estar das populações expostas, especialmente para aquelas que tem uma percepção negativa.

2.6 Análise das Moléculas Odorantes

Podemos distinguir duas grandes famílias de métodos para medir os odores:

- A primeira família é constituída pelos métodos físico-químicos, que permitem identificar e quantificar, com a ajuda de instrumentos analíticos, os diferentes compostos químicos presentes no ar.

Um efluente gasoso é, geralmente, constituído por uma mistura de compostos de massas moleculares diversas, apresentando funções químicas diferentes, e concentração relativa muito variável, e em função de tudo isso, há a necessidade de utilização de métodos analíticos muito poderosos e/ou específicos.

- A segunda família é a dos métodos psicofísicos que utilizam o aparelho olfativo em condições particulares: é a aplicação da olfatometria (Le Cloirec *et al.*, 1991).

Conforme Gostelow *et al.* (2001), não há um método universalmente empregado para medir os odores. As medidas são consideradas como uma arte, uma oposição à ciência, pois os odores são misturas complexas e as respostas a eles são altamente subjetivas, já que diferentes pessoas encontram diferentes graus de ofensividade, e em diferentes concentrações.

Para esse autor, os odores podem ser medidos através da concentração, da qualidade e da hedonicidade.

Um efetivo manejo das emissões odorantes requer um método sistemático para avaliação e amostragem dos odores. Pode envolver análise percentual de respostas; um instrumento analítico de medida; ou um processo que utiliza os elementos de ambas as medidas (EPA/832-B-00-007, July, 2000a).

2.6.1 Análise Físico-Química

A análise físico-química tem por objetivo identificar e quantificar as substâncias presentes numa corrente gasosa ou no ar com odor. Em certas situações, bastante comuns em estudos de poluição atmosférica, uma pré-concentração é necessária, dados os patamares de baixas concentrações (parte por milhão ou bilhão) observadas no ar ambiente (Belli Fº e De Melo Lisboa, 1998).

A análise pode tornar-se complexa caso o efluente gasoso contenha vários compostos com propriedades diferentes, tais como massa molecular, função química, concentrações variáveis, nível de odores diferentes e volatilidades diferentes.

Os métodos físico-químicos para análise de compostos odorantes permitem a identificação de impressão digital do odor, ou seja, identificar os produtos químicos da mistura gasosa. Na quantificação e qualificação dos compostos, a técnica analítica mais apropriada é a cromatográfica gasosa, podendo estar acoplada a uma unidade de desorção térmica e outra de espectrometria de massa.

As técnicas empregadas para análises físico-químicas dos compostos odorantes são apresentadas no QUADRO 2.2.

QUADRO 2.2-Técnicas Empregadas para a Análises Físico-Químicas dos Compostos Odorantes

Compostos	Análise	Observações (Tipo de Detectores Usados)
H ₂ S	Iodométrico Gravimétrico Colorimétrico e CG	CG com Detector Fotométrico de Chama
Enxofre total gasoso ou SO ₂	CG	Detector Fotométrico de Chama ou Detecto de Quimioluminescência de Enxofre (SCD)
Mercaptanas	Gravimétrico CG	CG com Detetor Fotométrico de Chama ou com Detecção com Ionização de Chama (FID) ou com Espectrometria de Massa com Unidade de Termodesorção (MS/ATD)
NH ₃	Volumétrica Colorimétrica CL	Cromatografia de Íons (CI)
Aminas	Volumétrico CG	Detecção com Ionização de Chama (FID) ou com Espectrometria de Massa com unidade de Termodesorção ou Detector de Nitrogênio/Fósforo (NPD)
Aldeídos, cetonas Álcoois	CG	CG com Detector com Ionização de Chama (FID) ou com Espectrometria de Massa com Unidade de Termodesorção (MS/ATD)
Hidrocarbonetos	CG	CG com Detector com Ionização de Chama (FID) ou com Espectrometria de Massa com Unidade de Termodesorção (MS/ATD)
Compostos halogenados	CG	CG com Detector com Ionização de Chama (FID) ou com Espectrometria de Massa com Unidade de Termodesorção (MS/ATD)
Orgânicos totais	CG	Detector de Captura de Elétrons (ECD) Detecção com Ionização de Chama (FID)

Fonte: Adaptado do Relatório final- Projeto: Gestão de Odores em Refinaria de Petróleo (Dezembro, 2003).

A análise físico-química consiste em separar e em identificar os compostos constituintes do odorante, mas não permite estimar o caráter odorante ou identificar os compostos suscetíveis a serem odorantes em uma mistura (Mathieu et al. 1989, citado por Teetaert, 1999).

É por esta razão que a acoplagem da análise físico-química com a olfatométrica, surge, atualmente, como uma técnica interessante para unir informações químicas dos compostos e seu impacto sensorial. A cromatografia gasosa (C.G.) é a técnica mais usual que permite a separação.

2.6.2 Olfatometria

É a metodologia de avaliação da resposta de um júri a um estímulo olfativo referente a um odor. Para esta medida ser válida, deve ser realizada de modo objetivo e reprodutivo (Snalth, 2001).

Atualmente, somente o ser humano é capaz de dizer se uma mistura de moléculas é odorante ou não (Le Cloirec, 1999).

A olfatometria se baseia na importância das mucosas olfativas como os únicos captadores disponíveis na avaliação dos odores. Nestes estudos, o detector para avaliação dos odores é o sistema olfativo do ser humano, encarregando-se de discriminar e identificar os corpos odorantes (Belli F^o e De Melo Lisboa, 1998).

A olfatometria inclui técnicas que possibilitam a determinação da diluição do limite de percepção odorante de uma mistura gasosa e a determinação da intensidade dos odores. Por ser uma medida psicofísica, sofre limitação pelo fato de que o nariz humano é essencialmente um instrumento qualitativo, permitindo obter as medidas quantitativas somente com o uso de instrumentos suplementares. Desta forma, a olfatometria permite converter a remoção odorante em números de escalas e unidades que são fixadas. Geralmente, utiliza-se o butanol, composto com concentração padrão expressa em ppm (Carvalho, 2001).

⁵MATHIEU, J. et al. Controle des polluants organiques de l'atmosphère aux alentours d'une zone industrielle par thermodésorption et analyse GC-MS. Cas particulier de la recherche des amines. L.J. Brasser and W.C. Mulder (Eds), Man and his ecosystem. Proceedings of the 8th World Clean air Congress, The Hague, Vol. 3. 1989. 705-709p.

Nas técnicas olfatométricas, deve-se levar em conta os dados fisiológicos, a fim de que as eventuais falhas sejam minimizadas. Em particular, para que uma medida olfatométrica seja tida como válida, é necessário considerar que as mucosas olfativas trabalhadas não estejam em condições de fadiga e de saturação. Da mesma forma, como a capacidade de percepção de um odor varia notavelmente de um indivíduo a outro, uma operação estatística faz-se necessária (Le cloirec *et al.*, 1991).

Segundo Perrin (1994), a olfatometria consiste em medir:

- a concentração da mistura odorante, expressa em unidade de odor;
- a intensidade odorante de uma atmosfera, normalmente expressa em relação aos níveis de odores em uma escala de referência.

De acordo com Le Cloirec *et al.* (1991), a olfatometria não é recente. Os primeiros testes remontam à 1882, quando Ramsey determinou a resposta olfativa humana medindo a velocidade na qual um vapor odorante aplicado em um algodão atravessou um longo tubo de vidro.

O início do desenvolvimento da ciência dos odores data de 1930. A partir dos anos 60, os progressos foram muito mais rápidos.

Matheson (1955), citado por Le Cloirec (1991), fez um inventário muito interessante de processos e aparelhos usados até 1955. A particularidade desses aparelhos é que nenhum apresentou uma resposta comparável com o outro, cada um utilizando uma característica diferente de odor.

O aparelho utilizado na olfatometria é o olfatômetro. Este aparelho permite a realização da diluição de uma mistura odorante por um gás inodoro e apresentação da mistura diluída a um júri de pessoas a fim de se determinar o limite de percepção.

O princípio geral da olfatometria com olfatômetro consiste em confinar o gás odorante em um recipiente e, dirigir a mistura de gás obtida a um observador ou jurado, que detectará o momento em que começar a perceber o odor.

A olfatometria é aplicada pelos laboratórios e órgãos de vigilância para estudo de impacto e para medida de eficiência de processos de tratamento (Fernandez, 1997).

2.6.2.1 Medidas Olfatométricas

O ponto de partida para a quantificação dos aspectos relativos ao odor é a definição de sua concentração limite. Pode-se definir, no mínimo, três diferentes valores limites envolvidos com a percepção do odor:

- **O limite de percepção olfativa (K_{50}):** é a concentração na qual 50% do conjunto de indivíduos expostos detectam o odor a que estão sendo submetidos (Bichara, 1997). Pode ser determinado para um composto puro ou para uma mistura de compostos (Le Cloirec et al., 1991).
- **Limite de caracterização olfativa:** concentração de odor na qual 50% dos membros de um júri são capazes de reconhecer, nominalmente, a substância odorante (SIAAP, 1991 citado por Belli Fº e De Melo Lisboa, 1998).
- **Limite de identificação olfativa:** é a concentração na qual 100% do conjunto de indivíduos expostos identificam, nominalmente, o odor representativo do material odorante ou odorífero a que foram expostos (Bichara, 1997).

Além desses limites, pode-se, através da olfatométrica, avaliar a **eficiência** de um sistema de tratamento de gases odorantes. A avaliação é realizada antes e depois do tratamento dos gases.

Outra medida é a **análise da percepção ambiental referente a incômodos olfativo**: É um método de pesquisa, por questionamentos da população, para avaliar a existência de incômodo ocasionado pelo odor na comunidade. Residentes de um local selecionado são perguntados sobre a percepção de odor em um determinado momento e o seu grau de incômodo. Esta pesquisa serve para quantificar o incômodo causado pelo odor, medir o índice de incômodo dos residentes em uma área definida para investigação.

Segundo a VDI 3883- parte 2 (1993), por este método é possível:

- medir a distribuição em espaço e tempo do incômodo causado em uma área investigada;
- demonstrar diferenças entre ocorrência de incômodo odorante na área de investigação e em uma área de controle neutra, indicando a necessidade de tratamento para áreas complexas de emissão;
- avaliar a eficiência na redução do odor, ou tomar decisões para o seu tratamento;

⁶SIAAP. Etude de faisabilité de la réduction des odeurs de la station d'épuration d'Achères: partie I-Rapport général de synthèse. Syndicat Interdépartemental pour l' Assainissement d'Agglomération Parisienne. Vol 2/3. Paris. France.1991. 97p.

- medir como o incômodo varia em função da distância do residente ao emissor (com relação à taxa da emissão);
- obter indícios para a identificação de fontes relevantes de emissões de odor em relação à direção predominante do vento.

Ainda conforme a VDI 3883 parte 2 (1993), existem três principais métodos de medir o incômodo do odor:

- a) Coletando dados de reclamações sobre o incômodo do odor (estatísticas de reclamações; RC = reação de comunidade);
- b) Questionamento sistemático em uma única ocasião (uma vez-só): uma amostra de residentes em uma área de investigação definida, mediante questionário, para medir o grau de aborrecimento (VDI 3883- parte 1);
- c) Questionando um painel de residentes locais, sistematicamente, em repetidas ocasiões para medir a frequência de graus momentâneos de aborrecimento.

2.6.2.2 Amostragem para Análise Olfatométrica

As principais exigências, para os processos utilizados na coleta de amostras odorantes, são que a técnica utilizada para amostragem não modifique as características da amostra, seja representativa da fonte de emissão e que preserve a amostra para análise (Frenchen, 2000).

A olfatometria tem desenvolvido técnicas de amostragem de odor cada vez mais aperfeiçoadas. Atualmente, é possível transportar uma amostra odorante para um laboratório sem afetar significativamente a concentração do odor ou intensidade durante o transporte (Jiang e Kaye, 2001).

Segundo Le Cloirec *et al.* (1991) e a norma AFNOR NF X 43-104 (1990), a olfatometria pode ser trabalhada de duas maneiras: em linha ou não, o que necessita a utilização de técnicas de amostragens diferentes.

Para a olfatometria em linha, a atmosfera odorante é coletada com a ajuda de uma sonda, e encaminhada diretamente para dentro do olfatômetro à pressão atmosférica. Na captura do gás, a linha de coleta e os dispositivos de tratamento do gás (necessários em caso da presença de materiais particulados, de condensação da umidade) devem ser de materiais resistentes à corrosão, inertes, inodoros e pouco adsorventes, tais como aço inoxidável, vidro ou teflon.

A tecnologia de amostragem por olfatometria em linha se aplica em casos de atmosferas odorantes estáveis, ou seja, onde a concentração é constante no tempo, em particular, para fontes canalizadas ou canalizáveis, tais como as chaminés, respiros de locais de estocagem, efluentes gasosos tratados por biofiltros, etc.

A amostragem para a olfatometria que não é em linha as amostras são coletas e recipientes próprios para coleta de odores, como sacos, garrafas e transportados para laboratório para análise.

Conforme a VDI 3881- parte 2 (1991), basicamente existem duas técnicas de amostragem para análise com um olfatômetro:

- 1) Amostragem dinâmica: um fluxo parcial da amostragem a ser investigado é transportado continuamente para o olfatômetro. O olfatômetro é conectado ao duto de amostragem e abastecido continuamente com um volume adequado da amostra odorante;
- 2) Amostragem estática: um recipiente é preenchido com a amostra odorante e é conectado ao olfatômetro para investigação.

Amostras de ar para análise olfatométrica são usualmente coletadas em sacos plásticos e transportadas para análise em laboratório. Os equipamentos utilizados no processo de amostragem devem ser escolhidos de modo a minimizar a probabilidade de adsorção, transformação química ou difusão (Frechen, 2000).

Jiang e Kaye (2001) ressaltam algumas possíveis situações em que podem introduzir alguns erros na amostragem do odor:

- Enxágüe dos sacos de amostragem: os sacos de amostragens podem absorver alguns compostos odorantes, e isto pode resultar em concentrações de odor abaixo do esperado. Entretanto, no excesso de enxágüe, em alguns casos, com a emissão a ser amostrada, pode aumentar a concentração aparente do odor, causando uma quantidade extra de alguns compostos odorantes a serem adsorvidos na parede dos sacos.
- Material de estocagem da amostra: *Nalophan (polyterephthalic)* este *copolymer* é recomendado como um material satisfatório para estocagem. Para a norma padrão européia, poucas pesquisas têm sido realizadas sobre adsorção,

difusão e transformação química das características deste material. Uma investigação preliminar sobre o uso de *Nalophan* indicou que a concentração medida, aparentemente, aumenta e diminui substancialmente durante o tempo de armazenamento, todavia, ainda está dentro do limite permitido pela norma padrão.

- Pré-diluição: para fonte de amostragem com alta umidade ($> 90\%$) e alta temperatura ($> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), a pré-diluição seria usada para prevenir condensação nos sacos de amostragem, caso contrário, isso resultaria em perdas de amostragem. Além disso, amostras fortes podem requerer pré-diluição para prevenir subsequente contaminação dos olfatômetros. Portanto, a pré-diluição pode, certamente, introduzir alguns erros, não devendo ser usada desnecessariamente.
- Tempo de estocagem: tempo de armazenamento prolongado pode causar algumas perdas de amostra. Sacos Tedlar têm demonstrado excelente desempenho na preservação de amostras de ar e têm sido recomendados pela USEPA para amostragem de ar tóxico.

O princípio de amostragem para odores é descrito em Le Cloirec *et al.* (1991) e na prEN 13725 (1999). Segundo os autores, as amostragens de ar podem ser realizadas pelas técnicas direta ou indireta.

Na amostragem direta, a coleta é realizada por bombeamento da amostra de ar para dentro do saco de amostragem.

Na amostragem indireta, o saco de amostragem é colocado em um vaso fechado. O vaso é conectado, para sucção, em uma bomba de ar, provocando depressão. A amostra de ar é aspirada para dentro do saco, reduzindo a pressão no interior do vaso. O vaso de amostragem pode ser equipado com uma tampa limpa de policarbonato, ou uma janela para possibilitar a observação do enchimento do saco durante a amostragem.

Jiang e Kaye (2001) apresentam um sistema para amostragem indireta de odor (FIG 2.6).

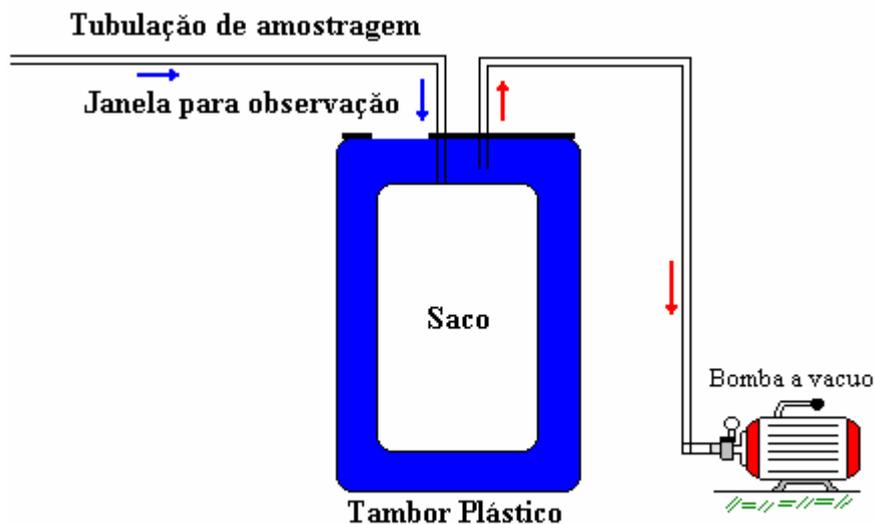


FIGURA 2.6- Amostragem Indireta

Fonte: Jiang e Kaye (2001).

2.6.2.3 Sacos de Amostragens

Os materiais geralmente utilizados na confecção das sacolas são o teflon, mylar e tedlar. A coleta dos gases é feita por intermédio de uma válvula que é fixa na sacola. A aspiração do gás é realizada com o auxílio de uma bomba. As sacolas adaptam-se bem às coletas dos gases, uma vez que a adsorção pelas suas paredes é muito baixa. A reutilização das sacolas é possível desde que haja uma limpeza com ar puro e verificando-se a ausência de compostos residuais (⁹Vignerón, 1991 citado por Carvalho, 2001).

Ainda para Jiang e Kaye (2001), o saco de amostragem é um componente crítico, e deve atender aos seguintes critérios:

- estar livre de odor;
- não adsorver odores e reagir com amostras odorantes;

⁹VIGNERON, S. The analysis of volatile pollutants (involving odours and dioxins) and dry control technologies of emissions. Material didático do curso: European Degree Course in Eco-Integrated Mechanical Engineering. 1991. 33p. Material não publicado.

- ser suficientemente impermeável para prevenir qualquer perda significativa dos componentes do odor entre o tempo de coleta e o tempo de análise;
- ser razoavelmente robusto;
- escape livre;
- equipado com os encaixes do escape livre que sejam compatíveis com o outro equipamento de amostragem e com o olfatômetro;
- capacidade volumétrica suficiente para permitir a série de teste completa.

Na prática, todos os materiais dos sacos de amostragem de odores possuem um odor inerente, causado pelo excesso de solventes usados em sua fabricação.

Conseqüentemente, os níveis de odores residuais, em todos os sacos novos, devem ser checados para determinar quais deles são suficientemente baixos, para que não interfiram na medida do odor.

Antes do uso, os sacos devem ser preenchidos no laboratório com ar neutro por diversas horas, e ser verificado se há odor nativo como exigido pela olfatometria.

2.6.2.4 Amostragem de Ar para Análise Olfatométrica Utilizando Câmara Isolada de Fluxo

A amostragem sobre superfícies líquidas utilizando-se de câmara isolada de fluxo (ou simplesmente, câmara de fluxo) segue a norma OM-08, padronizada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). A câmara de fluxo constitui-se um método estático de estimativa da emissão de gases de uma determinada superfície (líquida, ou mesmo sólida). No caso específico da amostragem para preenchimento dos sacos olfatométricos, a utilização da câmara tem como objetivo evitar possíveis contribuições de outras fontes também odorantes sobre a fonte então avaliada. Esse tipo de câmara permite que se qualifique um determinado odor como sendo exclusivo daquela fonte, sem a interferência de outras.

Na prática, a câmara é colocada sobre a superfície líquida ou sólida, FIG 2.7. Os únicos parâmetros a serem controlados são as vazões de entrada (Q_1) e saída da câmara (Q_2). Segundo a USEPA, as vazões devem ser de 5000 mL/min. Trabalhar com vazões elevadas minimiza problemas de umidade (muito comuns em amostragens desta natureza), bem como de diferenças de pressão no interior da câmara. Para que se mantenha uma “harmonia” em termos de pressão no interior da câmara durante uma amostragem, ambas as vazões não podem ser diferentes. Se a vazão de entrada (Q_1) for maior, por exemplo, pode ocorrer uma

inibição ao particionamento de compostos para o meio gasoso (devido à maior pressão do meio), o que implicaria uma subestimação da intensidade odorante da fonte; se a vazão, ao contrário, fosse menor, o particionamento seria favorecido (pela menor pressão no meio gasoso), implicando um maior particionamento água-ar dos vapores odorantes e, conseqüentemente, superestimação da intensidade odorante da fonte (Schirmer, 2004).

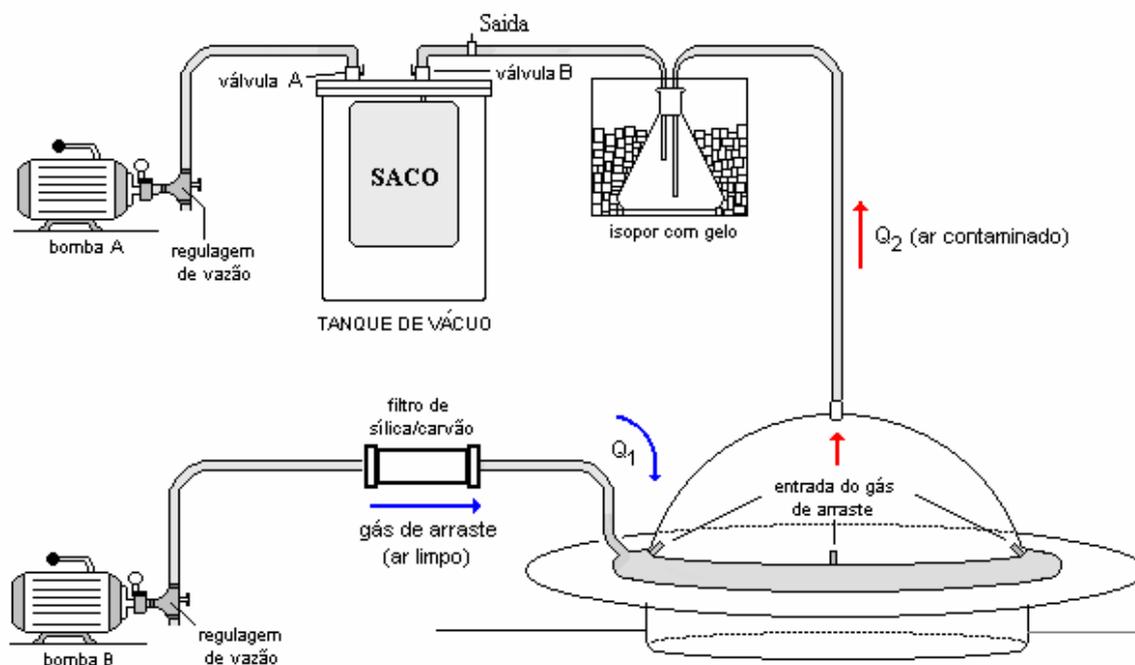


FIGURA 2.7- Esquema de Amostragem de Ar em Sacos Olfatométricos Utilizando Câmara de Fluxo. Fonte: Schirmer, (2004).

No momento da coleta do odor, a bomba A (FIG. 2.7) instalada no início da linha de amostragem succiona o ar de dentro do tanque (hermeticamente fechado) criando vácuo no seu interior (neste momento, apenas a válvula A deve estar aberta). Uma vez evacuado o tanque, fecha-se a válvula A e a bomba B é acionada. A bomba B empurra o ar (neste caso o gás de arraste) pela linha de amostragem até o interior da câmara, fazendo-o passar por um filtro de sílica gel e carvão ativado. Este filtro consta de um leito de 25 cm (por 5 de diâmetro) de sílica gel (para remover a umidade do ar, assim como as impurezas mais pesadas) e 13 cm de carvão ativado, que termina de “limpar” o ar antes da sua entrada na câmara. Já com a válvula B aberta, o ar (odorante) começa a encher o saco até que as pressões interna e externa ao tanque voltem a se equivaler.

Antes de atingir o saco, o ar passa por uma caixa com gelo. Este procedimento é bastante conveniente neste tipo de amostragem, visto que o ar proveniente do interior da

campânula encontra-se sob um grau de umidade elevado. Ao entrar em contato com o ar frio do interior do erlenmeyer, a umidade condensa nas paredes do vidro, evitando que ela atinja o saco olfatométrico (Schirmer, 2004).

2.6.2.5 Júri Olfatométrico

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 nas amostras de gases analisadas.

Seleção dos Júris para os Odores

A parte chave para a precisão da medida de odor, conforme a prEN 17235 – CEN 1999, é a seleção das pessoas que constituem o painel ou júri dos odores. O butanol é o composto usado como referência. Esses jurados são continuamente testados para verificar o limite individual (no mínimo depois de 12 medidas de odor) e têm que permanecer nesse limite para fazer parte do painel.

Os jurados devem constituir-se numa amostra representativa da população padrão, quanto a sexo, categoria profissional, entre outros (Perrin, 1994).

É preciso tomar cuidado de se descartar aqueles indivíduos que apresentem sensibilidade olfativa fora da média, ou seja, aqueles indivíduos que apresentarem anosmia ou sensibilidade muito aguçada.

De acordo com ASTM E-544-75 (American National Standard) reprovada em 1997, O número de pessoas para compor o painel de jurados seria de oito ou mais, para permitir um teste estatístico elementar sobre seu julgamento. Um pequeno número de jurados pode ser usado utilizando-se de réplicas de julgamentos, para aumentar o total de oito ou mais jurados.

A prEN 17235 – CEN 1999 exhibe o seguinte código de comportamento para os membros do painel de jurados:

- devem ter idade mínima de 16 anos, ser voluntários e capazes de seguir as instruções;
- devem estar motivados para efetuar o trabalho conscientemente;
- estar disponíveis para uma sessão de medida completa e, de preferência, uma sessão que dure o suficiente para elaborar e controlar um histórico de medida;

- a partir de 30 minutos antes, e durante a medida olfatométrica, os membros do júri não devem ser autorizados a fumar, comer, beber (exceto água) ou mastigar goma de mascar ou chupar balas;
- devem tomar cuidado em não provocar interferência em sua própria percepção ou mesmo dos outros nas salas de odores por falta de higiene pessoal ou por utilização de perfumes, desodorante, loção corporal ou produtos de beleza;
- os que estejam sofrendo de gripe ou de outra infecção afetando a sua percepção de odor (por exemplo, crises de alergia, sinusite) devem ser excluídos imediatamente da medida;
- devem estar presentes na sala de medida de odores 15 minutos antes do início das medidas a fim de se adaptar ao verdadeiro ambiente da sala de medida;
- começando as medidas, os membros do júri não devem mais se comunicar entre eles sobre os resultados de suas escolhas.

O operador deve assegurar que o código de conduta é perfeitamente conhecido por cada membro do júri. A colocação do código de conduta tem uma influência direta nos resultados do ensaio e, portanto, é de primeira importância. O operador deve assegurar a motivação dos membros do júri em todas as medidas e uma ação corretiva deve ser tomada quando for necessário.

2.6.2.6 Olfatômetro

A primeira medida do limite do odor foi relatada há mais de um século por Fischer e Penzoldt, em 1886. Um instrumento para a olfatometria foi desenvolvido, nomeado olfatômetro, e usado na academia de pesquisa no século dezenove por Hendrick Zwaardemaker Czn. Este aparelho possibilita a realização da diluição de uma mistura odorante por um gás inodoro e apresentação da mistura diluída a um júri de pessoas com o intuito de se determinar o limite de percepção e fornecer a concentração odorante expressa em UO/m³. Porém, a pesquisa acadêmica impõe reprodutibilidade dos resultados como uma aplicação prática no monitoramento ambiental, em que conclusões podem custar centenas de milhares, se não milhões de euros (Van Harreveld, 2004).

Para Le Cloirec *et al.* (1991), o olfatômetro precisa satisfazer certos critérios, tanto em relação à mistura odorante quanto ao júri:

- a taxa de diluição da amostra deve poder variar rapidamente de 10 a 10.000;

- o dispositivo de acoplamento júri-olfatômetro deve permitir avaliar o cheiro real, evitando a entrada de ar ambiente;
- a natureza dos materiais que estão em contato com amostra não deve propiciar reações químicas ou adsorção;
- a vazão de saída no olfatômetro deve ser da ordem de $2\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. O diâmetro da tubulação de saída do gás deve ser suficientemente baixo a fim de não causar distúrbios na sensação.

Três principais olfatômetros dinâmicos são conhecidos por serem comercialmente disponíveis nos Estados Unidos: Olfatômetro Hemeon; Olfatômetro Dinâmico Triangular e Olfatômetro Misco.

Os principais tipos de olfatômetros utilizados na França: Olfatômetro do Centro de Estudos e de Pesquisas de Minas e Carvão da França (CERCHA); Olfatômetro de IRCHA; Olfatômetro Odile; Olfatômetro do Commissariado à Energia Atômica (CEA) e Olfatômetro ECOPOL.

Numerosos olfatômetros estão disponíveis com diferentes mecanismos de misturas, taxas de fluxo de gás, métodos de apresentação e numerosos pontos de inalação. Dependendo do tipo do olfatômetro e do método de cálculo utilizado, a concentração de odor pode ser apresentada de diferentes maneiras. A concentração é baseada em níveis de confiança de suposições e acertos. Para comparação, os resultados de olfatometria devem ser citados em termos de tipo de olfatômetro e método de cálculo utilizado (Jiang, 1996).

2.6.3 Nariz Eletrônico

O nariz eletrônico é definido como um sistema composto da união de detectores, denominados de sensores químicos, por meio da interpretação dos sinais, sob a forma de impressões digitais. Isto se torna possível com o auxílio dos equipamentos de informática (Hermia, 1997).

O nariz eletrônico utiliza uma rede de captores não seletivos no lugar dos receptores biológicos do nariz humano (Moy, 1993, citado por Fernandez, 1997). Por definição, um captor é um órgão destinado para nomear uma grandeza física, e transformá-la em uma

⁷MOY, L. Mesures d'odeurs à l'aide d'un nez électronique. *Caoutchoucs & Plastiques*. 728. 1993. 54-57p.

grandeza explorável, lembrando um sinal elétrico. O princípio dos captores de gás é fundamentado na variação da condutividade térmica de certos materiais em presença do gás. As modificações superficiais de sua densidade eletrônica são detectáveis por instrumentos especiais e induzem a um sinal interpretável por uma parte da interface de comunicação do tipo rede de neurônios. Cada uma das moléculas de gás, em interação com o captor, produzem uma impressão totalmente diferente uma da outra, e facilmente reconhecível. Portanto, uma assinatura espectral será o resultado de um gás ou de um odor, a resposta pode ser correlacionada ao nível de um odor (⁸Talou, 1992, citado por Fernandez, 1997).

Os critérios de qualidade do nariz eletrônico, a exemplo de outros aparelhos de análises, devem gerar resultados reprodutíveis, seletivos, sensíveis e apresentarem um longo tempo de vida útil. Todos os fatores são intrinsecamente importantes, contudo, o mais importante é o primeiro citado, a reprodutibilidade do resultado, o qual é determinante. Quanto à sensibilidade do aparelho, este deve atender aos mesmos limites de sensibilidade do nariz humano, que pode estar abaixo de ppb (partes por bilhão) (Hermia, 1997).

Este método possibilita, por um lado, obter, de maneira rápida, a impressão da mistura contida nos compostos odorantes e por outro lado, assinalar uma variação de intensidade odorante freqüentemente medida em controle de qualidade ambiental. Assim, os captores convêm perfeitamente para análises de rotina (Teetaert, 1999).

O autor ainda destaca alguns exemplos de utilização desses captores nas indústrias, que são apresentados no QUADRO 2.3.

QUADRO 2.3- Domínio de Utilização do Nariz Eletrônico

Industria de alimentos	Outras indústrias
Assegurar a qualidade dos produtos brutos e finais	Controle de sistema de aeração, climatização
Controle de estocagem de alimentos	Tabaco
Avaliação da maturação do vinho e queijo	Cosméticos

Fonte: Teetaert, 1999.

As vantagens e inconvenientes de utilização dos captores para medida de odores são apontados no QUADRO 2.4. Atualmente, a falta de sensibilidade limita a utilização de tais captores para o controle de processos.

⁸TALOU, T. Un "nez électronique pour l'Industrie". La Recherche. 23. 1992. 1088-1089p.

QUADRO 2.4-Vantagens e Inconvenientes da Utilização de Capttores na Medida dos Odores

Vantagens	Inconvenientes
Curto tempo de análise; Resposta rápida (segundos); Facilidade de uso	Pouca sensibilidade; Fraca seletividade; Detecta também os COV não odorantes; Forte sensibilidade ao CO ₂ , etanol; Sensível à umidade; Limite de detecção: 1 a 10 mg.m ⁻³ .

Fonte: Teetaert, 1999.

2.6.4 Biosensores

Os biosensores permitem medir a interação do poluente com o sistema biológico graças a um reconhecimento biomolecular. São baseados em um sistema biológico sensível, associado a um sistema de tratamento por sinal.

Os sistemas biológicos podem ser as enzimas, os anticorpos, DNA, ou ainda os microorganismos. O tradutor do sinal é eletromagnético (medida de uma diferença de potencial) e ótico (medida da fluorescência, absorbância ou refletância) ou ainda acústico (medida de uma variação de frequência). Os elementos de reconhecimento biológico são sensíveis a numerosos fatores exteriores (temperatura, presença de metais pesados, etc.), este método não se aplica facilmente em amostragens ambientais. É uma técnica emergente e, conseqüentemente, pouco utilizada no domínio de análises de compostos odorantes (Teetaert, 1999).

2.7 Sistema de Geração de uma Atmosfera Gasosa

Medidas confiáveis de compostos gasosos no ambiente necessitam da disponibilidade de misturas de gás padrão que sejam precisas e estáveis. Para estudos de efluentes odorantes, é necessário dispor de misturas odorantes de referência e, particularmente, de níveis de concentrações confiáveis. A preparação de atmosfera reconstituída é operação extremamente delicada, porque envolve a medida de quantidades confiáveis dos compostos.

Os estudos de gases e vapores necessitam da utilização de procedimentos que são mais precisos que os empregados para as misturas líquidas. De fato, os gases não podem ser pesados facilmente, os volumes podem mudar durante seu manejo, e os efeitos da temperatura e da pressão devem ser considerados. Contudo, certos métodos de preparação oferecem uma precisão aceitável.

Os sistemas de geração de misturas padrão são classificados globalmente como estático e dinâmico (Fernandez, 1997).

Todo método de determinação de intensidade ou concentração de um odor necessita de um sistema de diluição. A diluição pode ser efetuada de forma estática ou dinâmica (Le Cloirec, 1991).

2.7.1 Método Estático

Neste método, a diluição é obtida introduzindo uma quantidade conhecida de substância odorante em um volume conhecido de gás inodoro contido em um recinto fechado (Le Cloirec, 1991).

Os métodos estáticos são preferíveis quando pequenos volumes de misturas são desejados. São principalmente desejados para calibração de instrumentos analíticos, cromatográficos ou espectrométricos. A preparação consiste em introduzir os constituintes de massa, ou de volume, conhecido em recipientes fechados de dimensões exatamente determinadas. Os recipientes são garrafas, balões ou sacos plásticos. As misturas gasosas podem ser geradas à pressão atmosférica ou sob forma pressurizada, porém, unicamente em garrafas metálicas (Fernandez, 1997).

2.7.2 Método Dinâmico

Este método difere do anterior pelo fato de que a vazão de ar odorante, neste caso, é diluída de forma contínua em uma vazão de ar puro (Le Cloirec, 1991).

Os sistemas dinâmicos geram um fluxo contínuo de mistura. Oferecem numerosas vantagens em relação ao método estático. Podem produzir grandes volumes. As perdas dos constituintes pela superfície dos materiais são menores que as inerentes aos métodos estáticos, por causa do equilíbrio estabelecido entre os materiais do sistema e o escoamento da corrente gasosa. Uma outra vantagem importante é a possibilidade de gerar uma mistura contínua das misturas gasosas dos constituintes reagentes, que, em um sistema estático, são muito instáveis (Fernandez, 1997).

2.8 Apresentação das Amostras Odorantes ao Júri pela Diluição Dinâmica na Olfatometria

Segundo norma prEN 17325 (1999) e Sneath (2001) existem três diferentes maneiras para apresentação da amostra odorante ao júri. Todos esses procedimentos produzem um resultado comum: o limite individual estimado (LIE).

2.8.1 Modo SIM/NÃO

Ao júri é solicitado avaliar o gás apresentado de um ponto específico, e indicar se percebe o odor (sim/não). O júri é conscientizado que, em alguns casos, o branco (somente o gás neutro) será apresentado. Um segundo ponto, apresentando um gás neutro, pode estar disponível para o júri ter uma referência para comparação com a amostra diluída. Sneath (2001) exhibe um esquema de um olfatômetro de modo de operação (sim/não) - FIG 2.8.

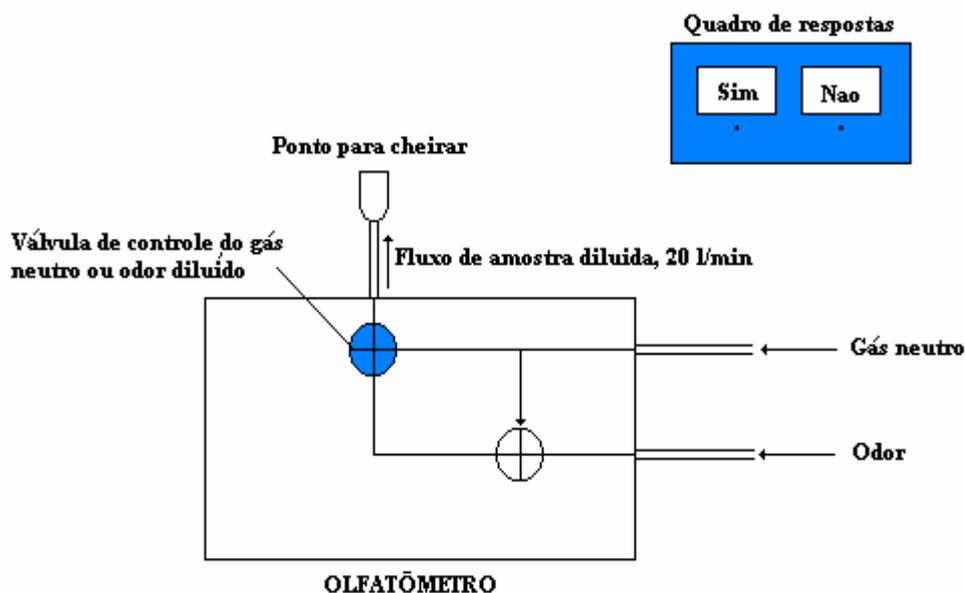


FIGURA 2.8- Diagrama Esquemático de um Olfatômetro de Operação Sim/Não

Fonte: Sneath (2001).

2.8.2 Modo Escolha Forçada

Ao júri são apresentados dois ou mais pontos de saída, sendo que um apresenta o fluxo de odor diluído e o outro(s), o gás neutro. A localização do estímulo, em consecutiva

apresentação, é fortuitamente distribuído em um dos tubos. Ao júri é pedido para indicar qual dos pontos está com o estímulo. Quando o júri tiver dúvida, é pedido para indicar ao acaso.

Para reduzir a variabilidade e encontrar convergência com o modo de escolha sim/não, o seguinte procedimento é aplicado para a distinção das respostas falsas das verdadeiras. Ao jurado é perguntado se a resposta escolhida era uma suposição, suspeita ou certeza. Da combinação do resultado escolhido e do nível indicado de certeza, a resposta é classificada para ser falsa ou verdadeira.

Segundo Sneath (2001), para esse tipo de método, a medida começa com uma grande diluição da amostra para obter uma concentração de odor, além do limite dos membros do painel. A concentração é aumentada sucessivamente por um fator igual em cada apresentação; este fator pode ser entre 1,4 e 2,4. Somente quando o ponto correto é escolhido que é tomada como resposta verdadeira. Ao menos duas respostas verdadeiras consecutivas devem ser obtidas para cada membro de painel (FIG.2.9).

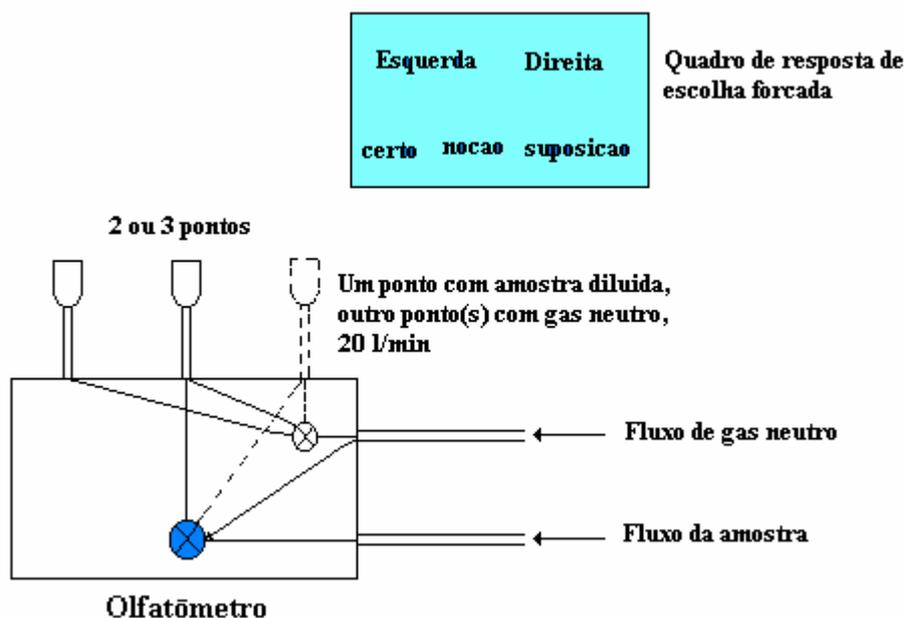


FIGURA 2.9- Diagrama Esquemático de um Olfatômetro de Modo de Operação Escolha Forçada. Fonte: Belli (1995).

2.8.3 Escolha Forçada/Modo Probabilidade

Na escolha forçada/modo probabilidade, ao júri é apresentada uma amostra de odor diluída usando um olfatômetro com três ou mais pontos, no qual um libera o estímulo e outros, o gás neutro.

O procedimento para a determinação do limite individual estimado (Z_{LIE}) para cada membro do painel é realizado em três estágios:

- 1- Determinar o valor aproximado do fator de diluição ao limite de percepção individual, (Z_D). Para obter esta estimativa, a cada jurado é apresentada uma série de diluições com concentrações de odores crescentes, com um fator $F_s = 3$. A apresentação é feita usando somente um ponto do olfatômetro. Neste caso, o fator de diluição Z na primeira diluição, em que a resposta verdadeira ocorre, define o valor Z_D .
- 2- Determinar a série de apresentação usada para determinar o Z_{LIE} . A cada jurado é apresentada uma série de diluições, usando três graus de diluições: Z_1 , Z_2 e Z_3 . O fator de diluição, em cada uma dessas etapas, é determinado sob a base de valor de Z_D , como determinado no estágio 1 e no fator F_s do olfatômetro : $Z_1 = Z_D \times 3$ (ou a colocação instrumental que melhor ajuste este valor), $Z_2 = Z_1/F_s$ e $Z_3 = Z_1/F_s^2$ com $F_s = 2^{0,5}$

- 3- Apresentação da série de diluição.

Cada uma dessas três séries de diluições é apresentada em pelo menos 10 vezes em posições aleatórias nos tubos de percepção do olfatômetro. Se a posição indicada pelo jurado for igual para a posição atual do estímulo, o resultado será verdadeiro, todas as outras respostas serão falsas.

O limite individual estimado Z_{LIE} é calculado para o jogo de respostas registradas obtidas pela apresentação das três diluições Z_1 , Z_2 e Z_3 , repetidamente, n tempos para cada jurado, com $n \leq 10$. Para cada membro do painel a fração observada ($f_{observada}$) de respostas verdadeiras no total de n apresentações para aquela diluição é calculada. Esta fração é então corrigida para a probabilidade do jurado produzir a resultado verdadeiro quando respondendo aleatoriamente usando olfatômetro com p saídas:

$$f_{\text{corrigido}} = \frac{f_{\text{observado}} - \frac{1}{p}}{1 - \frac{1}{p}}$$

O fator de diluição no limite individual estimado, Z_{LIE} é calculado encontrando o fator de diluição que corresponde $f_{observada} = 0,5$ da regressão linear, formula derivada das três frações $f_{\text{corrigido}}$ e o logaritmo correspondente dos fatores de diluição Z_1 , Z_2 e Z_3 .

2.9 Legislação

A legislação no que diz respeito aos odores é específica, mas difícil se colocar em prática em razão da subjetividade associada à avaliação dos odores (Teetaert, 1999).

2.9.1 Legislação Mundial

Com o crescimento global de regulamentação ambiental na década de 70, os países europeus, Austrália e os Estados Unidos começaram a desenvolver regulamentação para o odor. Essas regulamentações criaram a necessidade de padronização dos métodos de medidas. Alguns exemplos desses padrões incluem: US – ASTM D-1391 (1978) e ASTM E679-91 (1991), Alemanha – VDI 3881 (1980), França – AFNOR – X- 43-101 (1986), Países Baixos – NVN2820 (1996).

Recentemente, na década de 90, o comitê europeu de normalização (CEN) formou uma comissão técnica (TC264) que desenvolveu um teste padrão para o odor, o qual foi liberado no final de 2001, intitulado EN 13725: “Qualidade do ar - Determinação da concentração do odor pela dinâmica olfatométrica”. Este padrão unificaria uma norma olfatométrica em 18 países (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Alemanha, Islândia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Noruega, Portugal, Espanha, Suíça e Estados Unidos), seguindo o controle de qualidade ISO e testando protocolos científicos. Austrália e Nova Zelândia combinaram escrever uma nova norma essencialmente idêntica ao padrão europeu (McGinley M. e McGinley C. 2002).

A votação para a liberação do padrão EN 13725 iniciou em 2001 e terminou em 2002 e o teste padrão EN 13725 foi aceito.

Na Alemanha, segundo Stuelz e Frechen (2001), a legislação de proteção ambiental é comparativamente velha, surgiu após a 2ª Guerra Mundial, porém, a distância mínima e os padrões de qualidade MES (Maximum emission standards) e MIS (Maximum impact standards) alguns tem força de lei, outros apenas orientam o licenciamento, mas o equipamento avaliado, tem que atender os padrões de qualidade para obtenção da licença. As leis apenas sugerem como resolver o problema.

A Alemanha limita a percentagem de tempo de exposição, frequência relativa de 10% (relativo à frequência de horas ao ano com horas de odor consideradas ser um incômodo significativo) para áreas residenciais. Para áreas industriais, a porcentagem é de 15%. Em

‘horas de odor’ é qualquer hora em que houver uma percepção significativa correlacionando com atividades industriais ou comerciais de odor por um período de 1 minutos (Padrão Federal, GIRL). Se durante o período de 10 minutos ocorrer percepção durante >10% (1 minuto) registra-se 1 hora.

Na França, somente as medidas olfatométricas na fonte, com vazão de odor, fazem uso das normas NF X 43-101 e NF X- 104 (Teetaert, 1999).

Na Suíça, o impacto muito alto não é tolerado. Ele é considerado “muito alto” se uma porção relevante da população sentir-se significativamente incomodada. Para determinar o desconforto, é usado o método do questionário, que considera a reação do público, numa escala que varia de zero a dez. A reação é considerada como o melhor termômetro para avaliar o desconforto.

A TAB. 2.4 é aplicada na Suíça, aponta como são consideradas as avaliações dos incômodos e a necessidade das medidas.

TABELA 2.4. Avaliações dos Incômodos e a Necessidade das Medidas

Incômodo	Termômetro Valor	Porcentagem de incômodo (≥ 3)	Medidas
Forte	> 5	>25%	medidas imediatas
Médio	3 – 5	10-25%	medidas a longo tempo
Razoável	< 3	< 10%	MEDIDAS NÃO ESPECIAIS

Fonte: Stuetz e Frenchen (2001)

Na Holanda, a política visa evitar a presença de odores desagradáveis tanto quanto seja possível. A avaliação é feita anualmente através de questionário e suplementada por telefone (Stuetz e Frenchen, 2001).

No Texas, a legislação determina: “As pessoas não podem liberar, qualquer que seja a origem, um ou mais contaminantes no ar ou a combinação destes, em concentrações e durações quando são ou tendem a ser injuriosos ou de efeitos adversos à saúde humana ou ao bem-estar, à vida animal, à vegetação ou à propriedade”. Outros estados têm regulamentações similares. Em alguns estados, a lei dos incômodos, causados pelos odores, trata do assunto como contravenção penal (¹⁰Sweeten e Levi, 2000 citado por Silva, 2001).

¹⁰SWEETEN, J.M.; LEVI, R.D. Résumé de la stratégie de gestion des nuisances olfactives. 1998. Disponível na internet em <http://www.gov.mb.ca/environ/pages/publs98/sum988f.html>. Em 30/11/200.

2.9.2 Legislação Brasileira

A Legislação Federal Brasileira, mediante da Resolução CONAMA 03/90, estabelece padrões de qualidade do ar para os poluentes convencionais, tais como: partículas totais em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, todavia, não estabelece padrões de emissão ou limites de emissão de compostos odoríficos pelas fontes de emissões ou para incidência de odores na comunidade ao entorno destas fontes. Entretanto, a Política Nacional do Meio Ambiente considera como poluição todas as atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem o bem estar da população. Desta forma, quando se necessita de padrões para mensurar o odor, deve-se buscar um entendimento entre as partes interessadas ou valer-se de legislações praticadas fora do Brasil (Bichara, 1999).

Alguns estados brasileiros têm desenvolvido sua própria legislação para o controle da poluição ambiental, contudo, os limites federais devem ser respeitados. O estado de São Paulo, por exemplo, tem a legislação mais restrita para a emissão de poluentes. É o estado mais industrializado e populoso. Além disso, possui o mais avançado conhecimento no controle de poluição atmosférica, junto com a grande consciência pública para este tipo de problema (De Melo Lisboa *et al.*, 1995).

O Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976 do estado de São Paulo, na seção II do artigo 33, proíbe a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. Este decreto deu origem à legislação de muitos outros estados.

Ainda em São Paulo, a legislação abrange o controle de alguns odores causados por incinerações. A eficiência térmica do desperdício industrial é avaliada pelo método USEPA. A legislação dos estados brasileiros recomenda o uso da melhor tecnologia prática disponível (De Melo Lisboa *et al.*, 1995).

No estado de Santa Catarina, o Decreto nº 14.250, de 05 de junho de 1981, regulamenta dispositivos da Lei 5.793, de 15/10/80, referente à proteção e à melhoria da qualidade ambiental, proíbe a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora e apresenta uma tabela com 55 substâncias e seus respectivos limites de percepção olfativa (LPO). Nos casos para os quais não foram estabelecidos padrões de emissão, deverão ser adotados sistemas de controle de poluição do ar baseados na melhor tecnologia prática disponível.

No estado de Goiás, o regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente, no capítulo II da seção III, assim como o estado de Santa Catarina proíbe a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora. Também apresenta uma tabela com 55 substâncias e seus respectivos limites de percepção olfativa (LPO), ver anexo 1.

No estado do Paraná tem-se a Resolução nº 041/02 –SEMA do Capítulo I, Artigo 11, em que as atividades geradoras de substâncias odorífera, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 UO.h⁻¹ (unidades de Odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando à captação e remoção do odor. O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatometria e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatometria (Norma VDI 3881: Olfactometry, Odour Threshold Determination, Part 1- 4), deve ser no mínimo de 85%.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A técnica utilizada para a coleta dos odores foi a amostragem indireta, pois a técnica de amostragem direta está sujeita à contaminação, uma vez que a amostra de ar teria que ser bombeada diretamente para o saco, podendo haver a contaminação da bomba, a qual teria que ser limpa a cada ponto de amostragem, inviabilizando o processo de amostragem onde houvesse vários pontos para a coleta de amostra.

Um dos objetivos deste trabalho foi desenvolver uma técnica de amostragem para os odores, que mantivesse a integridade da amostra e que apresentasse facilidade de amostragem em campo. Para isso, foi construído primeiramente um vaso fechado em PVC, formato cilíndrico, volume útil de 68 litros. Na tampa do vaso foram adaptadas duas válvulas (FIG. 3.1), uma para conexão da bomba de sucção e outra para conexão dos sacos. A FIG. 3.2 exibe o arranjo experimental inicialmente utilizado para a coleta das amostras dos odores.

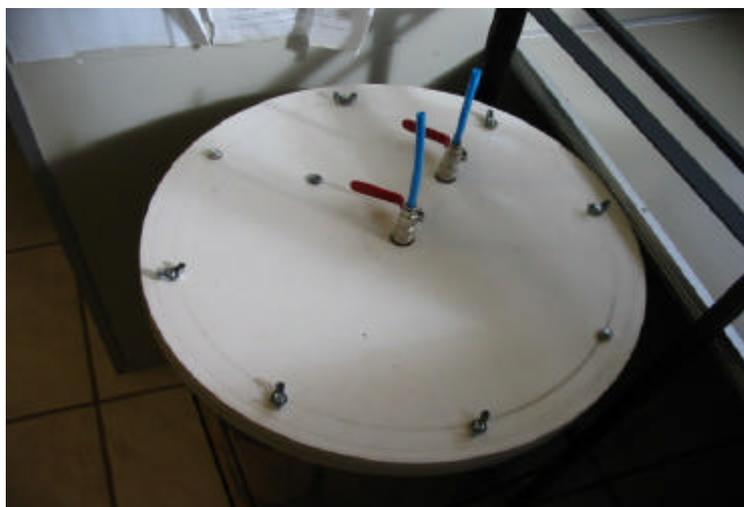


FIGURA 3.1- Tampa do Primeiro Vaso Coletor de Amostra

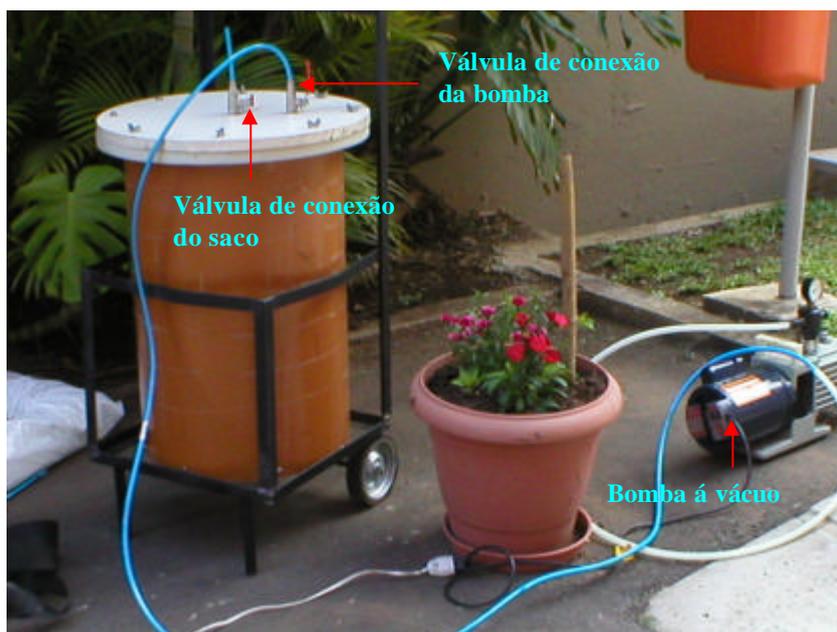


FIGURA 3.2-Primeiro Vaso Coletor de Amostra de Odores

Para dar início à coleta da amostra odorante, o vaso era conectado a uma bomba para sucção do ar interno. Com a depressão criada, a válvula de conexão da bomba era fechada e a válvula de conexão do saco de amostragem, aberta. A amostra do ar odorante então, por diferença de pressão, era aspirada para dentro do saco, até equilibrar a pressão no interior do vaso com a atmosférica.

Após a coleta da amostra, a válvula de conexão do saco era fechada, abria-se o vaso coletor e retirava-se o saco com a amostra do odor. O vaso coletor era então, transportado para outro ponto de coleta, com um outro saco de amostragem.

O sistema de coleta funcionava, mas o formato cilíndrico do vaso não permitia um enchimento total dos sacos de amostragem, e por falta de espaço para expansão do volume do saco, com a entrada da amostra, a válvula do saco se soltava da conexão com o vaso, além disso, o material em PVC era muito pesado, dificultando o transporte do vaso.

Buscando a otimização do processo de coleta, foi construído um segundo vaso coletor, em fibra de vidro, volume útil de 169 litros, formato retangular. A FIG. 3.3 mostra o segundo vaso coletor construído para a coleta das amostras dos odores.

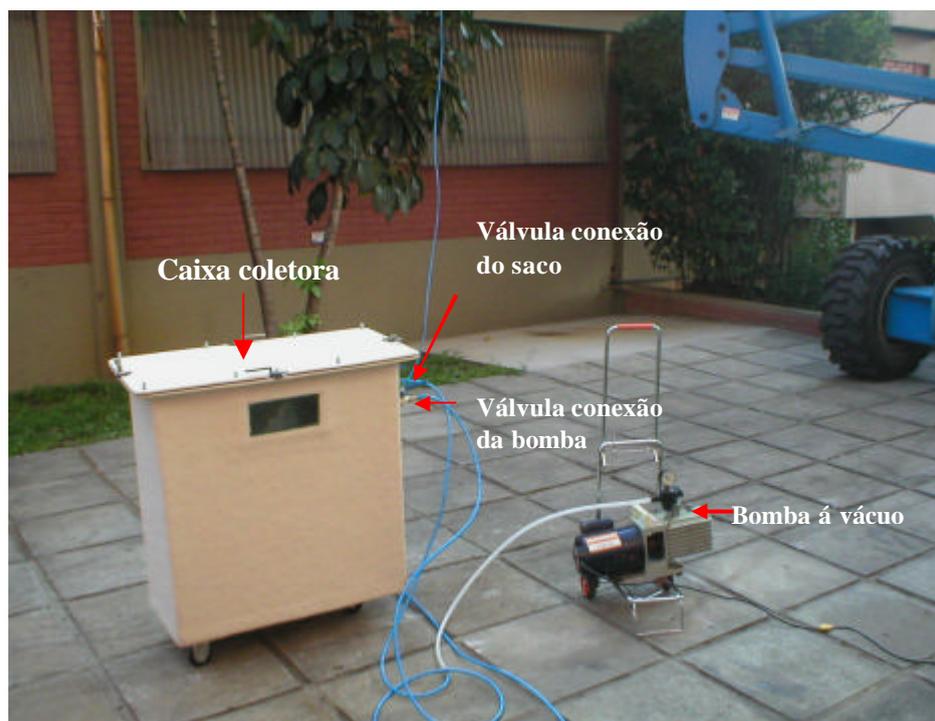


FIGURA 3.3- Segundo Vaso Coletor de Amostra de Odores

O saco utilizado para a amostragem foi de Tedlar. Segundo a literatura, esse material tem sido o mais utilizado para amostragem de odores, pois apresenta excelente performance na preservação das amostras de odores e também é mais resistente (Pau *et al.*, 1999, citado por Stuetz and Frechen, 2001).

Antes do uso, os sacos novos eram preenchidos e esvaziados no laboratório com ar neutro por diversas horas, até não reter odor nativo residual como exigido pela olfatométrica.

Após a coleta de todas as amostras, os sacos eram transportados para o laboratório de olfatométrica, e com a utilização de um júri de odores, era realizada a caracterização do odor através dos parâmetros: intensidade odorante, caráter, hedonicidade e o limite de percepção olfativa (concentração do odor).

Para essas análises, foram utilizadas duas metodologias de diluição:

- a estática, para análise da intensidade odorante e seleção do júri olfatométrico; e
- a dinâmica, com utilização de um olfatômetro para detectar o limite de percepção olfativo das amostras.

O composto de referência para análise da intensidade odorante foi o butanol.

Após o uso, era realizada a limpeza dos sacos, deixando passar o ar neutro por várias horas através deles, até o momento em que não era verificado nenhum tipo de odor, a FIG. 3.4 mostra a limpeza de um saco.



FIGURA 3.4- Limpeza dos Sacos Tedlar

3.1 Seleção do Júri para Avaliar as Amostras com Odor

Para a realização das análises de intensidade odorante, caráter, concentração e hedonicidade das amostras, foram utilizadas pessoas, que fizeram parte do painel de jurados. Esse painel foi composto por pessoas não atingidas pelos odores. A seleção dos jurados foi realizada mediante a utilização da escala de referência do butanol apresentada na TAB. 2.2.

Inicialmente, era apresentada para cada jurado individualmente a escala de referência de butanol embaralhada até o nível 3: muito fraco (1), fraco (2) e médio (3), sendo que ele teria que colocar em ordem crescente ou decrescente. Somente depois eram apresentados os outros dois níveis: forte (4) e muito forte (5). A FIG. 3.5 apresenta o momento da seleção de um jurado.



FIGURA 3.5- Processo de Seleção de um Jurado Olfatométrico

Ao jurado eram dadas 2 chances para colocar a escala na seqüência certa. O indivíduo que tivesse dificuldade para emparelhar a seqüência da intensidade de odor não poderia fazer parte do júri.

Cada jurado foi selecionado individualmente, procurando evitar qualquer interferência ou influência externa.

Essa seleção foi realizada sempre antes das análises, tendo por objetivo verificar se as pessoas que iriam participar da análise estavam aptas para fazer uma avaliação olfatométrica.

Aos jurados foi apresentado o código de conduta descrito pela prEN 17235 – CEN 1999.

3.2. Análise da Intensidade Odorante

A avaliação da intensidade odorante é proposta na ASTM E-544-75 - 1997. Essa prática é realizada pela comparação da intensidade de odor da fonte com a intensidade de uma série de concentrações de uma substância odorante de referência, que foi o butanol (n-butanol).

A série de concentrações de butanol, com base em diluição em água, foi utilizada como escala de referência. Ver TAB. 3.2.

3.2.1 Procedimento de Julgamento

Os jurados são instruídos para cheirar a amostra de odor e, então, cheirar a escala de referência de intensidade do butanol, dizendo qual intensidade da escala do butanol é igual à intensidade da amostra, ignorando diferenças de qualidade de odor.

AS FIG. 3.6 e 3.7 mostram um momento de realização da análise de intensidade odorante.



FIGURA 3.6-Análise da Intensidade Odorante-Apresentação da Escala de Referência Butanol



FIGURA 3.7-Análise da Intensidade Odorante-Apresentação das Amostras com Odor

Foi permitido ao jurado conferir e re-conferir a amostra a ser analisada, com a escala de referência do butanol, o número de vezes que ele achou necessário.

Para evitar que os jurados, após julgarem um ponto de alta intensidade de odor na escala, tivessem dificuldades em detectar o odor em um ponto mais baixo da escala, foi dado, entre cada análise, um descanso de 2 a 5 minutos.

Foi permitido aos jurados proceder da forma mais confortável, sem interferência da pessoa que estava conduzindo a análise.

A análise da intensidade odorante foi realizada individualmente para cada jurado.

3.2.2 Análise dos Dados da Intensidade do Odor

O grau de associação entre os níveis de fatores (locais de amostragem: P1, P2, P3...) e as categorias das respostas foi avaliado pelo coeficiente de contingência de Pearson corrigido, representado pela letra C*, calculado com base em uma tabela de contingência (TAB. 3.1), envolvendo o cruzamento dos locais de amostragem e as categorias da intensidade do odor.

TABELA 3.1-Distribuição Conjunta de Frequência das Variáveis Locais de Amostragem(P₁,P₂. P_n) e Intensidade, Observada em n Jurados.

Local	VARIÁVEL(Intensidade)				TOTAIS
	B ₁	B ₂	...	B _r	
P ₁	n_{11}	n_{21}	...	n_{1r}	n_{1.}
P ₂	n_{21}	n_{22}	...	n_{2r}	n_{2.}
.
P _s	n_{s1}	n_{s2}	...	n_{sr}	n_{s.}
TOTAIS	$\mathbf{n_{.1}} = \sum_{i=1}^s n_{i1}$	$\mathbf{n_{.2}} = \sum_{i=1}^s n_{i2}$...	$\mathbf{n_{.r}} = \sum_{i=1}^s n_{ir}$	$\mathbf{n_{..}} = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r n_{ij}$

Fonte: Adaptado de Ogliari & Andrade, 2004, p.43.

Na TAB. 3.1, n_{11} representa o número de elementos classificados na categoria P₁ e B₁ simultaneamente, em outras palavras, é a frequência observada de elementos que pertencem à categoria P₁ e B₁ simultaneamente. Os valores $n_{i.} = \sum_{j=1}^r n_{ij}$, $n_{.j} = \sum_{i=1}^s n_{ij}$ e $n_{..} = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r n_{ij}$ representam os totais de linhas, colunas e o total geral, respectivamente (Ogliari & Andrade, 2004, p.43).

Descritivamente Karl Pearson, propôs o chamado coeficiente de contingência, representado pela letra C, definido por:

$$C = \sqrt{\frac{X^2}{X^2 + n}},$$

Quando existe uma associação perfeita, esse coeficiente não atinge o valor 1, por isso, foi sugerido uma correção.

A fórmula para correção do coeficiente de Pearson é:

$$C^* = \frac{C}{\sqrt{(t-1)/t}},$$

em que C é o coeficiente de Pearson e t é o mínimo entre o número de colunas e o número de linhas da tabela de contingência.

Teoricamente, o valor do coeficiente de Pearson varia entre 0 (zero) e 1(um), $0 \leq C^* \leq 1$, sendo nulo quando as variáveis são independentes. Quando existe uma associação perfeita entre as duas variáveis o coeficiente de contingência de Pearson vale 1 (Ogliari & Andrade, 2004, p.51).

O valor de C* sempre estará no intervalo de 0(zero) e 1(um). Será 0 somente quando houver completa independência. Será 1 somente quando houver associação perfeita. Valores de C* próximos de 1 descrevem associação forte, enquanto que valores de C* próximos de 0 indicam associação fraca. Valores de C* em torno de 0,5 podem ser interpretados como associação moderada (Barbetta, 2002, p. 262).

Para a análise da intensidade do odor, também foi calculado o índice de intensidade (Ind.Intensidade) para cada ponto de amostragem. A TAB.3.2, apresenta os valores para o número de respostas da categoria i(Ni) e o coeficiente de respostas da categoria i (Wi), conforme as respostas obtidas.

$$\text{Ind. Intensidade} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^5 WiNi$$

Em que:

N: número total de observadores;

i: categoria de resposta;

Wi: coeficiente da categoria i;

Ni: número de respostas da categoria i.

TABELA 3.2. Categorias de Intensidade e Pesos dos Fatores

Intensidade	I	Wi
Muito fraco	1	1
Fraco	2	2
Médio	3	3
Forte	4	4
Muito forte	5	5

O valor do índice de intensidade para as pessoas que declararam que o odor é muito fraco foi 1 e 5 para o odor muito forte.

3.3 Análise da Qualidade do Odor

Após o término da análise de intensidade odorante, foi feita a análise da qualidade do odor.

A qualidade do odor é uma escala de medida nominal e é caracterizada usando um vocabulário de referência. Numerosas listas padrões de descrição do odor estão disponíveis para o uso como vocabulário de referência (McGinley e McGinley M, 2001).

3.3.1 Procedimento de Julgamento

Os jurados foram instruídos para cheirar a amostra e dizer que tipo de odor estava sentindo ou “*esse odor se parece com?*”.

Caso o jurado não conseguisse dizer precisamente qual o tipo de odor que estava sentindo, era apresentada a ele a “roda de odor” para ser utilizada como vocabulário de referência (Figura 2.3), onde constam 8 categorias de reconhecidos odores para descrição: vegetal, frutífero, floral, medicinal, químico, peixe, ofensivo e terra.

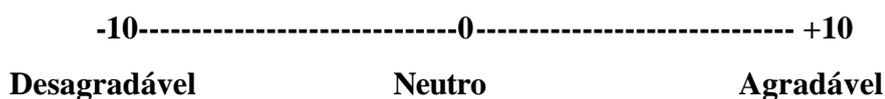
O jurado indicava com qual desses odores reconhecidos se parecia o odor da amostra.

3.3.2 Análise dos Dados da Qualidade do Odor

Para análise da qualidade foi calculado o grau de associação entre os níveis de fatores (locais de amostragem: P1, P2, P3...) e as categorias das respostas pelo coeficiente de contingência de Pearson corrigido, representado pela letra C*, calculado com base em uma tabela de contingência (TAB. 3.1), envolvendo o cruzamento dos locais de amostragem e as categorias da qualidade do odor.

3.4 Análise da Hedonicidade do Odor

Para a ordenação do tom hedônico do odor, foi utilizada a escala arbitrária de 21 pontos proposta por McGinley. e McGinley, (2002), *AC'SCENT International olfactometer*:



3.4.1 Procedimento de Julgamento

Foi solicitado ao júri indicar, na escala de 21 pontos, utilizando a sua memória olfativa, qual o tom hedônico do odor. O jurado teve que estar atento a sua experiência individual de cada odor.

A resposta do valor hedônico para a amostra de odor foi a média dos valores individuais assinalados por cada jurado.

A resposta do valor hedônico pelo jurado é subjetiva. O júri deve valer-se de suas experiências e memória de odores como uma escala de referência, o sentimento pessoal e convicção no processo de decisão.

3.4.2 Análise dos Dados da Hedonicidade do Odor

A análise estatística da hedonicidade do odor consistiu de uma parte descritiva (Bussab & Moretin, 2002), com a determinação das estatísticas descritivas básicas, e de uma parte inferencial, que definiu a similaridade entre os pontos de amostragem com relação à hedonicidade.

A resposta do valor hedônico para a amostra de odor foi a média dos valores individuais assinalados por cada jurado.

A análise inferencial foi realizada pelo método não paramétrico, o teste de Kruskal-Wallis, utilizado quando a variável em estudo não apresenta distribuição normal (notas em escala), heterogeneidade de variâncias, outliers (Montgomery, 1996).

As hipóteses formuladas foram:

H_0 : as médias das hedonicidades dos pontos amostrados são iguais;

H_1 : há pelo menos diferença entre duas médias.

Foi adotado o nível de significância de 5% para a tomada de decisão.

A avaliação da medida de associação entre a variável qualitativa ponto de amostragem e a variável quantitativa hedonicidade foi realizada através do cálculo do R^2 (Bussab e Moretin, 2002).

As análises foram processadas por meio do programa Statistica®.

3.5 Análise da Concentração do Odor (K_{50})

Para a detecção do limite de percepção olfativo (k_{50}), foi utilizado o olfatômetro de diluição dinâmica marca Odile versão 2000.

O Olfatômetro Odile 2000 é composto por um sistema de ar puro; uma unidade de pressurização; uma unidade de diluição; uma mesa olfatométrica com seis baias; e software de operação em computador.

A unidade de diluição é composta por reguladores de vazões mássicas que permitem a diluição em puro numa gama de 3 a 2 000 000 vezes o volume da amostra gasosa.

A FIG. 3.8 exibe o olfatômetro Odile 2000 com todas as suas unidades.



FIGURA 3.8- Olfatômetro de Diluição Dinâmica Odile, Versão 2000.

Cada baia possui um teclado para votação dos jurados e três tubos de saídas, como pode ser observado na FIG. 3.9.

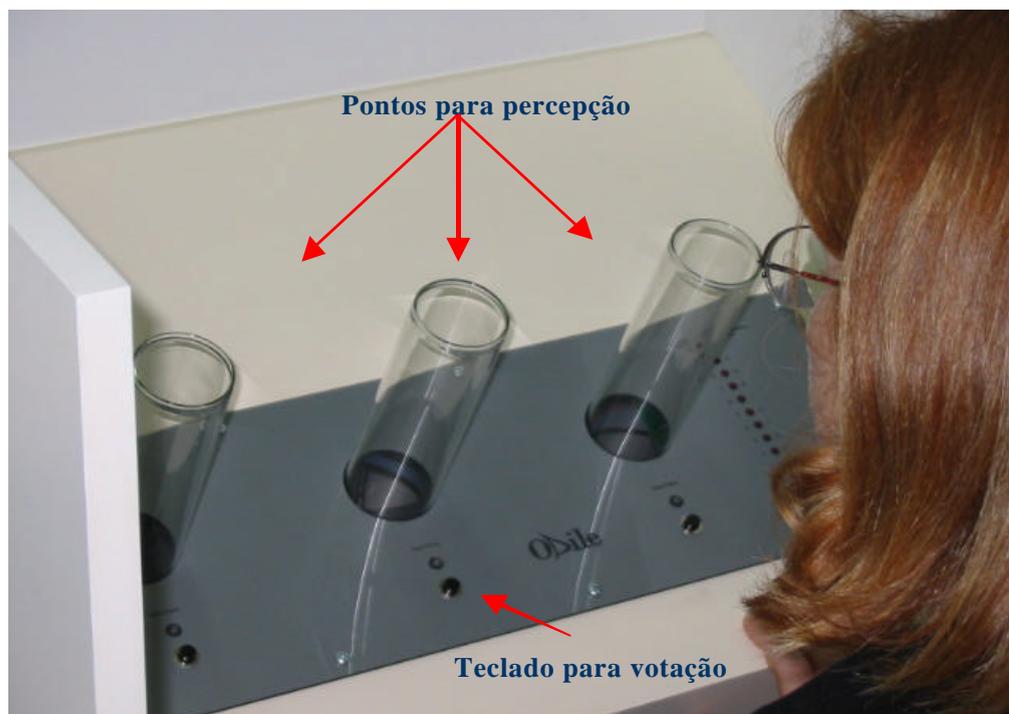


FIGURA 3.9- Teclado para Votação e Pontos para Percepção.

O saco com a amostra odorante é colocado na unidade de pressurização, onde é pressurizado e a amostra enviada para a unidade de diluição, a qual fará a diluição com o ar neutro em concentrações determinadas pelo software, a primeira diluição é sempre determinada pelo operador.

As diluições são realizadas de maneira decrescente e logarítmica. O software faz a análise contínua das respostas dos jurados, trabalha com a média logarítmica de cada um dos jurados e depois com a média dos 6 jurados.

O cálculo dos resultados é apresentado pelas seguintes técnicas de avaliação dos limites olfativos:

- ASTM : E 679 – 91;
- CEN prEN13725.

As coletas das amostras foram feitas em duplicatas, ou seja, para cada ponto de estudo foram coletados 2 sacos de amostra. O primeiro saco foi para o operador se situar onde se encontrava a diluição necessária para detecção, e também para a adaptação dos jurados (reduz a ansiedade dos jurados, que poderia prejudicar as análises).

A amostra diluída foi apresentada de maneira aleatória, e em apenas um tubo de saída em cada baia. Os outros dois tubos receberam ar neutro. O operador era o único que sabia de qual tubo estava saindo a amostra diluída. Os jurados eram instruídos a apertar o botão abaixo do tubo onde percebiam o odor.

A cada exposição ao júri é realizada uma purga do sistema, e entre cada análise olfatométrica, uma purga-limpeza.

Após cada jornada de análise olfatométrica, era acionado o sistema de auto limpeza, realizando, ao mesmo tempo, a limpeza das tubulações e das peças eletromecânicas.

Para a determinação do limite de percepção, foram utilizados 6 jurados, sendo um em cada baia.

Na FIG. 3.10 tem-se o esquema de funcionamento do olfatômetro.

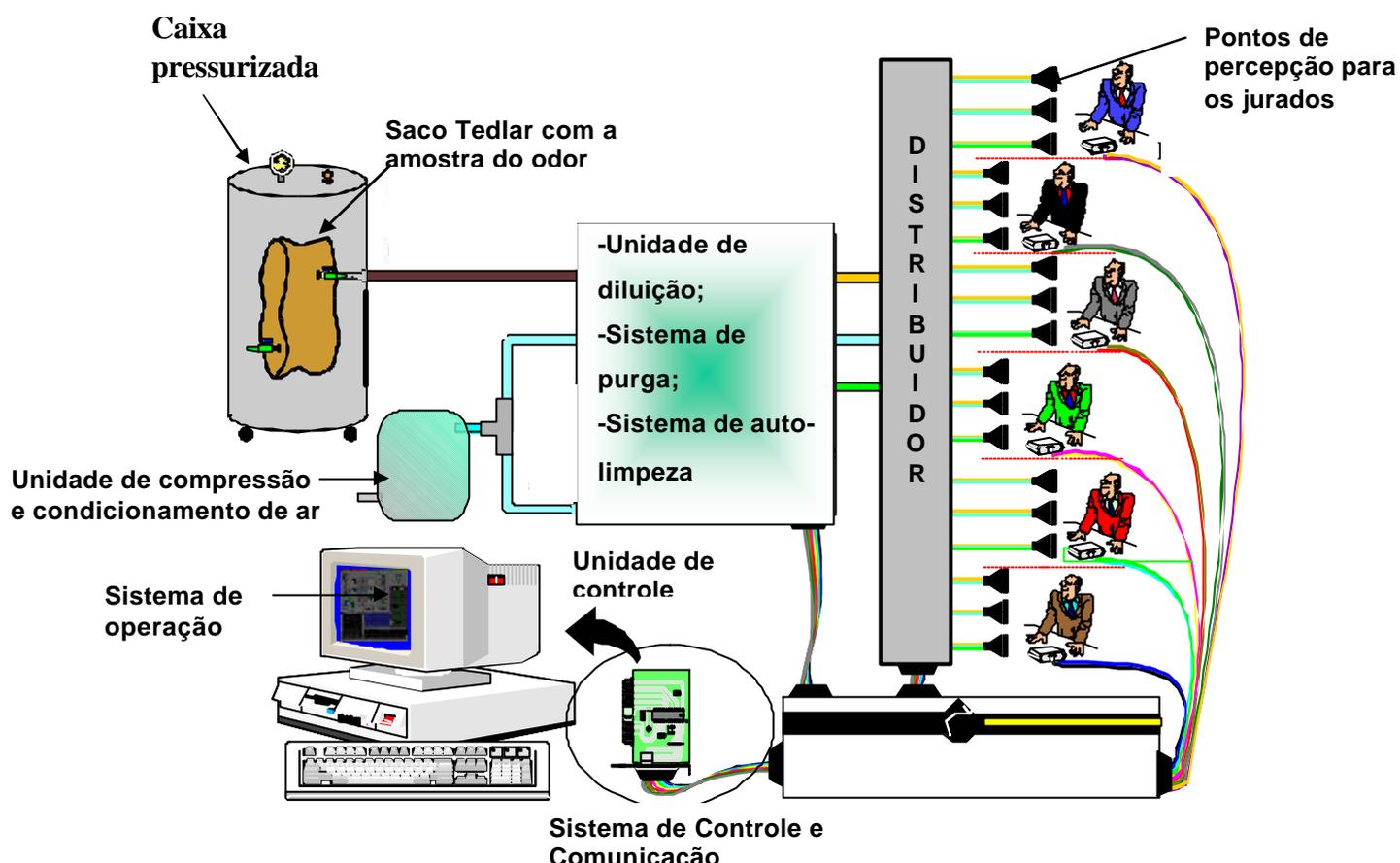


FIGURA 3.10- Esquema de Funcionamento do Olfatômetro de Diluição Dinâmica

Fonte: Adaptado Odotech (2003).

3.5.1 Procedimento de Julgamento

No momento da votação, o jurado tem 15 segundos para cheirar as três saídas. Percebendo algum tipo de odor, deverá apertar o botão correspondente, abaixo do tubo de saída do odor, e o voto será registrado pelo software. Caso o jurado perceba um odor muito forte, deverá apertar duas vezes o botão.

Passados 15 segundos, o computador não aceita mais o voto. O tempo de ação de cada jurado também é registrado pelo computador. Passado o tempo de votação, o software calcula a nova diluição em função das respostas dos jurados. A avaliação terminará quando todos os jurados acertarem a saída da amostra diluída por 2 vezes. Com todas as respostas dos jurados, é calculado o K_{50} , isto é, a diluição que prevê que 50% dos jurados sentem o odor.

Para cada análise são realizadas 3 rodadas de diluição. A primeira avaliação é descartada pelo software, pois é utilizada para a adaptação do jurados.

Na FIG. 3.11, podemos observar a mesa olfatométrica e os jurados no momento da realização de uma análise olfatométrica.



FIGURA 3.11- Análise Olfatométrica com a Utilização de um Olfatômetro de Diluição Dinâmica

3.5.2 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50})

A análise da concentração do odor foi realizada pelas normas ASTM-E 679-91, CEN pr13725 e pelo modelo PROBIT.

3.5.2.1 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50}) pela Norma ASTM-E 679-91

Esta técnica utiliza o protocolo definido pela norma ASTM-E679-91. É baseada na estimação dos limites de percepção individuais de cada jurado e calcula a média logarítmica dos limites pessoais estimados (EZ_{50p}) para calcular o valor do limite de percepção do júri (EZ_{50}) (Odile, 2003).

3.5.2.2 Análise dos Dados da Concentração do Odor (K_{50}) pela Norma CEN pr13725

Esta técnica utiliza o protocolo definido pela norma CEN pr13725. É baseada no método ASTM-E679-91, com exceção que um pós-tratamento é efetuado sobre os valores dos

limites individuais a fim de evitar considerar no cálculo do limite médio dos jurados que possuem os limites individuais não representativos do grupo (Odile, 2003).

A triagem das medidas é efetuada com base no parâmetro ΔZ (parâmetro de seleção do júri), ou seja, a relação entre uma estimativa do limite pessoal EZ_{50p} e a média geométrica \overline{EZ}_{50} de todas as estimativas de limites individuais numa medição.

$$\text{Se } EZ_{50p} \geq \overline{EZ}_{50} \text{ então } \Delta Z = \frac{EZ_{50p}}{\overline{EZ}_{50}}$$

ou,

$$\text{se } EZ_{50p} < \overline{EZ}_{50} \text{ então } \Delta Z = -\frac{Z_{ITE}}{\overline{Z}_{ITE}}$$

O parâmetro ΔZ deve ser conforme o limite: $-5 \leq \Delta Z \leq 5$

O jurado que apresenta o ΔZ maior e fora do limite $-5 \leq \Delta Z \leq 5$ deve ser excluído dos dados, e recalculada a média geométrica e os ΔZ de cada jurado, esse procedimento é repetido até que todos os membros do painel de jurados estejam no limite $-5 \leq \Delta Z \leq 5$ (CEN pr13725, 1991).

3.5.2.3 Análise dos Dados da Concentração do Odor pelo Modelo PROBIT

Está técnica de análise se baseia no método estatístico dose-resposta. Ensaio do tipo dose-resposta, são aqueles em que um determinado odor é apresentado em K diferentes diluições, d_1, d_2, \dots, d_k , a respectivamente, m_1, m_2, \dots, m_k indivíduos que mudam de estado (passam a perceber o odor). Suponha que cada indivíduo sente, ou não, o odor, tal que a resposta é quantal (tudo ou nada, isto é, 1 ou 0). Dados resultantes desse tipo de ensaio podem ser considerados como provenientes de uma distribuição binomial com probabilidade π_i , que é a probabilidade de ocorrência (sucesso) do evento sob estudo, ou seja, $Y_i \sim \text{Bin}(m_i, \pi_i)$.

O objetivo desse experimento é modelar a probabilidade de sucesso de π_i , como função de variáveis explanatórias e, então, determinar limites de percepção olfativo ou concentração de odor efetivo (Z_p , diluições que causam mudança de estado em $p\%$ dos indivíduos, por exemplo o Z_{50}).

Para todo indivíduo haverá uma certa concentração abaixo da qual a resposta não ocorre e acima da qual ela ocorre; na terminologia farmacológica e toxicológica esse valor é chamado de tolerância. Essa tolerância varia de um indivíduo para outro da população.

Sabemos que, no quadro de experiências olfatométricas, a distribuição dos limites de tolerância, varia de um indivíduo para outro, com isso, há uma distribuição de tolerâncias que pode se associar a uma variável aleatória U (limite de detecção).

No caso do modelo Probit, assume-se que U tem uma distribuição normal de média μ e variância σ^2 , isto é,

$$f_U(u; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(u - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \mu \in \mathfrak{R} \text{ e } \sigma^2 > 0,$$

de onde se tem

$$p_i = P(U \leq d_i) = P\left(\frac{U - \mu}{\sigma} \leq \frac{d_i - \mu}{\sigma}\right) = P\left(Z \leq -\frac{\mu}{\sigma} + \frac{1}{\sigma} d_i\right) = P(Z \leq \mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2 d_i)$$

para $\mathbf{b}_1 = -\frac{\mu}{\sigma}$ e $\mathbf{b}_2 = \frac{1}{\sigma}$. Portanto, como $Z \approx N(0,1)$, tem-se que:

$$p_i = \Phi(\mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2 d_i),$$

em que $\Phi(\cdot)$ representa a função de distribuição normal padrão, é uma função não linear em um conjunto linear de parâmetros. É linearizada por:

$$\text{Probit}(\pi_i) = \Phi^{-1}(\pi_i) = \beta_1 + \beta_2 d_i.$$

Em seguida é realizada uma regressão Probit, que consiste em determinar os parâmetros mais prováveis da lei normal dos limites de tolerância medidos.

Uma vez os parâmetros da lei normal determinados, o limite de percepção do júri (Z_{50}) é extraído, isto é, a diluição que prevê que 50% dos jurados sentem o odor.

3.6 Determinação do Incômodo Olfativo por Questionamento

Foram elaborados dois questionários para avaliar o impacto ambiental nas pessoas que moram na circunvizinhança de uma fonte odorante. Um questionário de caráter geral e outro de caráter permanente.

A aplicação dos questionários seguiu as instruções da VDI 3883-parte 2 (1993), que descreve em detalhes como se faz uma investigação do incômodo olfativo em áreas atingidas por odores.

O questionário de caráter geral foi uma adaptação daqueles apresentados pela *Comission International du Génie Rural* (CIGR, 1994), no capítulo *Aerial Environment in Animal Housing*, e outro proposto por Cudmore e Dons (2000) em *Environmental Standards for Industrial Odour Effects: A Recommended Approach*. Além deste, foi levado em conta o questionário aplicado por Silva (2002) para a avaliação de incômodos olfativos pela suinocultura.

O questionário geral foi do tipo fechado, apresentando múltiplas escolhas, permitindo ao entrevistado escolher, entre as respostas prontas, aquelas de melhor correspondência à sua vivência com relação à percepção dos odores.

A aplicação do questionário geral se deu de forma estruturada, e o entrevistado respondia verbalmente às perguntas do entrevistador, que as transcrevia para a ficha.

Antes da entrevista, a pessoa abordada era informada sobre o objetivo da pesquisa, para saber se aceitava ou não participar dela. Após o aceite, era feita a leitura de cada pergunta, solicitando que as respostas fossem fornecidas ao término das mesmas.

As perguntas constantes no questionário geral aplicado tiveram como princípios: caracterizar os entrevistados, embora mantendo o anonimato; avaliar a compreensão do vínculo entre os odores e a poluição atmosférica; verificar a adaptação aos odores; perguntas gerais sobre as condições do clima (temperatura, direção do vento, período do dia e do ano) para a análise das possíveis associações com os odores; identificar a principal origem dos odores; relacionar alguns sintomas de doenças aos odores. O modelo do questionário geral está encontra-se no Apêndice 1.

Outro questionário aplicado foi o de caráter permanente. Esse questionário foi adaptado da VDI 3883-parte 2, tipo cartão resposta. Para a aplicação deste questionário, foi montado um júri permanente, composto por moradores circunvizinhos à fonte odorante. O jurado permanente recebeu o cartão resposta para cada dia da semana, de segunda a domingo. O cartão resposta foi bem objetivo, constando somente o nome do observador, local, descrição do caráter do odor, hora e dia em que o odor era percebido e o grau de incômodo. O modelo do cartão resposta aplicado está descrito no Apêndice 2.

Aos membros do júri permanente foi solicitado que, a cada momento em que um odor fosse percebido durante a semana, o registrasse no cartão resposta. Semanalmente, os cartões respostas eram recolhidos e substituídos por novos.

Em ambos os questionários foi evitado qualquer tipo de indução ou influência nas respostas. O entrevistador não fez nenhum comentário em relação aos odores.

Análise Estatística do Incômodo Olfativo por Questionamento

O tratamento dos dados para o questionário geral foi realizado utilizando-se a estatística descritiva. Cada variável foi analisada isoladamente (análise univariada). A organização dos dados se deu de acordo com as ocorrências dos diferentes resultados observados. A apresentação foi sob forma gráfica, na qual se pode observar determinados aspectos relevantes e delinear hipóteses a respeito da estrutura do fenômeno em estudo.

Para o questionário permanente, inicialmente foi calculado o índice de incômodo, para cada período do dia, segundo a VDI 3883 parte 2 (1993). A TAB. 3.3 apresenta os valores para o número de respostas da categoria i (N_i) e o coeficiente de respostas da categoria i (W_i), conforme as respostas obtidas.

O índice de incômodo (Ind. Incômodo) é dado por:

$$\text{Ind. Incômodo} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^5 W_i N_i$$

Em que:

N : número total de observadores;

i : categoria de resposta;

W_i : coeficiente da categoria i ;

N_i : número de respostas da categoria i .

TABELA 3.3. Categorias de Incômodos e Pesos dos Fatores

Respostas	I	W_i
Não incomoda	1	0
Incomoda pouco	2	25
Incomoda	3	50
Incomoda muito	4	75
Incomoda extremamente	5	100

Fonte: Adaptado da VDI 3883, parte 2 (1993).

O valor do índice de incomodo para as pessoas que declararam que o odor não incomodava foi 0 e, 100 para as extremamente incomodadas. O índice de incômodo foi calculado para os períodos de manhã, tarde e noite, verificando a existência de algum desconforto olfativo nesses três períodos do dia, ou seja, quando o índice de incomodo apresentar o valor 25 ou superior, o odor já começava a incomodar.

Também foi realizada a estatística descritiva dos dados através do índice de incômodo.

4. ESTUDOS DE CASOS

4.1. Considerações Gerais

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões das aplicações em quatro situações, colocando em prática os procedimentos analíticos olfatométricos propostos.

As diferentes situações tiveram por objetivo testar as metodologias de análises olfatométricas, buscando a caracterização olfatométrica das emissões odorantes e avaliação do incômodo olfativo.

Os locais selecionados para os estudos de casos foram:

- Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI) da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes, em Cubatão/SP;
- Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, em Florianópolis/SC;
- Indústria de Papel (Processamento de papel reciclado), em Curitiba/PR;
- Autoposto com abastecimento à base de gasolina, álcool, diesel e GNV (Gás Natural Veicular), em Joinville/SC.

Para o estudo de caso da Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI) da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes e da Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, foram testadas as metodologias propostas para caracterização do odor: análise da intensidade odorante, pelo método de diluição estática; análise da qualidade e hedonicidade do odor; análise do limite de percepção olfativo do odor (K_{50}), para a determinação da concentração do odor, pelo método de diluição dinâmica, com a utilização do olfatômetro marca ODILE^{MC} versão 2000.

Para cada amostragem foram utilizados jurados diferentes, buscando, com isso, uma maior representatividade dos resultados, com um número maior de respostas.

No caso da Indústria de Papel (processamento de papel reciclado), foram avaliadas as concentrações odorantes, nas diversas fontes odorantes existentes na indústria, mediante a determinação da concentração de odor por meio do limite de percepção olfativo.

Para o caso do autoposto, foi realizado o levantamento de dados avaliando o impacto de incidência do odor nos moradores circunvizinhos, através da aplicação de um questionário geral e outro permanente. Este local foi escolhido para estudo de caso por apresentar uma atmosfera menos concentrada, mesmo assim, ligada a incômodos olfativos.

É sabido que, para todas as análises realizadas, intensidade odorante, qualidade do odor, hedonicidade e concentração odorante das diversas fontes amostradas neste trabalho, é necessária a geração de dados repetíveis de todas as análises. Essas amostragens foram efetuadas para testar as metodologias propostas, verificando suas facilidades e limitações. Os resultados apresentados são valores referentes aos dias e períodos das respectivas coletas.

Associada às características de cada estudo de caso, a observação dos resultados permitiu avaliar o desempenho e flexibilidade das metodologias aplicadas.

4.2. Caso 1 - Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes.

Existe um grande número de atividades industriais que são fontes de emissões odorantes, dentre essas fontes, podemos destacar as indústrias petroquímicas.

As refinarias de petróleo produzem uma variedade de combustíveis e produtos químicos, resultando na geração de efluentes líquidos sólidos e gasosos, que podem poluir o meio ambiente.

Muitos dos gases emitidos para a atmosfera pelas refinarias são odorantes, como os compostos de enxofre, que são os principais ofensores, por causa do seu cheiro e baixo nível de detecção.

As emissões atmosféricas variam muito, tanto em tipo como em quantidade, dependendo da refinaria. Entre os fatores tidos como determinantes destas emissões têm-se: os processos tecnológicos usados; o tipo de equipamento; medidas de controle vigentes; manutenção e conservação das instalações; categoria; idade da refinaria e o sistema de tratamento dos efluentes líquidos.

O município de Cubatão sempre foi conhecido como uma área afetada por sérios problemas de poluição atmosférica, em função de sua topografia acidentada associada às condições meteorológicas desfavoráveis, que dificultam a dispersão de poluentes, e das grandes emissões de poluentes industriais.

Existem 260 fontes industriais de emissões de poluentes atmosféricos em Cubatão, muitas dessas indústrias emitem poluentes odorantes, gerados por diferentes processos químicos ou tratamentos biológicos (CETESB 2002).

Não há nenhum estudo sobre odores em toda a região de Cubatão. A CETESB é a responsável em atender todas as reclamações advindas da população.

A Baixada Santista se destaca pela presença da Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão, assim como pelo pólo petroquímico e pela COSIPA, uma das maiores siderúrgicas do país.

A RPBC é hoje a 5ª unidade do sistema Petrobrás em capacidade de refino de petróleo e uma das que possuem uma linha de produção de derivados das mais variadas. Atualmente, a RPBC é responsável por 11% da produção de derivados no Brasil. Instalada aos pés da Serra do Mar, a RPBC é cortada pelo Rio Cubatão e pela mítica Estrada Velha de Santos, a primeira rodovia asfaltada do Brasil (www.petrobras.com.br).

A experiência em Cubatão, ligada à realidade da Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), mostra a necessidade de estudos com relação aos compostos orgânicos voláteis (COV) para o futuro controle da poluição do ar, já que muitos destes compostos são tóxicos e também causam mau cheiro, acarretando o incômodo olfativo (Queiroz e De Melo Lisboa, 2002).

Um dos grandes causadores dos incômodos olfativos advindos da RPBC é a Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI).

A estação de tratamento de efluentes líquidos na indústria do refino de petróleo é fonte de odores provenientes de hidrocarbonetos, compostos com nitrogênio (NH_3 , aminas leves e cíclicas) e compostos com enxofre (H_2S , mercaptanas e compostos reduzidos), ácidos graxos voláteis, aldeídos, alcoóis e ésteres.

O sistema é composto por um tratamento físico onde acontece a separação de água e óleo, e um tratamento biológico por lagoas de aeração. A vazão de afluente é de $900 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para este estudo de caso, foram testadas as metodologias propostas para caracterização do odor: análise da intensidade odorante, pelo método de diluição estática; análise da qualidade e hedonicidade do odor; análise do limite de percepção olfativo odor(K_{50}), para a determinação da concentração do odor, pelo método de diluição dinâmica, com a utilização do olfatômetro marca ODILE^{MC} versão 2000.

4.2.1 Pontos de Amostragem

Os pontos de coleta das amostras de odores na ETDI foram priorizados pelo nível de presença de emissões odorantes e conversas com o pessoal técnico responsável pela operação da estação de tratamento. A localização dos pontos de amostragens na ETDI pode ser vista na FIG.4.1.

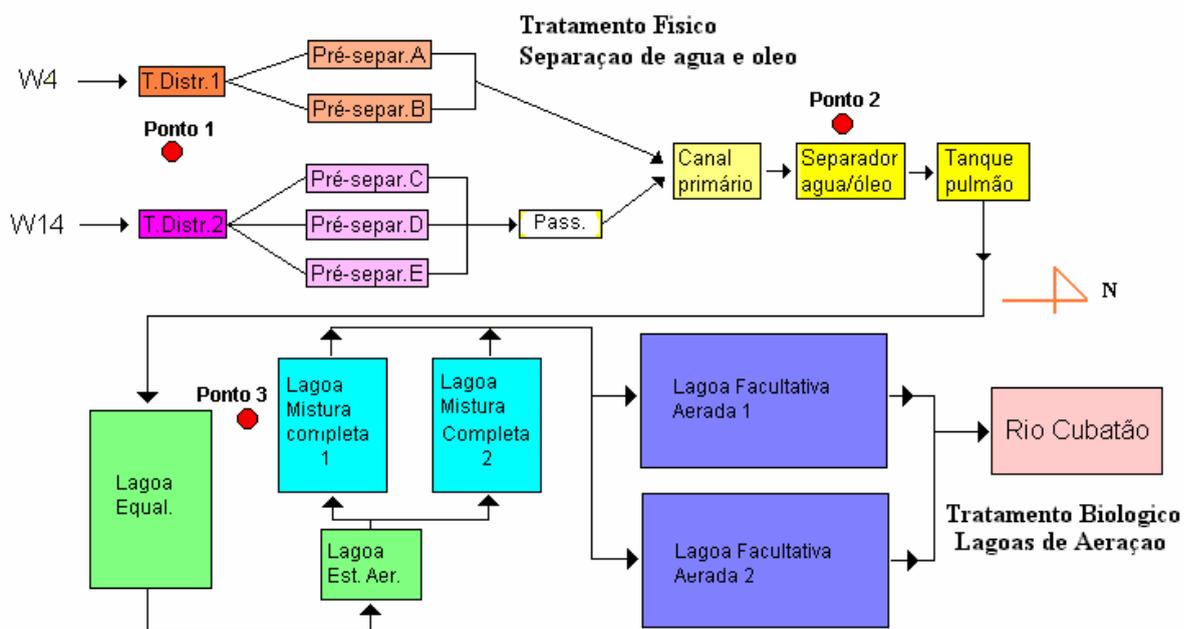


FIGURA 4.1-Localização dos Pontos de Amostragem da Estação de Tratamento dos Efluentes Líquidos da Refinaria RPBC.

Os pontos amostrados foram:

Ponto 1 – Entre as duas caixas de passagem;

Ponto 2 – Separador água e óleo;

Ponto 3 – Entre a lagoa de equalização e lagoa de mistura completa.

Nas lagoas somente foi analisado 1 ponto em decorrência da não disponibilidade de tomadas elétricas entre as lagoas, e também por motivo de segurança, pois não foi permitida a colocação de mais tomadas para a amostragem. A seguir, têm-se os locais de cada amostragem nas FIG. 4.2, 4.3 e 4.4.



FIGURA 4. 2- Ponto de Amostragem 1 – Entre as Duas Caixas de Passagem



FIGURA 4.3- Ponto de Amostragem 2- Separador Água e Óleo



FIGURA 4.4- Ponto de Amostragem 3 – Entre a Lagoa de Equalização e Lagoa de Mistura Completa

4.2.2 Resultados e Discussão

Na Estação de Tratamento de Esgoto da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes – Cubatão (RPBC) foram realizadas duas amostragens, todas no período da manhã. Nos dois dias de coletas das amostras houve predominância de sol (sem nuvens) e foram amostrados os três pontos. A primeira amostragem ocorreu no dia 24/04/2003. Segundo a estação meteorológica da RPBC, a temperatura média ambiente era de 22,5°C, com a velocidade média do vento, 1,94 m/s, soprando no sentido sudoeste, tendendo mais para o sul. Em virtude da demora para a chegada do olfatômetro no Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC), a segunda amostragem somente foi realizada no dia 12/11/2003. A temperatura média ambiente para a segunda amostragem foi de 27,16 °C, e a velocidade média do vento, 1,818 m/s, soprando no sentido sul.

Cada amostra foi analisada por 13 jurados diferentes. Todos os jurados eram pessoas externas ao ambiente da refinaria. As amostras foram analisadas no LCQAr, em Florianópolis.

Os jurados não sabiam a procedência das amostras, esse procedimento foi adotado para não haver indução dos jurados em relação as avaliações.

4.2.2.1 Intensidade do Odor

A distribuição da intensidade odorante por ponto amostrado, para a primeira campanha de amostragem, está apresentada na TAB. 4.1.

TABELA 4.1. Resultado da Intensidade Odorante (Frequências e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, em 24/04/2003.

Local	Intensidade do odor				Total
	Fraco	Médio	Forte	Mforte	
P1	1	1	4	7	13
	7,69%	7,69%	30,77%	53,85%	100,00%
P2	0	2	8	3	13
	0,00%	15,38%	61,54%	23,08%	100,00%
P3	0	4	6	3	13
	0,00%	30,77%	46,15%	23,08%	100,00%
Total	1	7	18	13	39
	2,56%	17,95%	46,15%	33,33%	100,00%

O maior percentual de resposta dos jurados, para o ponto P1 (Entre as duas caixas de passagem), com 53,85%, foi de ser um odor muito forte. O valor do índice de intensidade foi de 4,3, correspondendo a um odor de intensidade de forte a muito forte (F/MF).

No ponto P2 (Separador de água e óleo), 61,54% das respostas, foram de ser um odor forte, com o índice de intensidade de 4,1. Assim como no ponto P1, a intensidade foi de forte a muito forte (F/MF).

Teoricamente, o ponto P3 deveria exibir uma intensidade menor entre os pontos amostrados, visto que o resíduo já havia passado pela etapa preliminar de tratamento. O percentual apresentado como sendo um odor forte foi de 46,15%, ou seja, praticamente metade dos jurados acharam esse odor forte. Ainda nesse mesmo ponto, 23,08% dos jurados responderam que o odor era muito forte, e o valor do índice de intensidade foi 3,9, o que representa um odor médio tendendo para forte.

Pela análise de frequência apresentada anteriormente, pode-se perceber que aparentemente existe uma associação entre o local de amostragem e a intensidade do odor.

Considerando que os três pontos de amostragem formam categorias de uma variável, a qual foi chamada de local de amostragem, a dependência (forte, moderada e fraca) entre as variáveis local de amostragem e intensidade odorante foi verificada pelo coeficiente de contingência de Pearson corrigido C^* .

O coeficiente de contingência de Pearson para intensidade odorante da primeira amostragem foi de $C=0,4081$ e $C^*=0,4998$.

Como o coeficiente de Pearson está próximo de 0,50 a associação entre os pontos de amostragem e a intensidade odorante para a amostragem do dia 24/04/2003 foi moderada.

A seguir, são mostrados os resultados da intensidade odorante para a segunda amostragem, realizada no dia 12/11/2003.

A distribuição da intensidade odorante por ponto amostrado, para a segunda amostragem, está apresentada na TAB. 4.2.

TABELA 4.2. Resultado da Intensidade Odorante (frequência e percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, em 12/11/2003.

Local	Intensidade do odor				Total
	Fraco	Médio	Forte	Mforte	
P1	0	3	3	7	13
	0,00%	23,08%	23,08%	53,85%	100,00%
P2	2	2	6	3	13
	15,38%	15,38%	46,15%	23,08%	100,00%
P3	0	6	4	3	13
	0,00%	46,15%	30,77%	23,08%	100,00%
Total	2	11	13	13	39
	5,13%	28,21%	33,33%	33,33%	100,00%

Na segunda amostragem, o ponto P1 continuou a apresentar um percentual maior para a intensidade muito forte, 53,85%, e o índice de intensidade de 4,3, como da primeira campanha de amostragem, a intensidade do odor foi de forte a muito forte. Já o ponto P2, o maior percentual foi de intensidade forte, 46,15%, e o índice de intensidade de 3,8, correspondendo a odor de médio a forte (M/F). Para o ponto P3, o maior percentual foi de odor médio, também 46,15%, com índice de intensidade de 3,8, o qual se classifica em intensidade de médio a forte.

Com a aplicação do cálculo do índice de intensidade, pode-se atribuir um valor para a classificação das respostas dos jurados uniformizando-as, tendo em vista a variabilidade das respostas dos jurados em função das diferentes percepções.

Pode-se observar, pelas respostas dos jurados, que parece haver a redução da intensidade do odor na seqüência dos pontos amostrados. Isto induz a acreditar que existe uma associação entre o local de amostragem e a intensidade odorante.

O coeficiente contingência de Pearson para a segunda amostragem foi de $C = 0,4499$ e $C^* = 0,5510$. Sendo assim, a associação foi moderada, pois o coeficiente de Pearson está próximo de 0,50.

Essa metodologia de intensidade odorante, através da escala estática do butanol, empregada em odores de uma estação de tratamento de efluentes líquidos de uma refinaria de petróleo, foi de fácil aplicação, não havendo dificuldade de entendimento dos jurados de como proceder o julgamento do odor. Também foi possível, por meio dessa análise, observar uma eficiência do tratamento aplicado na ETE quanto à redução do odor.

4.2.2.2 Qualidade do Odor

Os mesmos jurados que avaliaram a intensidade odorante participaram da avaliação da qualidade do odor, foram realizadas para os três pontos amostrados.

Para alguns jurados, houve certa dificuldade em responder que tipo de odor era o das amostras. Houve aqueles que, mesmo com a apresentação da “roda do odor”, FIG. 2.3, não conseguiram responder.

Segundo Fernandez, 1999, a descrição da qualidade de um odor percebido é difícil de ser descrita.

As respostas foram classificadas de acordo com 8 categorias, medicinal, químico, peixe, ofensivo, terra, vegetal, frutífero e floral.

As respostas dos jurados, para a primeira amostra, se enquadraram em 3 categorias, químico, ofensivo e terra.

A TAB. 4.3 exhibe a característica qualidade do odor, conforme a percepção dos jurados para a primeira amostragem, dia 24/04/2003.

TABELA 4.3. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, em 24/04/2003.

Local	Qualidade do odor				Total
	Químico	Ofensivo	Terra	Não soube	
P1	10	1	0	2	13
	76,92%	7,69%	0,00%	15,38%	100%
P2	7	0	0	6	13
	56,85%	0,00%	0,00%	46,15%	100%
P3	9	0	4	0	13
	69,23%	0,00%	30,77%	0,00%	100%
Total	26	1	4	8	39
	66,66%	2,57%	10,25%	20,52%	100%

Os jurados tiveram maior dificuldade em descrever o odor do ponto P2, já que somente 7 dos 13 jurados conseguiram descrever o tipo de odor nesse ponto.

A categoria odor químico foi a que mais apresentou respostas, 76,92 %, para o ponto P1. No ponto P2, dos 7 jurados que conseguiram descrever a qualidade do odor, todos descreveram odores que se encaixaram na categoria químico, já no ponto P3, 69,23% também descreveram como químico, e 30,77% como terra.

As respostas apresentadas para a categoria odor químico foram: fenol, óleo, plástico, tinta, gás, gasolina, querosene, petróleo, cola, enxofre.

A categoria terra foi classificada, no ponto P3, por 4 dos 13 jurados, as respostas apresentadas foram mofo e fumaça.

A categoria ofensivo foi classificada por somente 1 jurado, correspondendo a 7,69%, respondendo ser o odor do ponto P1 de esgoto.

A associação entre os pontos amostrados e a qualidade do odor, grandeza dessa associação, foi verificada pelo coeficiente de contingência de Pearson. O coeficiente de contingência de Pearson para a qualidade do odor da primeira amostra, dia 24/04/200, foi de $C = 0,5569$ e $C^* = 0,6820$. O coeficiente de contingência corrigido indica que a associação é moderada.

Pode-se observar que, praticamente em todos os pontos amostrados, a qualidade de odor químico foi predominante.

A seguir, são apresentados os resultados para a característica qualidade do odor para a segunda amostragem, dia 12/11/2003. A TAB. 4.4 mostra a característica qualidade do odor, segundo a percepção dos jurados.

TABELA 4.4. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Segunda Amostra, em 12/11/2003.

Local	Qualidade do odor		
	Químico	Terra	Total
P1	13	0	13
	100%	0,00%	100%
P2	13	0	13
	100%	0,00%	100%
P3	10	3	13
	76,92%	23,08%	100%
Total	36	3	39
	92,31%	7,70%	100%

Como pode-se visualizar na TAB. 4.4, todos os jurados, 100%, responderam ser um odor da categoria químico para o ponto P1 e ponto P2. As respostas apresentadas foram fenol, óleo, plástico, tinta, gás, gasolina, querosene, petróleo, cola, enxofre.

No ponto P3, o percentual de qualidade químico foi de 76,92%, e 23,08% responderam que o odor tinha a qualidade terra. As respostas que se enquadraram na categoria terra foram mofo, fumaça, mofado.

O coeficiente de contingência de Pearson para a característica qualidade do odor na segunda amostragem foi de $C = 0,3780$ e $C^* = 0,5345$. Com isso, pode-se verificar que a magnitude da associação para a segunda amostragem também foi moderada.

Apesar da estatística de associação indicar que a associação na qualidade do odor com os pontos amostrados foi moderada, pode-se notar que houve uma significativa frequência para a categoria de odor químico, mas 23,08% dos jurados responderam ser o odor terra, influenciando na associação, ficando, desse modo, associação moderada.

Foi verificado, por meio da aplicação desta metodologia, de descrição da qualidade do odor, que essa característica do odor é de grande importância. Com sua aplicação, é possível a identificação de uma fonte odorante emissora em um complexo industrial, e também qual a fonte de emissão mais frequente, portanto, a qual incomoda mais, visto que um odor frequente, por mais agradável que seja, se torna um incômodo.

Os jurados que fizeram parte deste estudo não sabiam que as amostras que estavam sendo analisadas eram de uma refinaria de petróleo e que, por conseguinte, a qualidade do odor mais frequente, para esse tipo de indústria, é o químico. Como se pode constatar através dos resultados, essa foi a qualidade mais descrita pelos jurados, com significativa frequência.

Quanto à descrição de odor de terra, que também foi apresentada por alguns jurados, a mesma pode ser considerada certa, já que, todas as vezes que nomearam essa qualidade foi para o ponto entre as lagoas de estabilização. O odor nesse local é diferente, haja vista que já está ocorrendo um tratamento biológico, a fermentação. Em lagoas aeradas, como foi o caso do ponto P3, o cheiro característico desse tipo de tratamento é o terra. Com isso, pode-se observar, que, essa metodologia, para a obtenção da característica qualidade de um odor, é de fácil aplicação e com resultados confiáveis.

4.2.2.3 Hedonicidade do Odor

A hedonicidade de cada ponto amostrado foi avaliada para as duas amostragens. A TAB. 4.5 mostra as determinações das estatísticas básicas para a primeira coleta, dia 24/04/2003.

TABELA 4.5. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Três Pontos Amostrados, Dia 24/04/2003.

Ponto	N (nº de jurados)	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
P1	13	-3,615	-3,000	3,664	-10,000	3,000
P2	13	-2,385	-3,000	2,501	-5,000	4,000
P3	13	-2,538	-3,000	4,352	-10,000	5,000

Verifica-se, através das médias, que as hedonicidades dos pontos amostrados P2 e P3 foram bem próximas. O ponto menos agradável foi o ponto P1, o qual apresentou a média menor que a dos outros pontos.

O ponto P3 foi o de maior variabilidade de notas, o que pode ser visto pelo desvio padrão, que foi maior que de outros pontos amostrados. No GRAF., 4.1, está apresentada a medida da posição central dos dados através da mediana.

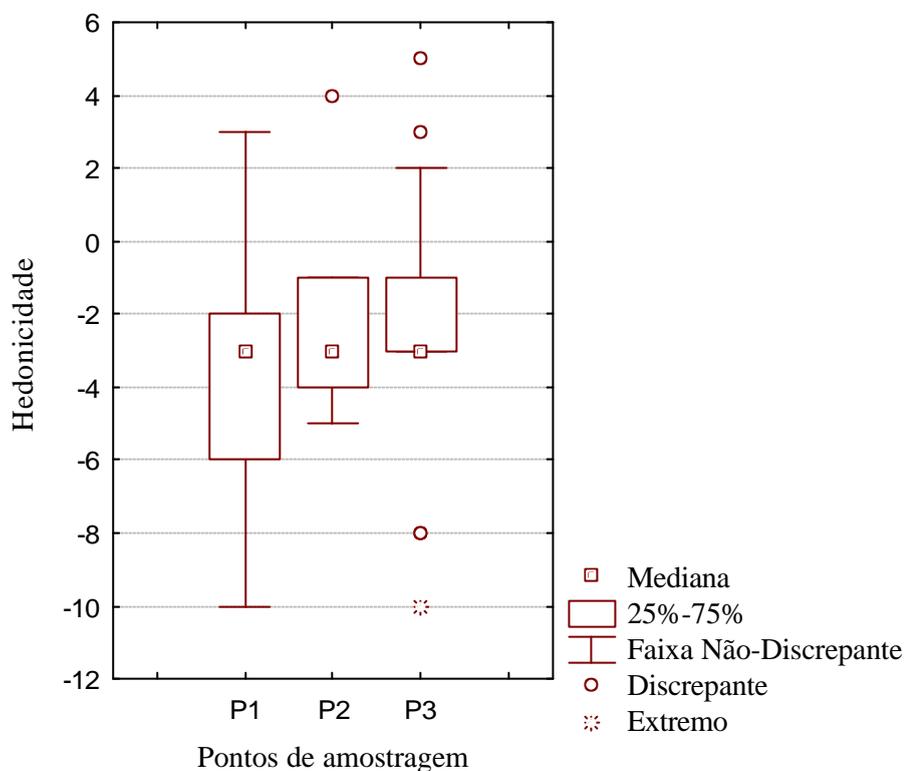


GRÁFICO 4.1- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 3 Pontos Amostrados, em 24/03/2003.

Em conformidade com o que pode ser visualizado no conjunto de dados do ponto P1, não houve nenhum valor discrepante. O valor superior mais afastado foi 3 e inferior, -10. Valores discrepantes foram observados para os pontos P2 e P3, sendo que o ponto P2 teve somente um valor superior como sendo discrepante. Já o ponto P3 exibiu valores superior e inferior discrepantes e um valor extremo.

Nota-se que as medianas são iguais, o que indica uma hedonicidade similar para os três pontos amostrados.

As respostas de todas as notas dadas pelos jurados, para cada ponto amostrado, podem ser vistas no GRAF., 4.2.

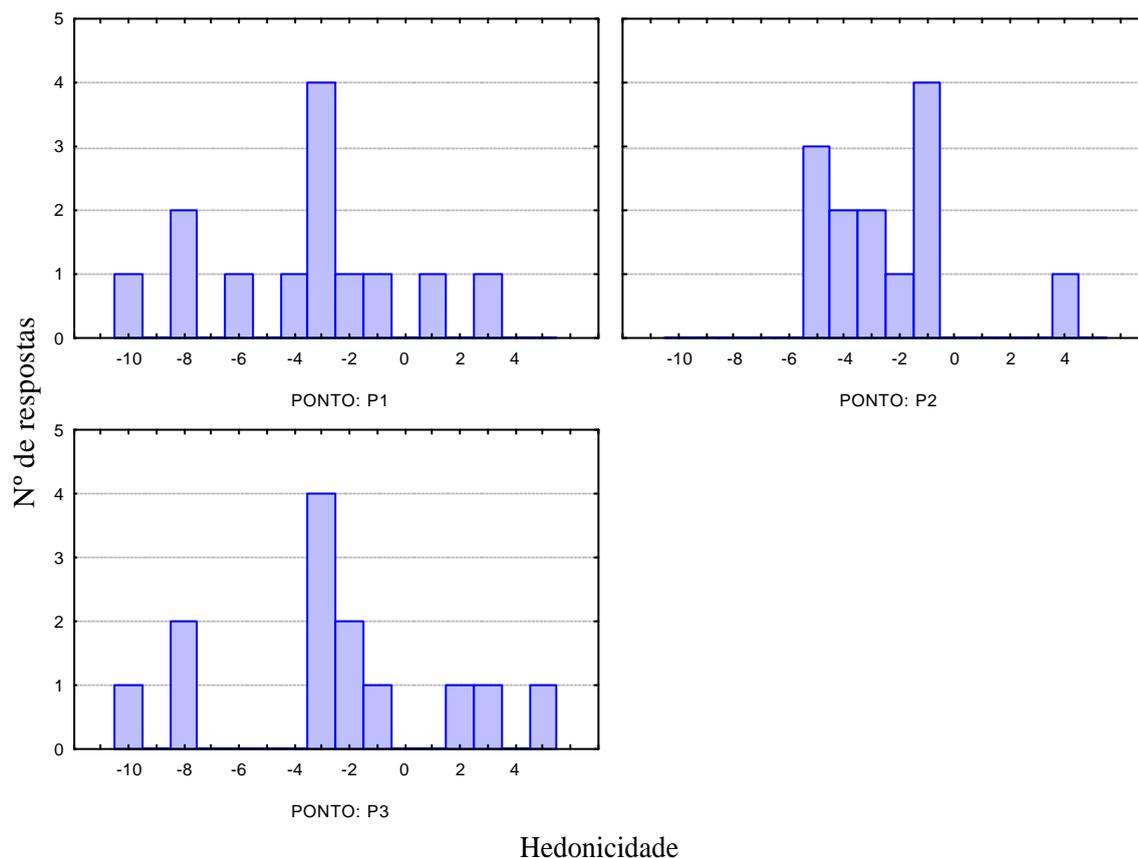


GRÁFICO 4.2- Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os Três Pontos Amostrados, em 24/04/2003.

Pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, não se rejeita H_0 , ou seja, não há diferença estatisticamente significativa entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados $p = 0,6635$. Ao nível de significância de 5%.

O resultado do cálculo $R^2 = 0$, isso significa que a variação total da hedonicidade não foi explicada pelo ponto de amostragem para essa primeira avaliação.

A seguir, são apresentados os resultados da hedonicidade do odor para a segunda amostragem, realizada no dia 12/11/2003. Na TAB. 4.6 estão ressaltadas as determinações das estatísticas básicas.

TABELA 4.6. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Três Pontos Amostrados, Dia 12/11/2003.

Ponto	N (n° de jurados)	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
P1	13	-5,000	-5,000	2,160	-9,000	-2,000
P2	13	-3,000	-3,000	2,614	-7,000	1,000
P3	13	-2,385	-2,000	4,369	-10,000	5,000

Como se pode notar pela tabela anterior, o ponto P1 foi o local com menor média, sendo assim, o ponto mais desagradável entre os três pontos. O ponto P3, assim como na primeira coleta, pode-se observar, pelo desvio padrão, que foi o que mostrou notas mais dispersas umas das outras. No GRAF., 4.3 está apresentada a medida de posição central dos dados através da mediana.

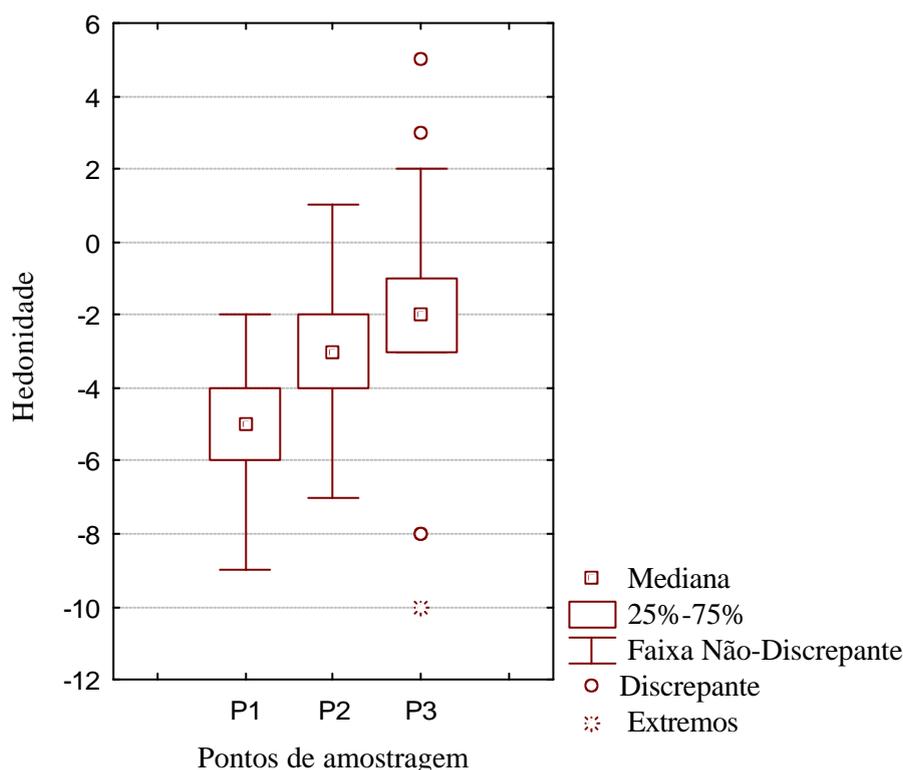


GRÁFICO 4.3 - Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 3 Pontos Amostrados, em 12/11/2003.

Conforme se pode verificar no desenho esquemático do GRÁF., 5.3, o ponto P3 apresentou valores discrepantes, tanto inferior -8 como superior 3 e 5 , e também um valor

extremo, -10. A resposta das pessoas para esse ponto, como a primeira amostragem, foi a que exibiu valores mais dispersos. Isso pode ser visualizado através da média e desvio padrão. Com certeza, a média e o desvio padrão foram afetados por esse valor extremo. Os pontos P1 e P2 não apresentaram valores discrepantes e nem valores extremos.

O valor hedônico, salientado pelos jurados, para cada ponto amostrado, pode ser visto no GRÁF.,4.4.

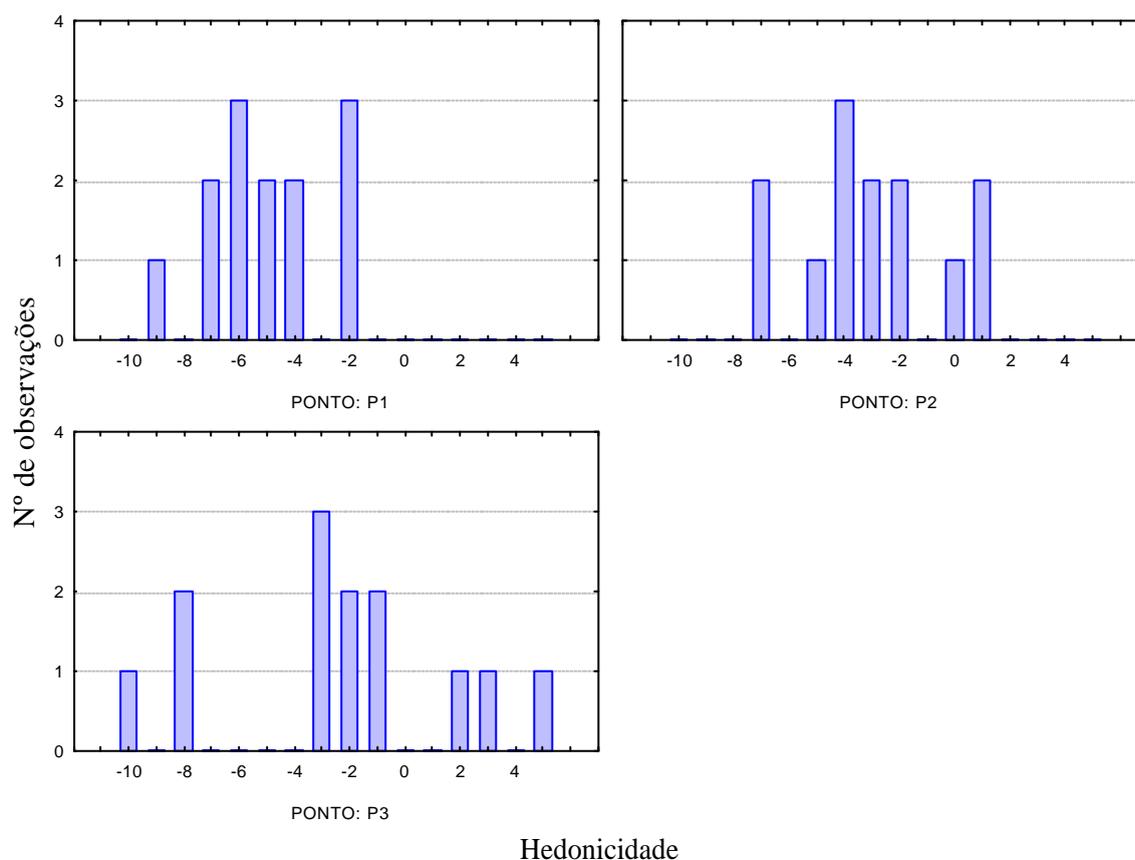


GRÁFICO 4.4 - Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os Três Pontos Amostrados, dia 12/11/2003.

Pelo teste de comparação das médias não paramétrico de Kruskal-Wallis, para a segunda amostragem, $p=0,0932$ ($p>0,05$), então não se rejeita H_0 , ou seja, não há diferença significativa estatisticamente entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados. Ao nível de significância de 5%.

Pode-se perceber que o ponto P1 tendeu a ser o mais desagradável, seguido do ponto P2 e, por último, o ponto P3.

O R^2 para a segunda amostragem foi de 6,68%, de modo que apenas 6,68% da variabilidade da hedonicidade foram explicadas pelos pontos de amostragem.

4.2.2.4. Limite de Percepção Olfativo/Concentração Odorante

A análise do limite de percepção olfativo foi realizada para a segunda amostragem. Quando houve a primeira coleta das amostras na estação de tratamento da refinaria, o olfatômetro ainda não havia sido instalado no laboratório de olfatomia da UFSC. Por conseguinte, não foi possível a realização dessa análise para a primeira amostra (dia 24/04/2003).

Os resultados do limite de percepção de odor são apresentados pelas normas americana ASTM-E 679-91, européia CEN prEN13725. Também é exibido o modelo de regressão linear Probit de todas as respostas dos jurados.

Os resultados do limite de percepção olfativo no ponto P1 podem ser observados na TAB. 4.7.

TABELA 4.7. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 12/11/2003.

ASTM E 679-91	PROBIT	Pr EN13725
$Z_{50} = 3518$	$Z_{50} = 4651$	$Z_{50} = 4652$
$SD(\log) = 0,16$	$Z_{50+} = 4994$	$SD(\log) = 0,22$
	$Z_{50-} = 4334$	

O limite de percepção olfativo para o ponto P1, segundo a norma ASTM E679-91, foi de 3518, pela norma prEN 13725, de 4562, e pelo modelo Probit, 4651.

Isso corresponde a uma concentração de odor nesse ponto, pela norma americana, de 3518 UO.m^{-3} , pela norma européia, de 4562 UO.m^{-3} e pelo modelo Probit, de 4651 UO.m^{-3} .

Verificou-se que o desvio padrão(SD), pela norma americana ASTM-E679-91, foi menor que o da norma européia, isso pelo fato de que, nos cálculos pela norma americana, são retiradas todas as respostas consideradas discrepantes. A norma européia também se baseia no mesmo método da norma ASTM-E679-91, mas ainda faz um pós-tratamento sobre os valores dos limites individuais dos jurados, utilizando na seleção do limite de percepção o parâmetro de seleção ΔZ , que deve estar entre $-5 \leq \Delta Z \leq 5$, dessa forma, rejeitando aqueles jurados extremamente sensíveis ou mesmo aqueles com falta de sensibilidade.

Os valores Z_{50+} e Z_{50-} , pelo modelo Probit no ponto P1, como pode ser visto na TAB.4.7, estão próximos do Z_{50} . Isso quer dizer que os resultados apresentam uma baixa dispersão com relação ao valor de Z_{50} pelo modelo Probit.

No GRÁF., 4.5 estão representadas todas as respostas dos jurados, mesmo aquelas eventualmente desconsideradas quando da análise pela norma ASTM-E679-91 e norma prEN 13725.

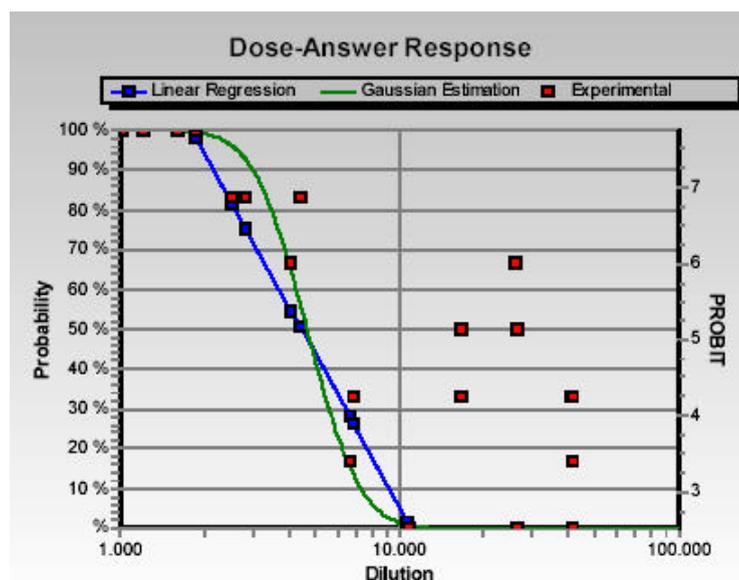


GRÁFICO 4.5 – Distribuição das Respostas dos Jurados Segundo o Modelo Probit para o Ponto P1, dia 12/11/2003.

A seguir, são apresentados os valores do limite de percepção olfativo para o ponto de amostragem P2.

Os resultados do limite de percepção olfativo no ponto P2, podem ser observados na TAB. 4.8, e a distribuição das respostas dos jurados, pelo modelo Probit, é mostrada no GRÁF., 4.6.

TABELA 4.8. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 12/11/2003.

ASTM E 679-91	PROBIT	Pr EN13725
$Z_{50} = 726$	$Z_{50} = 2652$	$Z_{50} = 1451$
SD (log) = 0,31	$Z_{50+} = 3027$ $Z_{50-} = 2346$	SD (log) = 0,21

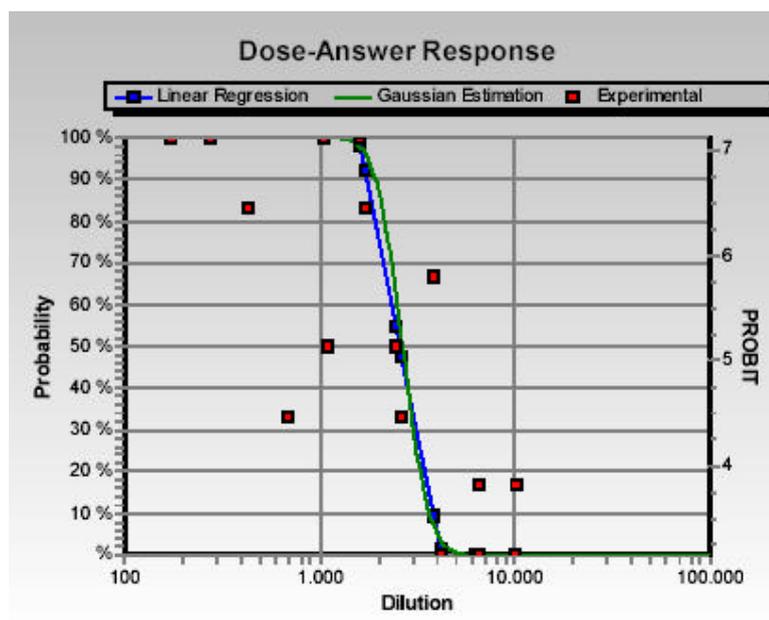


GRÁFICO 4.6 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P2, dia 12/11/2003.

No ponto P2, no decorrer da análise, houve um jurado que não conseguia detectar o odor, mesmo tendo passado pela seleção. Enquanto os outros jurados já estavam votando que sentiam o odor, o jurado em questão estava tendo dificuldade em acertar a saída do odor diluído, chegando a votar certo e depois errar o ponto de saída.

Acredita-se que talvez tenha ficado nervoso no momento da avaliação com o olfatómetro, e isso, com certeza, afetou a sua percepção. Foi percebido que no momento de uma avaliação olfatométrica, com um olfatómetro de diluição dinâmica, qualquer vacilo do jurado afeta a análise. Ele também pode perder o tempo de votação, que é somente de 15 segundos. O jurado deve estar com a atenção totalmente voltada aos tubos de saída do ar, pois o odor apresentado é um odor diluído e não concentrado. Pessoas que têm dificuldade de concentração, ou dispersas, não podem fazer parte de uma avaliação com olfatómetro, mesmo estando com o olfato médio, o que é exigido pela olfatometria.

De acordo com McGinley e McGinley (2001), a mera introdução da idéia de seleção, aparentemente, tem uma clara influência nas respostas dos jurados que estão sendo selecionados. Isso sugere que a motivação determina a característica olfatométrica de um indivíduo a um considerável grau. Assim, a seleção dos jurados requer contínuo monitoramento e experiência.

Como pode ser verificado na TAB. 4.8, o limite de percepção, pelo modelo Probit, foi de 2652 e os valores Z_{50+} e Z_{50-} estão distantes uns dos outros. Isso quer dizer que a dispersão das respostas foi grande.

Pela norma americana ASTM E679-91 o limite de percepção olfativo foi de 726, a concentração de odor, de 726 UO.m^3 . Pela norma européia, foi de 1451 ou concentração de odor de 1451 UO.m^3 .

Para Guy *et al* (2004), a determinação da concentração do odor de uma fonte deve ser de acordo com a regulamentação vigente. As análises dos dados são muito importantes, e algumas discrepâncias podem ocorrer entre a concentração do odor calculado pelos métodos ASTM E679-91, CEN e Probit.

Essa discrepância, descrita por Guy *et al* (2004), foi percebida nas análises deste estudo de caso. Em função da diferença na metodologia de triagem das respostas dos jurados, entre as normas ASTM E679-91 e CEN, se a percepção olfativa de todos os membros do painel de jurados não estiver no mesmo patamar, ou seja, caso um jurado esteja extremamente sensível ou perca a sensibilidade no decorrer da análise, foi observado que a diferença entre os valores da concentração odorante torna-se discrepante. Isso evidencia a importância do pós-tratamento realizado pela norma CEN, com atribuição do parâmetro de seleção ΔZ , estando entre $-5 \leq \Delta Z \leq 5$, igualando todas as respostas dos jurados e excluindo totalmente aqueles que estão extremamente sensíveis ou com falta de percepção. A norma ASTM não procede dessa forma, por exemplo, para um jurado extremamente sensível, ela multiplica a maior diluição da análise, pelo fator de diluição, e tira a média geométrica entre o valor encontrado na multiplicação e a maior diluição, para o cálculo do limite individual do jurado em questão.

O modelo Probit utiliza todas as respostas dos jurados, não passando por nenhuma triagem ou critério de seleção, como ocorre nos cálculos das normas ASTM e CEN. No decorrer de uma análise olfatométrica com um olfatômetro de diluição dinâmica, utilizando um painel de jurados, foi notada uma série de fatores que interferem na percepção olfativa dos jurados, mesmo sendo estes treinados e selecionados, o que evidenciou a complexidade desse tipo de análise. Existem jurados que, no decorrer da apresentação das diluições, perdem a percepção e de repente, não percebem nada, ou aqueles que se tornam extremamente sensíveis com o desenvolvimento da análise, ou mesmo aqueles que apresentam a sensibilidade média, o que é exigido pela olfatometria, mas são dispersos. Para estes últimos, mesmo o laboratório estando em pleno silêncio, como é exigido pela olfatometria, têm dificuldade de concentração. Ainda aqueles que sempre apresentaram um perfil de bom jurado, mas em determinado dia

não. Na pesquisa com seres humanos, é praticamente impossível saber precisamente qual painel de jurados é o ideal para aquele dia de análise.

Com base em todas essas observações dos jurados no decorrer das análises com o olfatômetro, foi evidenciada a necessidade da triagem das respostas dos jurados, o que não ocorre pelo modelo Probit.

Conforme Cudmore e Dons (2000), o conceito de concentração relativa de odor pode parecer óbvio. Porém, a interpretação é difícil de ser feita porque a concentração limite tem uma natureza passageira e depende muito da metodologia.

A análise do limite de percepção olfativo para o ponto P3 apresentou valores mais próximos tanto pela norma americana como pela européia, e também os desvios padrões foram menores. Na TAB. 4.9 podem ser vistos os resultados.

TABELA 4.9. Limite de Percepção Olfativa no Ponto 3, dia 12/11/2003.

ASTM E 679-91	PROBIT	Pr EN13725
$Z_{50} = 835$	$Z_{50} = 994$	$Z_{50} = 881$
$SD(\log) = 0,16$	$Z_{50+} = 1100$ $Z_{50-} = 900$	$SD(\log) = 0,12$

Na tabela anterior, o limite de percepção olfativo foi de 835, para a norma ASTM, 881 para a norma Pr EN13725, e de 994 pelo modelo Probit. Observa-se também, pelo GRÁF., 4.7, que as respostas foram menos dispersas.

Zhang et al (2002), pesquisaram a concentração odorante de dejetos de suínos no ar ambiente comparando com a escala de referência de butanol de 8 pontos. Odores com concentração na faixa de 974 a 3278,6 UO.m⁻³ já eram considerados pelos jurados como muito fortes.

Belli F^o (1995), estudando um sistema de desodorização para dejetos de suínos, encontrou que, para concentrações odorantes < 200 UO/m³, a intensidade do odor era média, já para concentrações na faixa de 940 UO/m³, a concentração era forte.

Apesar de serem metodologias de estudo diferentes e gases diferentes, pode-se verificar que, neste estudo, para o ponto P3, o valor da concentração do odor na faixa de 800 a 1000 UO/m³ representou uma intensidade odorante de média à forte.

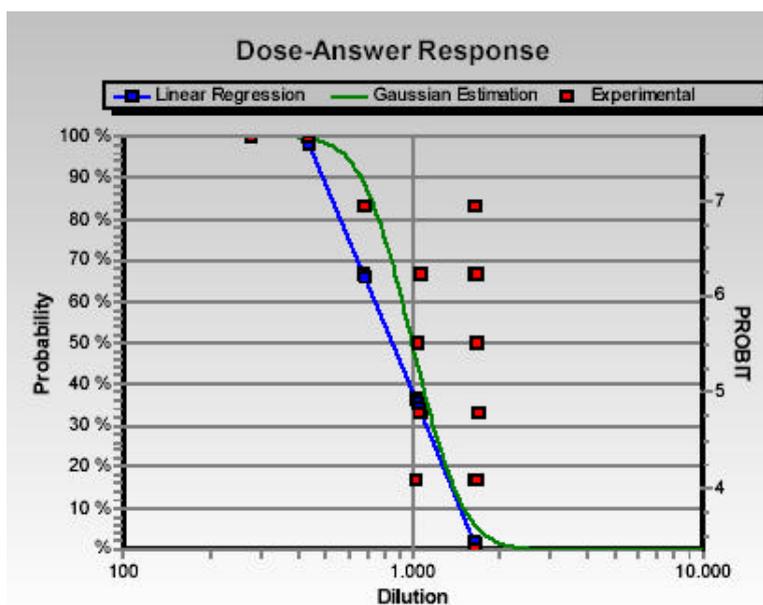


GRÁFICO 4.7– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, dia 12/11/2003.

4.2.3. Considerações

Ao se analisar os resultados das metodologias propostas para a caracterização do odor, de uma atmosfera altamente concentrada como a da Estação de Tratamento de Esgoto da Refinaria de Petróleo Presidente Prudente-Cubatão/SP, através das análises de intensidade, hedonicidade, qualidade e limite de percepção olfativo/concentração do odor, fazendo uma comparação dos resultados dos três pontos analisados, pode-se observar que houve uma ligação lógica por meio dos resultados. O ponto P1 foi o mais crítico; de maior intensidade odorante. Segundo os jurados, esse mesmo ponto foi o mais desagradável, apresentando a menor média em termos de hedonicidade, tanto para a amostra do dia 24/04/2003, como para a do dia 12/11/2003. Isto é, o ponto com maior intensidade odorante foi o mais desagradável e também o de maior concentração odorante, ou seja, foi necessário haver uma diluição maior da amostra nesse ponto, para que o odor não fosse mais percebido.

No que diz respeito aos outros dois pontos amostrados P2 e P3, os resultados da hedonicidade foram bem próximos, apesar dessa análise apresentar alguns dados extremos de avaliação, o que é normal em se tratando de uma análise subjetiva, podendo até mesmo o valor extremo ser descartado.

A seguir, é exibida a tabela resumo, com a caracterização do odor para as duas campanhas de amostragem. Em função de tudo o que foi exposto sobre as normas ASTM e CEN, a análise dos dados pela norma CEN é mais precisa. Isto devido à metodologia de

triagem dos jurados ser mais rigorosa. Portanto, os dados da concentração odorante exibidos na tabela resumo são somente os da norma europeia CEN.

TABELA 4.10. Resultado Global das Campanhas de Amostragem na ETE da Refinaria RPBC-Cubatão/SP.

Campanhas	Ponto	Intensidade do odor	Qualidade do odor	Hedonicidade do odor	Conc. do odor (CEN), UO/m³
Amostra 24/04/2003	1	F/MF	Químico	-3,615	-
	2	F/MF	Químico	-2,385	-
	3	F	Quím/Terra	-2,538	-
Amostra 12/11/2003	1	F/MF	Químico	-5,000	4652
	2	F/MF	Químico	-3,000	1451
	3	M/F	Quím/Terra	-2,385	881

Uma das principais dificuldades observadas na aplicação das metodologias foi com relação aos jurados. A metodologia de seleção dos jurados foi eficiente para a retirada das pessoas que tivessem dificuldade em perceber a diferença entre as diluições, principalmente por ser a escala do butanol discreta. Isso também foi muito prático em se tratando da análise da concentração odorante com olfatômetro, visto que a apresentação das concentrações também se dá de forma discreta, e o jurado tem que ter a sensibilidade em perceber o momento exato em que a concentração, para ele, começa a ser percebida. Por outro lado, não era possível saber se o jurado selecionado tinha dificuldade de concentração ou se, no momento da análise, ficaria extremamente sensível ou mesmo perderia a percepção.

A análise que os jurados tiveram maior dificuldade em realizar o julgamento foi a qualidade do odor.

4.3. Caso 2 - Estação de Tratamento de Esgotos Insular- Florianópolis/SC

Apesar da evolução tecnológica no domínio do tratamento de esgotos ou no domínio dos sistemas de desodorização, é frequente relacionarem as estações de tratamento de esgoto como fonte de odores. A Estação de Tratamento de Esgotos Insular- Florianópolis/SC não é exceção.

O Sistema Insular de Tratamento de Esgotos Sanitários da cidade de Florianópolis/SC, sob responsabilidade da Companhia Catarinense de Águas e Esgotos (CASAN), foi inaugurado em outubro de 1997, possuindo capacidade atual para atender 150.000 habitantes da Ilha de Santa Catarina.

A ETE Insular localiza-se próxima à área central da cidade em local com tráfego intenso de veículos.

A estação de tratamento é composta por uma etapa de tratamento preliminar, seguido de tratamento secundário. O tratamento preliminar é composto por gradeamento e caixa de areia que envolve a remoção de materiais flutuantes, sólidos grosseiros e areia, expostos a céu aberto.

O tratamento secundário é composto por seletor biológico (2 unidades), tanque de desnitrificação (2 unidades), tanque de aeração (2 unidades), decantador secundário (3 unidades) e adensadores de lodo (2 unidades).

4.3.1 Pontos de Amostragem

Segundo Belli F^o (2002), o local que apresenta forte incidência de odor é a etapa preliminar do sistema, o gradeamento, o que era de se esperar, sendo que nessa etapa o esgoto ainda não passou por nenhum tratamento. Mesmo assim, foram escolhidos mais 5 pontos para amostragem em outras etapas do tratamento para definir, entre eles, um perfil odorante na ETE. Na FIG. 4.5, tem-se a vista aérea da Estação de Tratamento Insular e na FIG. 4.6, um esquema da estação, com a localização dos pontos de amostragem.



FIGURA 4.5- Sistema Insular de Tratamento de Esgotos de Florianópolis

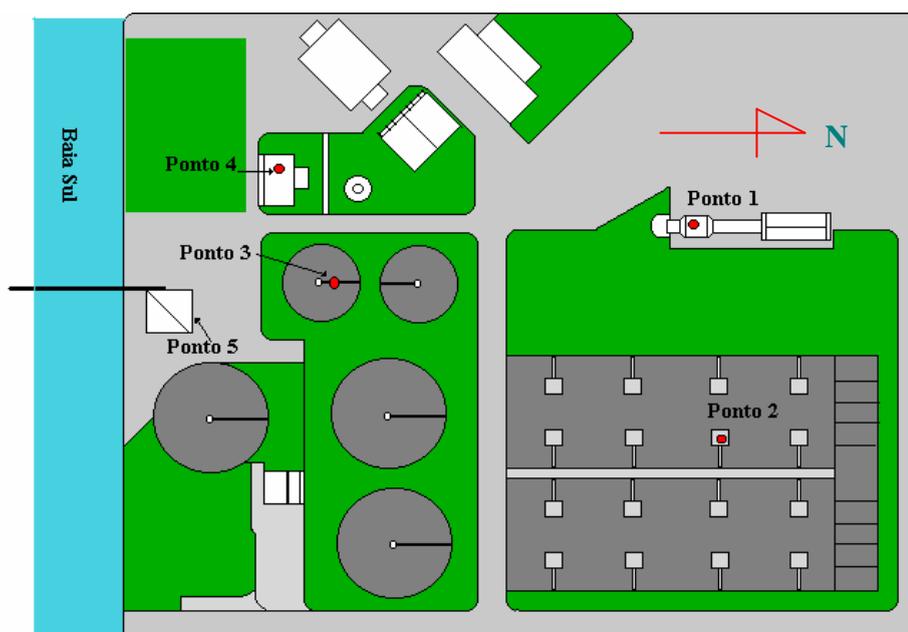


FIGURA 4.6- Localização dos Pontos de Amostragem no Sistema Insular de Tratamento de Esgotos de Florianópolis/SC

Ponto 1- Gradeamento;

Ponto 2- Tanque de Disnitrificação e Aeração;

Ponto 3- Adensador de Lodo por Gravidade;

Ponto 4 - Prensa do Lodo;

Ponto 5- Saída do Sistema (efluente final).

4.3.2 Resultados e Discussão

Na Estação de Tratamento de Esgotos Insular – Florianópolis/SC também foram realizadas duas campanhas de amostragem, todas no período da manhã. A primeira coleta foi no dia 24/05/2004. O tempo estava claro, sem nuvens, a temperatura média ambiente era de 18°C. O vento, nesta manhã, estava soprando na direção norte, entretanto, não foi medida a velocidade do vento nessa primeira coleta. Logo após a coleta da primeira amostra, o ponto P4, que correspondia à prensa de lodo, foi desativado. A segunda coleta foi realizada no dia 01/09/2004, sendo assim, não houve coleta de amostra para o ponto P4, pois não havia previsão para a reativação desse ponto.

Na segunda amostragem, a temperatura média ambiente, no período da coleta, foi de 20° C. O vento estava soprando na direção norte. O céu estava claro, sem nuvens, a velocidade média do vento era de 4,10 m/s.

Cada amostragem foi analisada por 13 jurados diferentes. Os jurados não sabiam a procedência das amostras. Esse procedimento foi adotado para não haver indução dos jurados em relação às avaliações.

4.3.2.1 Intensidade do Odor

A distribuição da intensidade odorante por ponto amostrado, para a primeira amostragem, está apresentada na TAB.4.11.

TABELA 4.11. Resultado da Intensidade Odorante (Frequência e Percentagens) por Ponto de Amostragem para a Primeira Amostra, Dia 24/05/2004.

Local	Intensidade do odor				Total
	Fraco	Médio	Forte	Mforte	
P1	0	0	0	13	13
	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
P2	3	8	2	0	13
	23,08%	61,54%	15,38%	0,00%	100,00%
P3	1	10	2	0	13
	7,69%	76,92%	15,38%	0,00%	100,00%
P4	0	4	9	0	13
	0,00%	30,77%	69,23%	0,00%	100,00%
P5	2	11	0	0	13
	15,38%	84,62%	0,00%	0,00%	100,00%
Total	6	33	13	13	65
	9,23%	50,77%	20,00%	20,00%	100,00%

Como se pode perceber na TAB. 4.10, o P1 foi o ponto que todos os jurados, 100%, responderam como sendo o odor muito forte. O índice de intensidade foi 5 (MF). Esse ponto era localizado no primeiro tratamento preliminar da ETE, o gradeamento. Esse local é realmente um ponto crítico na estação, visto que os odores são percebidos pelos pedestres e carros que passam pela Avenida Gustavo Richard, ao lado da estação.

Para o ponto P2, 61,54% dos jurados responderam que o odor era médio. Esse ponto estava localizado no tanque de desnitrificação e aeração. Houve os que acharam o odor fraco nesse ponto, correspondendo a 23,08 %; e 15,38% como forte, o índice de intensidade para esse ponto foi 3,0, correspondendo a um odor médio. Teoricamente, esse local, por ser um sistema aeróbio, o percentual de ser um odor fraco deveria ser maior. Acredita-se que o mesmo estava sofrendo influência do ponto P1 (gradeamento), que estava paralelo ao ponto P2, e era um ponto de intenso odor.

No ponto P3 (adensador de lodo por gravidade), a intensidade de odor com maior percentual também foi o médio, 76,92%; sendo que 15,38% responderam que o odor era ainda forte. Assim como no ponto P2, nesse ponto o odor deveria apresentar uma intensidade fraca, uma vez que o resíduo já havia passado pelo tanque de desnitrificação e aeração e também pelo decantador, estando mais estabilizado, o que não ocorreu. O índice de intensidade foi 3,0 para o ponto P3, ou seja, odor médio.

No ponto P4, 69,23% responderam que o odor era forte e 30,77% que a intensidade do odor era média e seu índice de intensidade foi de 3,8, correspondendo a intensidade de média a forte. Esse ponto era localizado na prensa de lodo. O percentual de ser o odor forte nesse ponto foi elevado. Era de se esperar um percentual maior de odor médio.

Como pode ser observado na TAB. 4.11, para o ponto P5, localizado na saída do sistema, 84,62% dos jurados responderam que o odor era médio, e somente 15,38%, fraco. O índice de odor foi de 2,8, correspondendo a um odor de fraco a médio (Fr/M). Esse ponto, por estar na saída do sistema, deveria ser isento de odor, como pode ser constatado pelas respostas dos jurados, o odor ainda foi percebido com intensidade média com percentual significativo, acredita-se que o mesmo estava recebendo influência dos odores da prensa de lodo, já que a localização da prensa, em relação à saída do sistema, era muito próxima.

Considerando que os cinco pontos de amostragem formam categoria de uma variável, a qual foi chamada de local de amostragem, a dependência (forte, moderada e fraca) entre as variáveis local de amostragem e intensidade odorante foi verificada pelo coeficiente de contingência de Pearson corrigido C^* .

O coeficiente de contingência de Pearson para a intensidade odorante da primeira amostragem foi de $C= 0,7646$ e $C^*= 0,8829$. Como o coeficiente de contingência de Pearson foi 0,8829, isso quer dizer que existe uma dependência forte entre as variáveis, ou seja, a associação entre o local de amostragem e a intensidade foi perfeita para a primeira amostra (24/05/2004).

A seguir, são exibidos os resultados da intensidade odorante para a segunda amostragem, realizada dia 01/09/2004.

A distribuição da intensidade odorante por ponto amostrado, para a segunda amostra, encontra-se na TAB. 4.12.

TABELA 4.12. Resultado da Intensidade Odorante (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, em 01/09/2004.

Local	Intensidade do odor				Total
	Fraco	Médio	Forte	Mforte	
P1	0	0	0	13	13
	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
P2	2	8	3	0	13
	15,38%	61,54%	23,08%	0,00%	100,00%
P3	2	9	2	0	13
	15,38%	69,23%	15,38%	0,00%	100,00%
P5	8	5	0	0	13
	61,54%	38,46%	0,00%	0,00%	100,00%
Total	12	22	5	13	52
	23,08%	42,31%	0,0961	25,00%	100,00%

Na segunda amostragem, o ponto P1 continuou a ser o ponto de maior intensidade, com a intensidade muito forte para todos os jurados (100%) e índice de intensidade 5,0 (MF).

O ponto P2 também teve comportamento similar ao da primeira amostragem, sendo maior o percentual de respostas em ser um odor médio, correspondendo a 61,54%, e 23,08% em ser o odor forte, seu índice de intensidade foi 3,0 (M).

Para o ponto P3, o maior percentual também foi de odor médio, correspondendo a 69,23%, e 15,38% em ser o odor forte, e outros 15,38% fraco. Neste ponto, em comparação com a primeira amostragem, houve uma pequena redução do percentual de jurados que responderam ser o odor médio, mas o seu índice de intensidade continuou 3,0, isto é, odor médio.

No ponto P5, pode-se observar, na TAB. 4.12, que a intensidade de odor com maior percentual foi de 61,54%, correspondendo a odor fraco, e 38,46% a médio e seu índice de intensidade de 2,4, odor de fraco a médio. Em relação à primeira amostragem, houve um aumento do percentual fraco nesse ponto. Talvez a redução da intensidade do odor tenha ocorrido devido à desativação da prensa de lodo, que, como foi visto na amostragem anterior, o odor da prensa também era sentido na saída do sistema (P5).

O coeficiente de contingência de Pearson para a intensidade odorante da segunda amostragem foi de $C = 0,7461$ e $C^* = 0,9137$. Como o coeficiente de contingência de Pearson corrigido foi 0,9137, isso quer dizer que existe uma dependência forte entre as variáveis. A

associação entre o local de amostragem e a intensidade foi perfeita também para a segunda amostra (dia 01/09/2004).

Os dados da intensidade do odor, tanto para a primeira amostragem como para a segunda, foram bem parecidos nos pontos P1, P2 e P3, somente no P5 que houve uma redução na intensidade do odor em relação à primeira amostragem, que apresentou maior percentual de odor médio, e na segunda, o maior percentual foi de ser um odor fraco.

4.3.2.2 Qualidade do Odor

Após a realização da análise da intensidade odorante, com os mesmos jurados, foi efetuada a análise da qualidade do odor.

O resultado da qualidade do odor para a primeira amostragem (dia 24/05/2004) está apresentado na TAB. 4.13.

TABELA 4.13. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Primeira Amostra, dia 24/05/2004.

Local	Qualidade do odor				Total
	Medicinal	Químico	Ofensivo	Terra	
P1	0	0	13	0	13
	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
P2	0	7	4	2	13
	0,00%	53,85%	30,77%	15,38%	100,00%
P3	0	11	2	0	13
	0,00%	84,62%	15,38%	0,00%	100,00%
P4	1	10	2	0	13
	7,69%	76,92%	15,38%	0,00%	100,00%
P5	2	10	1	0	13
	15,38%	76,92%	7,69%	0,00%	100,00%
Total	3	38	22	2	65
	4,61%	58,46%	33,85%	3,08%	100%

A qualidade do odor para o ponto P1, de acordo com a percepção dos jurados, se enquadrava em odor ofensivo. Cem por cento dos jurados indicaram odores dessa categoria. As qualidades dos odores mostradas pelos jurados foram pútrido e esgoto.

Para o ponto P2, a qualidade ofensivo correspondeu a 30,77%; a categoria químico foi a de maior percepção, 53,85%; odores de plástico e enxofre foram descritos para essa categoria. Nesse mesmo ponto, a categoria terra foi apresentada por 15,38% dos jurados,

sendo o odor descrito foi de terra molhada. Este ponto de amostragem era localizado no tanque de desnitrificação e aeração, o cheiro característico desse tipo de processo é o terra, era de se esperar um percentual maior de percepção para essa categoria. Como pode-se observar, isso não ocorreu. Isto nos leva a pensar que esse ponto estava realmente sofrendo influência do ponto P1, 30,77% dos jurados responderam ser o odor ainda ofensivo.

Para o ponto P3, o percentual químico foi maior ainda, 84,62%; a descrição continuou a ser odor de plástico e enxofre. Nesse mesmo ponto, 15,38% dos jurados descreveram ser o odor ofensivo. O odor descrito foi de esgoto.

A categoria químico também foi a mais apresentada no ponto P4, correspondendo a 76,92%, e 15,38% descreveram odor ofensivo, a qualidade descrita foi pútrido, e 7,69% medicinal.

Muitos dos jurados que descreveram a categoria químico, para o ponto P4 localizado na prensa de lodo, não souberam dizer que tipo de odor químico, somente diziam que era odor de alguma coisa química, mas não sabiam precisar qual tipo de percepção química.

Segundo Godinot (2004), certos componentes de uma mistura odorante podem predominar e outros ter tendência a desaparecer, não podendo mais ser identificados na mistura.

Para o ponto P5, 76,92% dos jurados continuaram a descrever odor na categoria químico, principalmente em ser a percepção de cheiro de enxofre. Para a categoria medicinal, 15,38% dos jurados disseram sentir cheiro de amônia e 7,69% ofensivo. Como pode-se notar pela descrição dos jurados, o P5, assim como na característica intensidade do odor, parece que também estava sofrendo influência da prensa de lodo P4.

Considerando que os cinco pontos de amostragem formam categorias de uma variável, a qual foi chamada de local de amostragem, a dependência (forte, moderada e fraca) entre as variáveis local de amostragem e qualidade do odor foi verificada pelo coeficiente de contingência de Pearson corrigido C^* .

O coeficiente de contingência de Pearson para a qualidade do odor da primeira amostragem foi de $C = 0,6441$ e $C^* = 0,86$. Como o coeficiente de contingência de Pearson foi 0,86, isso quer dizer que existe uma forte associação entre as variáveis, local de amostragem e qualidade do odor.

A seguir, são exibidos os resultados da qualidade do odor para a segunda amostragem, realizada no dia 01/09/2004.

A distribuição da característica qualidade do odor, por ponto amostrado, para a segunda campanha de amostragem, está na TAB. 4.14.

TABELA 4.14. Resultado da Qualidade do Odor (Frequência e Percentagens) por Ponto Amostrado, para a Segunda Amostra, dia 01/09/2004.

Local	Qualidade do odor				Total
	Medicinal	Químico	Ofensivo	Terra	
P1	0	3	7	0	13
	0,00%	23,08%	76,92%	0,00%	100,00%
P2	2	4	4	3	13
	15,38%	30,77%	30,77%	23,08%	100,00%
P3	1	8	4	0	13
	7,69%	61,54%	30,77%	0,00%	100,00%
P5	5	5	3	0	13
	38,46%	38,46%	23,08%	0,00%	100,00%
Total	8	20	21	3	52
	15,38%	38,46%	40,39%	5,77%	100,00%

De acordo com os jurados, a categoria ofensivo foi descrita por 76,92% para o ponto P1, odores do tipo pútrido e esgoto, e 23,08% descreveram ser o odor químico, com descrição em ser cheiro de enxofre.

No ponto P2, as categorias ofensivo e químico corresponderam a 30,77%. A descrição para odor químico novamente foi de ser cheiro de enxofre. A categoria terra foi descrita por 23,08%. A descrição foi cheiro de terra molhada.

Para o ponto P3, o maior percentual foi de 61,54%, correspondendo a odor da categoria químico. Odores de enxofre e plástico foram descritos para esse ponto.

Quanto ao ponto P5, as duas categorias mais descritas foram medicinal (amônia) e químico (enxofre, plástico). Para ambas as categorias o percentual foi de 38,46%. Ainda nesse mesmo ponto, 23,08% descreveram o odor como de esgoto, correspondendo à categoria ofensivo.

Segundo Laing (1994), citado por Godinot (2004), os seres humanos não são capazes de discriminar e identificar mais de três ou quatro odorantes em uma mistura, qualquer que seja o nível de esperteza do indivíduo no assunto.

Foi observado que, nessa análise, os jurados levaram maior tempo para dizer qual a qualidade do odor. Isto talvez porque estivessem buscando na sua memória olfativa uma

ligação com o odor percebido na amostra. Neste estudo, os jurados conseguiam dizer precisamente somente um odorante.

O coeficiente de contingência de Pearson para a qualidade do odor da segunda amostragem foi de $C = 0,5671$ e $C^* = 0,76$. Como o coeficiente de contingência de Pearson foi $0,76$, isso quer dizer que existe uma forte associação entre as variáveis local de amostragem e a qualidade do odor para a amostra do dia 01/09/2004.

4.3.2.3 Hedonicidade do odor

A TAB. 4.15 mostra as determinações das estatísticas básicas para a primeira campanha de amostragem, dia 24/05/2004.

TABELA 4.15. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os Cinco Pontos Amostrados, na Campanha do dia 24/05/2004.

Ponto	N (nº de jurados)	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
P1	13	-9,462	-10,000	0,776	-10,000	-8,000
P2	13	-2,538	-2,000	1,506	-7,000	-1,000
P3	13	-3,846	-4,000	1,519	-6,000	-1,000
P4	13	-5,308	-6,000	1,932	-8,000	-2,000
P5	13	-2,846	-3,000	0,899	-5,000	-2,000

Analizando-se a TAB. 4.15, verifica-se, através das médias da hedonicidade, que o ponto P1 foi o mais desagradável, e pelo desvio padrão, conclui-se que os pontos P1 e P5 foram os que apresentaram notas relativamente próximas umas das outras, quando comparado com as notas dos outros pontos amostrados.

Seguindo a seqüência, o próximo ponto amostrado mais desagradável foi o ponto P4. Esse mesmo ponto foi o que exibiu maior desvio padrão.

Era de se esperar que o P5 fosse o ponto com maior média, portanto, o menos desagradável, por ser o ponto da saída do sistema. Entretanto como pode-se perceber, o ponto considerado menos desagradável, segundo a percepção dos jurados, foi o ponto P2.

No GRÁF., 4.8 tem-se a medida da posição central dos dados, de cada ponto amostrado, através da mediana. No ponto P1, não foram identificados valores discrepantes, a mediana nesse ponto foi -10, sendo o valor máximo -8. O ponto P2 apresentou um valor extremo, -7.

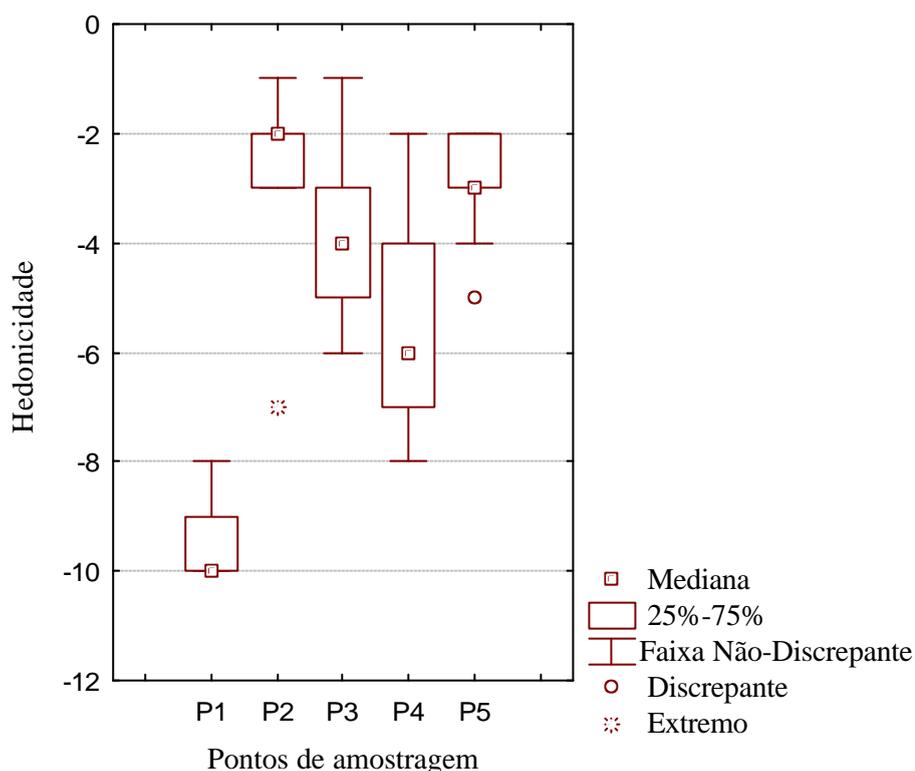


GRÁFICO 4.8- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 5 Pontos Amostrados para a Primeira Amostragem, dia 24/05/2004.

Pode-se observar que o ponto P4, apesar de ser o ponto com maior dispersão de notas, o que também pode ser visto pela altura do retângulo no GRAF., 4.8, maior do que a dos outros pontos, não mostrou valores discrepantes. Um valor discrepante foi apresentado no ponto P5.

No GRÁF., 4.9 pode ser visto o valor hedônico, para cada ponto amostrado, segundo a percepção dos jurados.

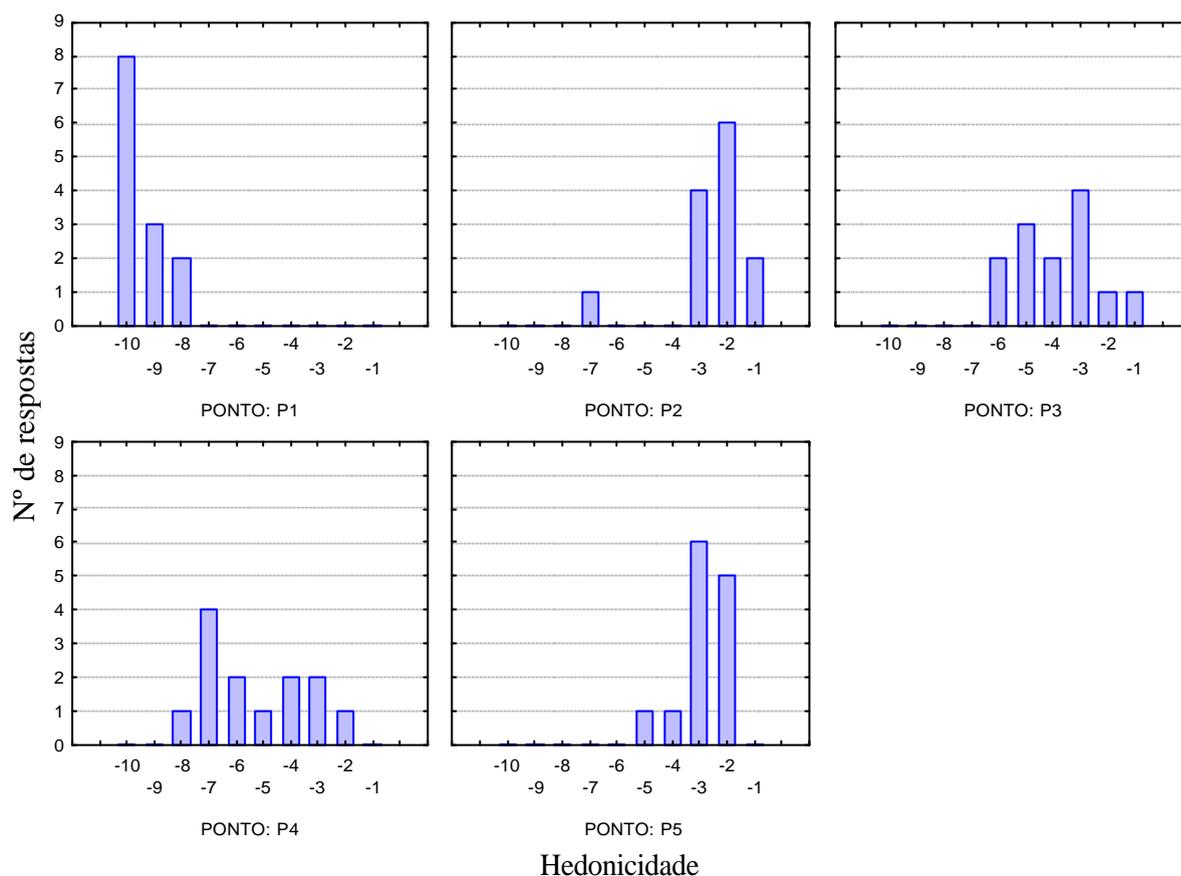


GRÁFICO 4.9- Valores Hedônicos Apresentados pelos Jurados para os 5 Pontos Amostrados, Primeira Amostragem, Dia 24/05/2004.

Com a realização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, o valor de $p=0,000$ ($p<0,05$), então rejeita-se H_0 , ou seja, há diferença significativa estatisticamente entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados.

O R^2 foi de 76,5% e isso significa que o percentual da variação total da hedonicidade, para a amostragem do dia 24/05/2004, foi explicado pelo ponto de amostragem.

Os dados da análise da hedonicidade para a segunda amostragem, dia 01/09/2004, podem ser verificados na TAB. 4.16.

TABELA 4.16. Medidas Descritivas da Hedonicidade para os 4 Pontos Amostrados, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004.

Ponto	N (nº de jurados)	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
P1	13	-9,077	-9,000	0,862	-10,000	-8,000
P2	13	-3,846	-4,000	1,951	-8,000	0,000
P3	13	-4,308	-4,000	1,888	-8,000	-1,000
P5	13	-2,231	-2,000	1,092	-4,000	0,000

Na tabela anterior, pode-se notar que, como na primeira amostragem, o ponto P1 continuou a ser o ponto mais desagradável. Segundo a percepção dos jurados, o mesmo ponto foi o que apresentou menor desvio padrão. Isso significa menor variabilidade de notas, o que também pode-se ver pelos valores máximo(-8) e mínimo (-10).

O segundo ponto indicado pelas notas dos jurados, como sendo o mais desagradável, foi o P3, com média - 4,308. No dia em que foi coletada essa segunda amostra, como já foi dito anteriormente, já havia um certo tempo em que a prensa de lodo da estação de tratamento estava desativada. Acredita-se que o lodo, que deveria ser enviado para a prensa de lodo, estava ficando armazenado no adensador de lodo (P3) mais tempo do que deveria, ocasionando mais odores nesse local.

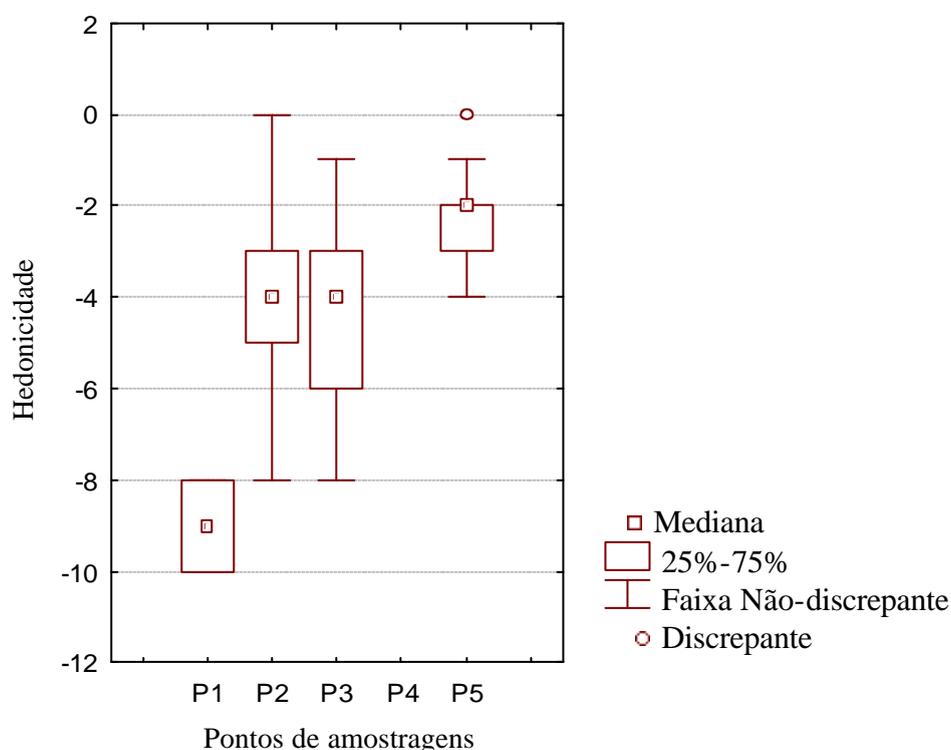


GRÁFICO 4.10- Desenho Esquemático para a Hedonicidade nos 4 Pontos Amostrados para a Segunda Amostragem, Dia 01/09/2004.

A saída do sistema (P5) foi o ponto com maior média, portanto, o menos desagradável.

No GRÁF., 4.10, pode-se verificar a medida da posição central dos dados, de cada ponto amostrado, através da mediana.

Na representação do conjunto de dados de cada ponto amostrado, como pode-se observar no GRÁF., 4.10, não houve nenhum valor extremo.

Para o ponto P1, a distribuição das notas dos jurados foi simétrica, visto que a localização da mediana (-9) está no centro do retângulo, o mesmo ocorrendo com o ponto P2, a localização da mediana foi -4.

O ponto P2 foi o que apresentou valores mais dispersos, mesmo assim, não houve valores discrepantes e nem extremos.

Dentre os pontos amostrados, o único com um valor discrepante foi o ponto P5. Houve um jurado que achou esse ponto neutro, dando a nota 0.

Todas as notas dos jurados para cada ponto amostrado podem ser visualizadas no GRÁF., 4.11.

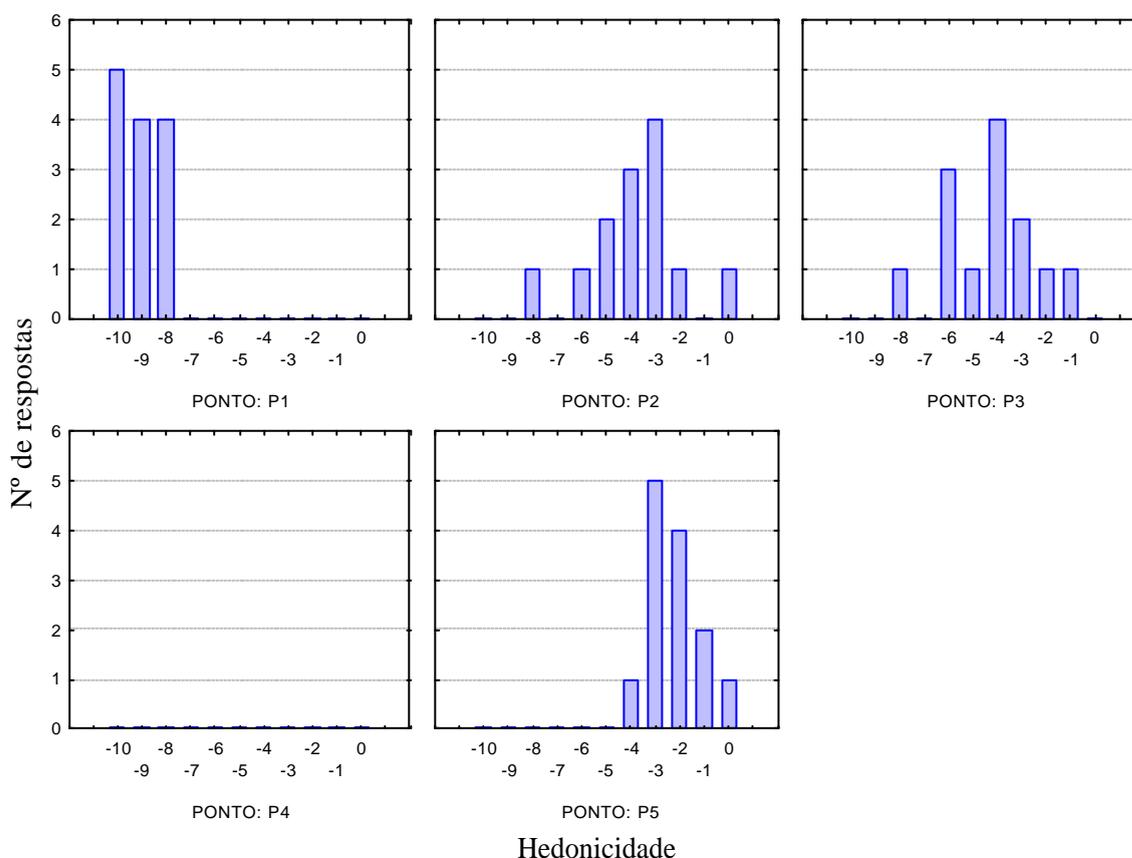


GRÁFICO 4.11- Valor Hedônico Apresentado pelos Jurados para os 4 Pontos Amostrados, Segunda Amostragem, Dia 01/09/2004.

Com a realização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, assim como na primeira amostragem o valor de $p=0,000$ ($p<0,05$), então rejeita-se H_0 , ou seja, há diferença significativa estatisticamente entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados.

O R^2 para essa amostra foi de 26,40%, isto é, 26,40% da variabilidade da hedonicidade foram explicadas pela variável ponto de amostragem.

4.3.2.4 Limite de Percepção Olfativo/Concentração Odorante

A análise do limite de percepção olfativo foi realizada para as duas amostragens, dia 24/05/2004 e dia 01/09/2004.

Os resultados da primeira amostragem para o ponto P1 estão apresentados na TAB.4.17.

TABELA 4.17.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 24/05/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 36547$	$Z_{50} = 66101$	$Z_{50} = 47740$
SD (log) = 0,39	$Z_{50+} = 79197$ $Z_{50-} = 55166$	SD (log) = 0,39

A análise do ponto P1 (entrada do sistema) do limite de percepção olfativo, pela norma americana, como pode-se observar na TAB. 4.17, foi de 36547. Como a concentração do odor é o número de diluições requeridas para atingir o limite de detecção, então a concentração do odor nesse ponto foi de 36547 UO.m⁻³. Pela norma européia foi de 47740 UO.m⁻³ e 66101 UO.m⁻³ pelo modelo Probit.

O ponto P1 é o mais crítico da estação de tratamento, já era de se esperar uma concentração de odor elevada. Somente através dessa análise pôde-se verificar o quanto esse ponto é odorante. Talvez fosse necessário uma pré-diluição da amostra para que a análise não apresentasse um desvio padrão tão elevado, como se pode observar no GRAF., 4.12. Houve jurado que, mesmo a amostra sendo diluída em torno de 400.000 vezes, o odor ainda era percebido.

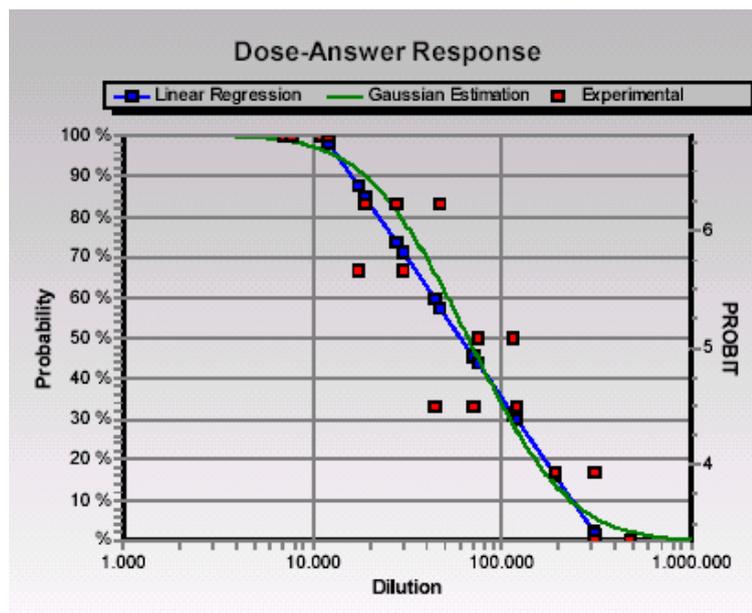


GRÁFICO 4.12 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P1, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004.

Pode-se notar, pelo modelo Probit, que o desvio padrão foi elevado, apresentando valores bem distantes das normas, CEN e ASTM.

Em se tratando de compostos odoríferos associados a esgoto não tratado, a concentração do odor pode variar extensamente para uma dada população e um dado odor. Como exemplo, o H_2S é um composto que tem um limite de percepção que varia de 1ppb até 130ppb (Nuvolari et al., 2003).

O resultado do limite de percepção olfativo e, conseqüentemente, a concentração do odor, para a segunda amostragem (dia 01/09/2004), está exibido na TAB. 5.18, para o ponto P1.

TABELA 4.18.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P1, dia 01/09/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 28596$	$Z_{50} = 38703$	$Z_{50} = 32798$
$SD(\log) = 0,20$	$Z_{50+} = 44124$	$SD(\log) = 0,28$
	$Z_{50-} = 34127$	

Verifica-se que os valores do limite de percepção olfativo, assim como da primeira amostragem, continuaram elevados. A concentração do odor para as normas ASTM e pr EN13725 foi 28596 UO.m^{-3} , e 32798 UO.m^{-3} , respectivamente, e 38703 UO.m^{-3} pelo modelo Probit.

Esse foi o ponto em que houve unanimidade de respostas quanto à intensidade do odor muito forte, justificando o alto valor do limite de percepção apresentado.

No GRAF., 4.13 tem-se a distribuição das respostas dos jurados, segundo o modelo Probit, no ponto P1, para a segunda amostragem.

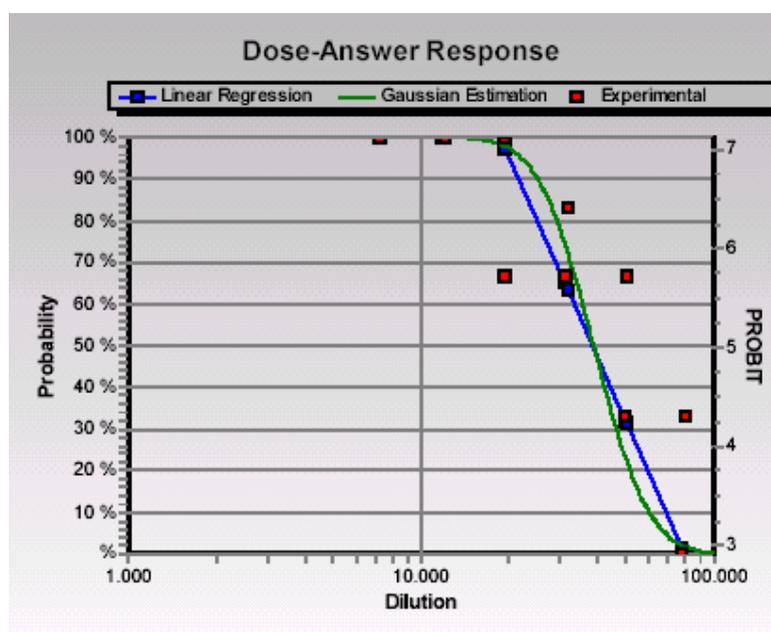


GRÁFICO 4.13 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P1, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004 .

Na segunda amostragem, a dispersão das respostas foi menor e também menos discrepantes umas das outras, o que pode ser observado no GRÁF., 4.13 pela menor quantidade de pontos fora da reta. Na primeira amostragem, houve uma nuvem de pontos vermelhos fora da reta, o que fez com que o desvio padrão fosse muito maior.

O segundo ponto amostrado foi o P2, que correspondia ao tanque de desnitrificação e aeração. Na TAB. 4.19 estão exibidos os limites de percepção olfativo.

TABELA 4.19.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 24/05/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 245$	$Z_{50} = 368$	$Z_{50} = 295$
SD (log) = 0,17	$Z_{50+} = 384$	SD (log) = 0,17
	$Z_{50-} = 350$	

A concentração odorante do ponto P2 foi de 245 UO.m⁻³ pela norma ASTM, 295 UO.m⁻³ pela prEN 13725 UO.m⁻³ e 368 UO.m⁻³ pelo modelo Probit, assim mesmo, o maior percentual para a intensidade odorante para esse ponto foi de ser um odor médio. Pode ser verificado que o limite de percepção olfativo foi extremamente menor do que o do ponto P1.

Para a escala de butanol utilizada por Zhang (2002), em comparação com odores de suinocultura, a concentração odorante já era considerada forte, na faixa de 84 a 288,4 UO.m⁻³.

Já Belli F^o (1995) trabalhando com o mesmo tipo de resíduo, encontrou que, para concentrações odorantes < 200 UO/m³, a intensidade do odor era média.

Isso vem ao encontro do que foi apresentado por Frenchen (2001). Segundo esse autor, a intensidade odorante não é linearmente relacionada com a sua concentração, existem odores em que a intensidade odorante aumenta rapidamente, porém, o alcance dinâmico da concentração é pequeno, ou ainda, aqueles odores em que a intensidade aumenta lentamente com o aumento da concentração, todavia, o alcance dinâmico da concentração é grande.

No GRÁF., 4.14 está apresentada a distribuição das respostas dos jurados pelo modelo Probit. O tempo de duração de uma análise com o olfatômetro de diluição dinâmica, por essa metodologia utilizando 3 round de diluições, geralmente era de 20 a 30 minutos, essa análise do ponto P2 foi extremamente rápida se comparada com as outras, seu tempo de duração foi de 18 minutos.

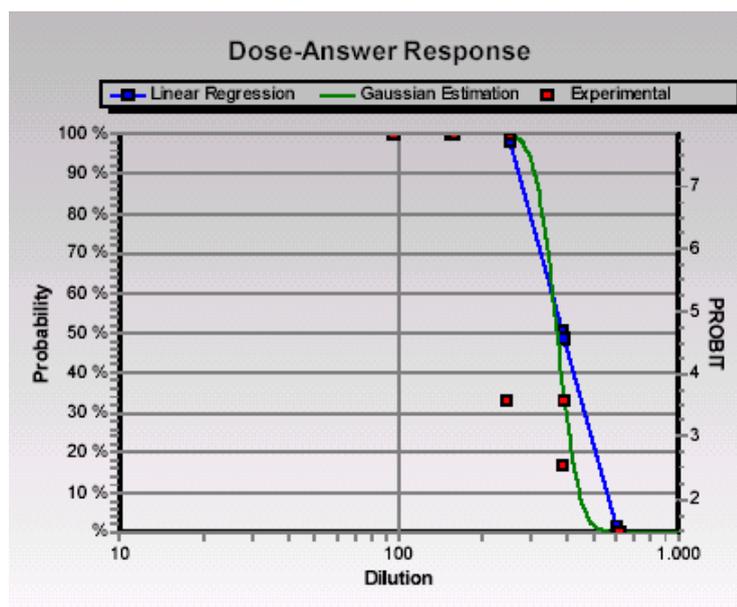


GRÁFICO 4.14– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Ponto P2 , Primeira Amostragem, dia 24/05/2004 .

O painel de jurados utilizado na análise mostrou excelente desempenho. Não foram observadas respostas discrepantes e nem falta de atenção por parte do painel. Isso pode ser percebido pela proximidade dos valores das concentrações odorantes.

A seguir, é apresentado o limite de percepção olfativo para a segunda amostragem no ponto P2, TAB.4.20.

TABELA 4.20.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P2, dia 01/09/2004.

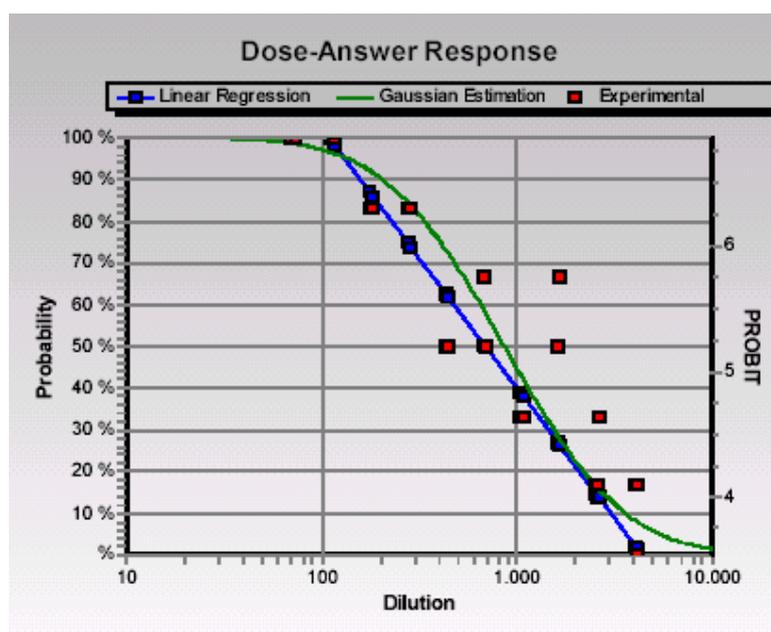
ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 587$	$Z_{50} = 860$	$Z_{50} = 667$
SD (log) = 0,44	$Z_{50+} = 1030$ $Z_{50-} = 710$	SD (log) = 0,49

Na segunda amostragem, o limite de percepção olfativo foi maior do que o da primeira coleta. Pode-se dizer que houve até um aumento significativo. Como pode ser visto na TAB. 4.20, as concentrações odorantes foram, pela norma ASTM, de 587 UO.m^{-3} , pr EN 13726, de

667 UO.m⁻³, e pelo modelo Probit, 860 UO.m⁻³. Mesmo com o aumento da concentração do odor nesse ponto, foi verificado que, para a percepção dos jurados, a intensidade do odor mais votada continuou a ser média.

A distribuição das respostas dos jurados, pelo modelo Probit, está exibida no GRÁF.,45.15.

GRÁFICO 4.15– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o



Ponto P2, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004 .

O resultado do limite de percepção olfativo do odor, para o ponto P3, que correspondia ao adensador de lodo por gravidade, encontra-se na TAB. 4.22

TABELA 4.21.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P3, dia 24/05/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 260$	$Z_{50} = 483$	$Z_{50} = 337$
SD (log) = 0,35	$Z_{50+} = 576$ $Z_{50-} = 405$	SD (log) = 0,29

Os valores dos limites de percepção olfativo, para o ponto P3, corresponde a uma concentração de odor nesse ponto, pela norma americana, de 260 UO.m⁻³, pela norma européia, de 337 UO.m⁻³ e pelo modelo Probit, de 483 UO.m⁻³.

O valor apresentado, para essa primeira amostra do ponto P3, pouco diferenciou da concentração do ponto anterior (P2). Também em termos de intensidade do odor, ambos os pontos amostrados receberam maior percentual de resposta de ser um odor médio.

No GRÁF.4.16 pode ser verificada a distribuição, para o ponto P3, pelo modelo Probit.

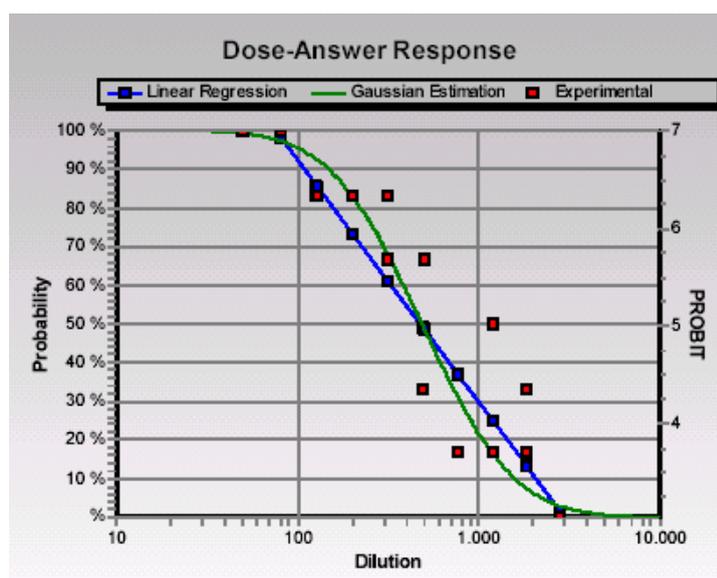


GRÁFICO 4.16 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004 .

Os valores do limite de percepção da segunda amostragem no ponto P3 podem ser vistos na TAB. 4.22.

TABELA 4.22.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P3, dia 01/09/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 510$	$Z_{50} = 661$	$Z_{50} = 482$
$SD(\log) = 0,30$	$Z_{50+} = 755$	$SD(\log) = 0,22$
	$Z_{50-} = 581$	

A concentração do odor para a segunda amostragem do ponto P3, foram; pela norma ASTM, de 510 UO.m^{-3} , norma pr EN 13725, de 482 UO.m^{-3} , e pelo modelo Probit de 661 UO.m^{-3} .

Comparando-se com a concentração da primeira amostragem, pode-se observar que houve um aumento da concentração. Esse aumento talvez tenha ocorrido devido ao não funcionamento da prensa de lodo. O lodo estava ficando mais tempo armazenado no decantador, o que talvez estivesse proporcionando maior emissão odorante nesse ponto no momento em que foi realizada essa amostragem.

No GRÁF., 4.17 está a representação das respostas dos jurados, pelo modelo Probit. Nessa análise, não houve uma dispersão muito grande em relação às normas avaliadas.

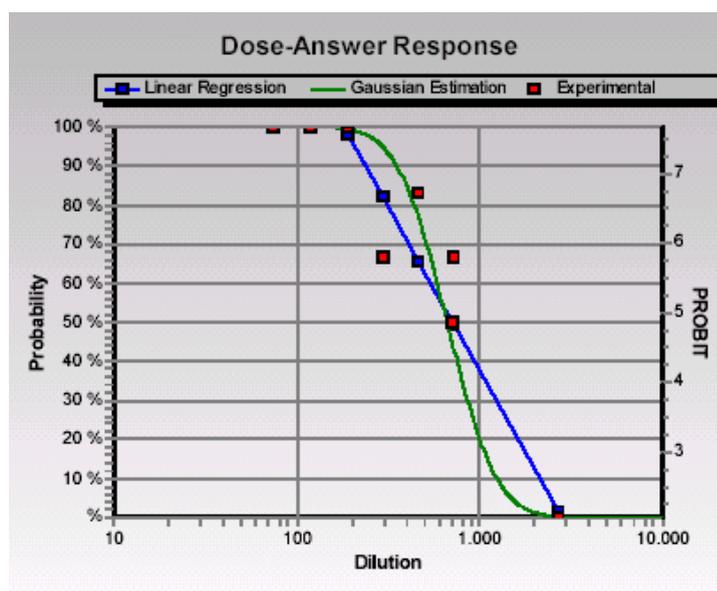


GRÁFICO 4.17 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P3, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004 .

A seguir, são apresentados os dados do limite de percepção olfativo do ponto P4, situado na prensa de lodo (TAB.4.23). Nesse local, somente foi realizada a primeira amostragem. Não foi possível a coleta da segunda amostragem, pois a prensa estava desativada por um período já de 3 meses e sem previsão de retorno.

TABELA 4.23.Limite de Percepção Olfativa no Ponto P4, dia 24/05/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 711$	$Z_{50} = 899$	$Z_{50} = 797$
$SD (\log) = 0,28$	$Z_{50+} = 955$	$SD (\log) = 0,27$
	$Z_{50-} = 845$	

Como pode-se observar, o ponto P4, depois do ponto P1, foi o que apresentou a concentração do odor mais elevada, dentre os pontos amostrados na primeira amostragem. Isso pode ser confirmado pelo valor da concentração odorante e também pela intensidade odorante, que, conforme a percepção dos jurados, o maior percentual foi de ser um odor forte.

Como pode ser constatado na TAB. 4.23, o limite de percepção, pelo modelo Probit, foi de 899, os valores Z_{50+} e Z_{50-} estão próximos um do outro, isso quer dizer que a dispersão das respostas foi menor.

Pela norma americana ASTM, o limite de percepção olfativo foi de 711, a concentração de odor foi de 711 UO.m³. Pela norma europeia, de 797, ou concentração de odor de 797 UO.m³. Os valores da concentração do odor pelas duas normas também foram próximos.

No GRÁF., 4.18 destaca-se a distribuição das respostas dos jurados segundo o modelo Probit.

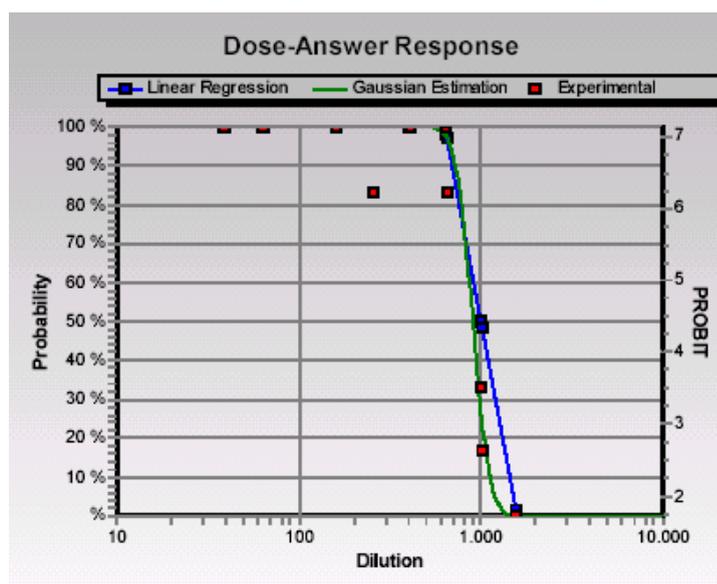


GRÁFICO 4.18 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Ponto P4, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004 .

O último ponto amostrado neste estudo de caso foi o da saída do sistema, correspondendo ao ponto P5. Os valores do limite de percepção olfativo nesse ponto, para a primeira amostragem, estão apresentados na TAB. 4.24.

TABELA 4.24. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P5, dia 24/05/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 345$	$Z_{50} = 425$	$Z_{50} = 415$
SD (log) = 0,18	$Z_{50+} = 438$	SD (log) = 0,11
	$Z_{50-} = 411$	

Os resultados do limite de percepção olfativo, para a primeira amostragem, no ponto P5, como pode-se observar na tabela anterior, foram elevados. Se for considerado o local de amostragem, que era na saída do sistema, o mesmo deveria ser isento de odor.

A concentração do odor, para a primeira amostragem, no ponto P5, foram: pelas normas ASTM, de 345 UO.m⁻³ e pr EN 13725, de 425 UO.m⁻³; e pelo modelo Probit, de 415 UO.m⁻³.

Se for observado o valor da intensidade do odor no ponto P5, o maior percentual foi de ser um odor médio. Isso pode ser justificado pela proximidade da prensa de lodo, e o sentido da direção do vento no momento da coleta era o norte, com certeza, esse ponto estava recebendo contribuição de odores da prensa de lodo (P4).

No GRÁF.,4.19, pode ser verificada a distribuição das respostas dos jurados para o ponto P5 da primeira amostragem, pelo modelo Probit.

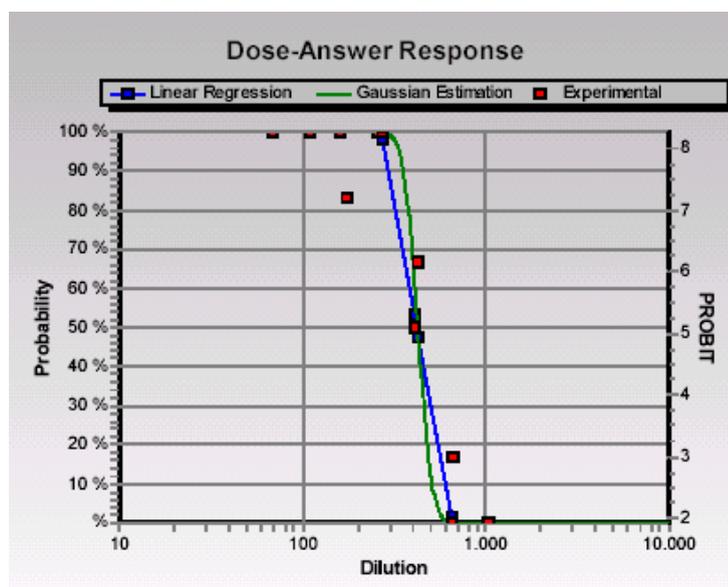


GRÁFICO 4.19 – Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P5, Primeira Amostragem, dia 24/05/2004 .

O resultado do limite de percepção olfativo da segunda amostragem, para o ponto P5, realizada no dia 01/09/2004, está exibido na TAB. 4.25.

TABELA 4.25. Limite de Percepção Olfativa no Ponto P5, dia 01/09/2004.

ASTM E 679-91	PROBIT	pr EN13725
$Z_{50} = 272$	$Z_{50} = 783$	$Z_{50} = 353$
SD (log) = 0,19	$Z_{50+} = 957$ $Z_{50-} = 642$	SD (log) = 0,20

Como pode ser visualizado na TAB. 4.25, o limite de percepção, pelo modelo Probit, foi de 783 valor, bem distante dos apresentados pelas duas normas. Isso quer dizer que a dispersão das respostas foi maior.

Pela norma americana ASTM, o limite de percepção olfativo foi de 272, a concentração de odor, de 272 UO.m^{-3} e norma européia, de 353, e concentração de odor, de 353 UO.m^{-3} . Os valores da concentração do odor, pelas duas normas, mostraram valores mais próximos uns dos outros.

No GRÁF., 4.20 tem-se a distribuição das respostas dos jurados, segundo o modelo Probit.

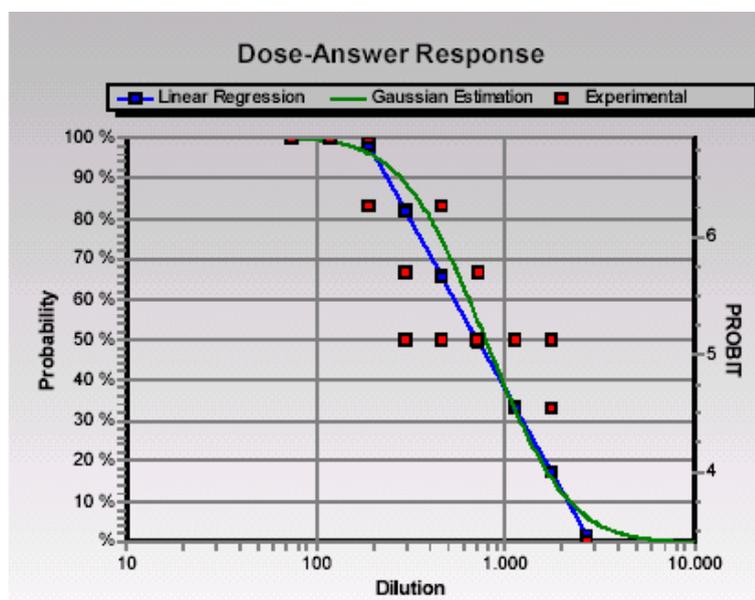


GRÁFICO 4.20– Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Ponto P5, Segunda Amostragem, dia 01/09/2004.

Nessa segunda amostragem, foi verificado que a intensidade odorante com maior percentual, segundo a percepção dos jurados, foi de ser um odor fraco.

Esse resultado nos leva a crer que a prensa de lodo, quando em funcionamento, contribui com odores na saída do sistema.

4.3.3 Considerações

A seguir, é exibida uma tabela resumo, com a caracterização do odor para as duas campanhas de amostragem da Estação de Tratamento de Esgotos Insular.

TABELA 4.26. Resultado Global das Campanhas de Amostragem na ETE Insular- Florianópolis/SC

Campanhas	Ponto	Intensidade do odor	Qualidade do odor	Hedonicidade do odor	Conc. do odor (CEN), UO/m ³
Amostra 24/05/2004	1	MF	Ofensivo	-9,46	47.740
	2	Fr/M	Quím/Ofens.	-2,538	295
	3	M	Químico	-3,846	337
	4	M/F	Químico	-5,308	797
	5	Fr/M	Químico	-2,846	415
Amostra 01/09/2004	1	MF	Ofensivo	-9,077	32.798
	2	M/F	Quím/Ofens.	-3,846	667
	3	M	Quím/Ofens.	-2,385	482
	4	-	-	-	-
	5	Fr/M	Medic/Quím	-2,231	353

Os dados da intensidade do odor, no ponto P1, foram parecidos tanto na primeira, como na segunda amostragem, o mesmo ocorrendo para o ponto P3.

No ponto P2, houve um aumento na intensidade de fraco para médio, também a segunda amostra foi considerada mais desagradável do que a primeira. Isso mostra que parece haver uma relação entre a intensidade do odor e a hedonicidade, em ambas as amostragens o índice de intensidade foi de ser um odor médio.

O ponto P5, em que houve a redução de intensidade média para intensidade fraca, acredita-se que tenha ocorrido devido à desativação da prensa de lodo (P4), que em razão de sua proximidade com a saída de sistema (P5) tinha contribuição com odores nesse local.

Em ambas as amostragens, a análise de intensidade odorante apresentou uma dependência perfeita entre os locais de amostragem e a intensidade odorante.

Nas análises da qualidade do odor, a descrição predominante, para o ponto P1, foi de ser um odor ofensivo, para outros pontos amostrados, a descrição predominante foi de ser odor químico, para essa categoria, o odor mais descrito foi de plástico e enxofre. Foi constatado nas duas amostragens uma associação forte entre o local de amostragem e a qualidade do odor.

Para a análise da hedonicidade, o ponto mais desagradável foi o ponto P1, seguido do P4 para a primeira amostragem, os pontos P2 e P5 apresentaram pouca diferença de desagradabilidade.

Na primeira amostragem, existiu uma diferença estatisticamente significativa entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados e 76% da variação total de hedonicidade foi explicada pelo ponto de amostragem.

O local menos desagradável, na segunda amostragem, foi o ponto P5, e o ponto P1 continuou a ser o mais desagradável, novamente, estatisticamente, houve diferença significativa entre as médias da hedonicidade nos pontos amostrados.

Nas análises da concentração odorante, assim como na primeira amostragem, o ponto de maior concentração odorante foi o P1, para ambas as amostragens também foi o de maior intensidade odorante e mais desagradável. Na primeira amostragem, depois do ponto P1, o ponto P4 foi o que exibiu maior concentração odorante.

Houve um aumento da concentração odorante na segunda amostragem nos pontos P2 e P3. Foi observado que, mesmo com o aumento, a intensidade, nesses dois pontos, segundo os jurados, continuou a ser média. Já no ponto P5, o valor menor apresentado na concentração odorante da segunda amostragem, a intensidade passou a ser fraca.

Para Yang e Hobson (2000), um odor com uma concentração odorante de 1000 UO/m^3 não seria considerado um odor intenso. Odores intensos seriam aqueles que apresentassem concentração acima de $1.000.000 \text{ UO/m}^3$. Isso não foi observado em se tratando de odores de uma estação de tratamento de esgotos por lodos ativados/ETE Insular, visto que a maior concentração de odor, de 47.740 UO/m^3 , para o ponto P1, foi considerada pelos jurados com odor de intensidade muito forte e ofensivo.

O mesmo autor fez um estudo com odores de esgotos séptico e de estação de tratamento por lodos ativados e encontrou que ambos os odores são ofensivos, mesmo sendo diluídos a uma concentração de 5 UO/m^3 , ressaltando ainda a necessidade da realização de mais trabalhos para se ter uma conclusão.

Ainda de acordo com o autor, mesmo odores com concentração baixa, de 5 UO/m^3 , podem conduzir a um incômodo, caso resultem de um odor intrinsecamente desagradável, ainda que esse odor, em termos de intensidade, seja extremamente fraco.

Na aplicação das metodologias propostas neste estudo de caso, foram percebidas as mesmas dificuldades quanto aos jurados como no estudo de caso da refinaria de petróleo, ou seja, jurados muitas vezes dispersos, perda de percepção, aumento de sensibilidade olfativa.

A metodologia aqui proposta para avaliação da hedonicidade do odor, foi muito prática, os jurados não tiveram dificuldade em dizer qual nota dariam aos odores dos diferentes pontos amostrados, além de poder apresentar um valor médio para cada ponto amostrado, obtendo o valor objetivo de uma análise subjetiva.

4.4 Caso 3 - Indústria de Papel (Processamento de Papel Reciclado), Curitiba/PR.

As diversas etapas do processo produtivo de celulose, papel e embalagens geralmente produzem emissões atmosféricas de gases sulfurosos e de material particulado, seja na queima de combustíveis, seja no cozimento dos cavacos de madeira, bem como na recuperação química de produtos para a reutilização no processo produtivo. A geração desses compostos de enxofre pode provocar odores, dependendo das condições climáticas (dia nublado, pouco vento, etc.), geográficas (vales, montanhas próximas, etc.), ou quando em concentração mais elevada.

Este estudo de caso apresenta um diagnóstico que avalia a concentração das emissões odorantes em numa indústria, que trabalha com a fabricação de papel reciclado, localizada em Curitiba/PR.

Foi determinada a concentração odorante dos efluentes gasosos emitidos nas principais fontes, mediante a aferição da concentração do odor pelo uso do olfatômetro. Estas medidas aconteceram nos dias 23 de março, 13 e 27 de abril de 2004. Em todos os dias das coletas o tempo estava claro, sem nuvens, a temperatura média ambiente era de, respectivamente, 28, 26 e 25° C.

4.4.1 Pontos de Amostragem

Os pontos de coletas das amostras de odores foram priorizados pelo nível de presença de emissões odorantes, obtido de um diagnóstico técnico preliminar através de conversas com o pessoal técnico responsável pela operação e produção da indústria.

Os pontos amostrados foram:

Ponto P1- Lagoa Pulmão/tanque de armazenamento diário dos efluentes líquidos (períodos da manhã e tarde);

Ponto P2 - Decantador primário;

Ponto P3 - Máquina 4(processamento do papel): Exaustor nº 1, Exaustor nº 2, Exaustor nº 3 e Exaustor nº 4.

Para a coleta de amostras no decantador primário e na lagoa pulmão, foi realizada com uma câmara de fluxo, as vazões para Q_1 e Q_2 foi de 5L/min, ver FIG.,4.7. Também foi utilizado um sistema de retirada de umidade, visto que as amostras nestes locais eram extremamente úmidas. As amostras para análises no olfatômetro não devem conter umidade que possam provocar condensação no saco de amostragem.

A seguir, são apresentadas as figuras referentes a cada local amostrado.



FIGURA 4.7- Ponto de Amostragem 1- Lagoa Pulmão(Períodos da Manhã e Tarde).

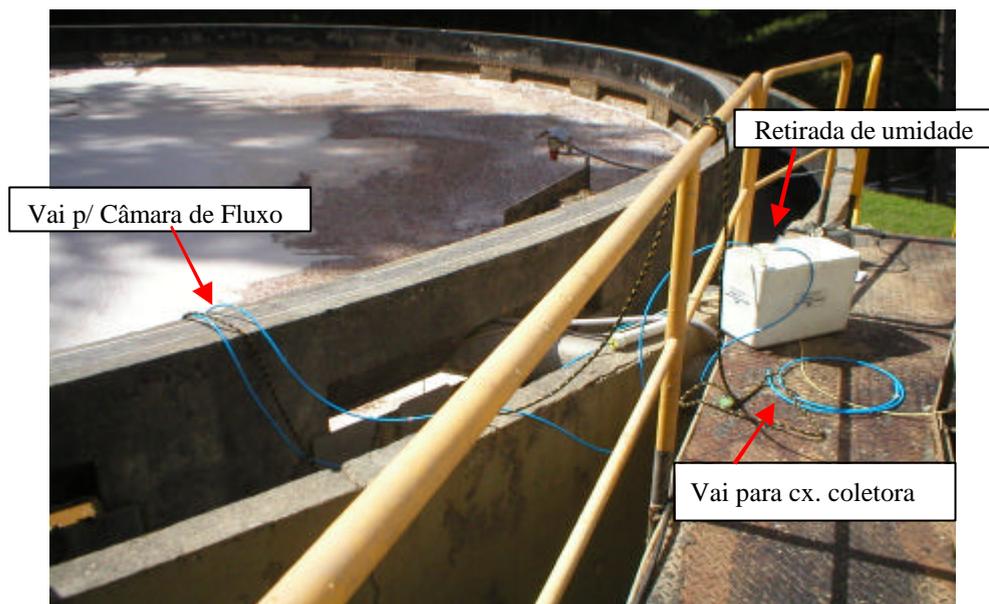


FIGURA 4. 8- Ponto de Amostragem 2- Decantador Primário.

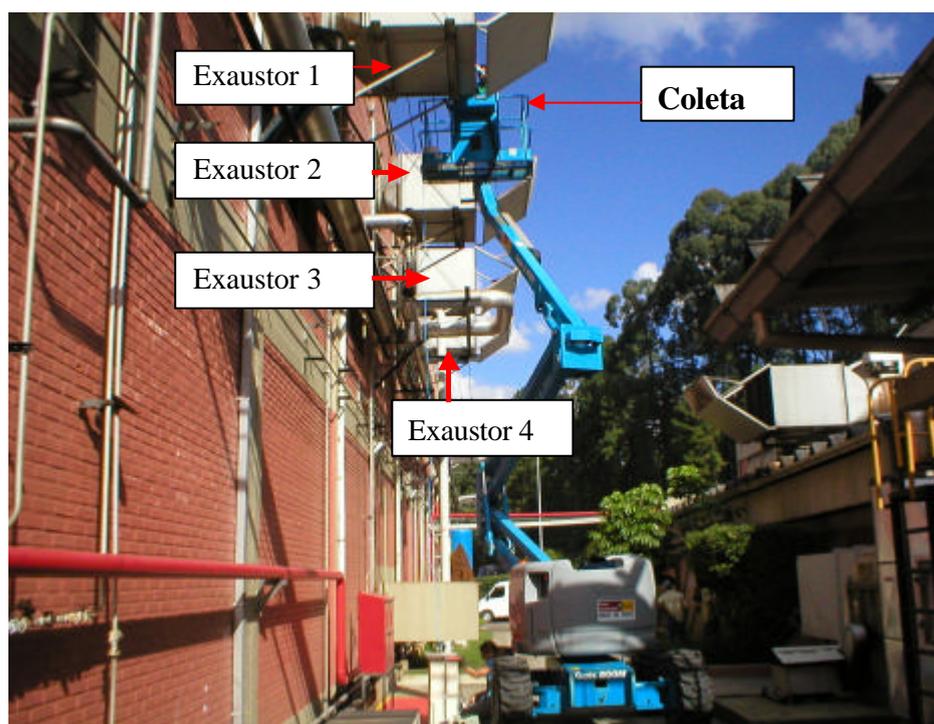


FIGURA 4.9- Ponto de Amostragem 3 - Máquina 4: (Exaustor nº 1, Exaustor nº 2, Exaustor nº 3 e Exaustor nº 4).

4.4.2 Resultados

Neste estudo de caso, os resultados apresentados, da concentração do odor, serão pela norma ASTM E679-91. Neste período o olfatômetro estava apresentando um problema, não estava concluindo as 3 rodadas de diluições como é exigida pela norma europeia prEN13725. Por conseguindo esses resultados não são apresentados.

4.4.2.1 Ponto 1 - Lagoa Pulmão/Tanque de Borracha (Períodos da Manhã e Tarde)

A amostragem no tanque de borracha foi realizada nos períodos da manhã e tarde, no dia 23/03/2004. Todas as amostras nesse local foram coletadas na superfície da lagoa, com uma câmara de fluxo.

O limite de percepção olfativo é mostrado em conjunto com a distribuição das respostas dos jurados, segundo o modelo probit, GRÁF. ,4.21.

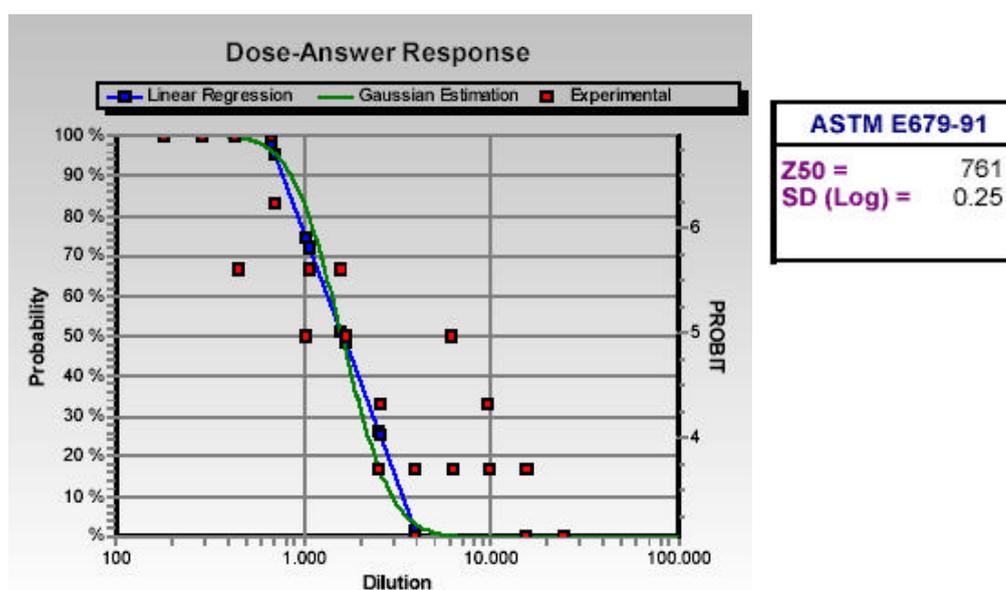


GRÁFICO 4.21 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Tanque de Borracha, Amostra Período da Manhã (23/03/2004).

O limite de percepção olfativo da amostra do dia 23/03, no período da manhã, foi de 761, ou seja, a amostra foi diluída 761 vezes para não ser mais percebida por 50% dos jurados. A concentração do odor foi, portanto, de 761 UO/m³.

Já o período da tarde apresentou um limite de percepção mais elevado, de 1197, ou seja, concentração de 1197 UO/m³ – GRAF., 4.22. O aumento do limite de percepção olfativo entre o período da manhã e da tarde no tanque de borracha provavelmente foi devido à fermentação dos materiais orgânicos. Esse era o local onde o resíduo ia sendo acumulado no decorrer do dia.

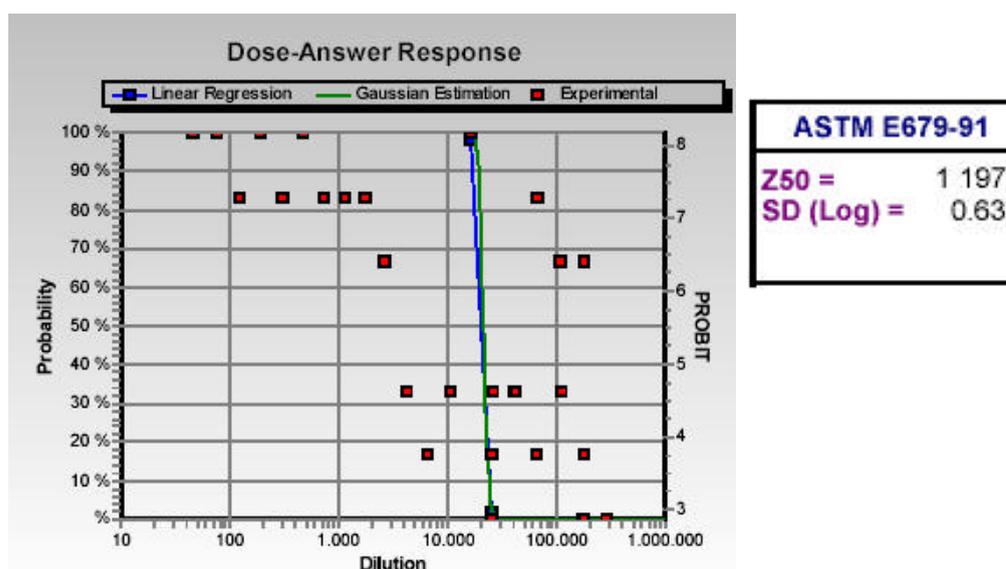


GRÁFICO 4.22- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Tanque de Borracha, Amostra Período da Tarde (23/03/2004).

4.4.2.2 Ponto 2 - Decantador Primário

A primeira coleta no decantador primário foi realizada no dia 23/03/2004. A avaliação olfatométrica ao limite de percepção olfativo foi de 276 diluições, isto é, uma concentração de 276 UO/m³. Ver GRÁF.,4.23.

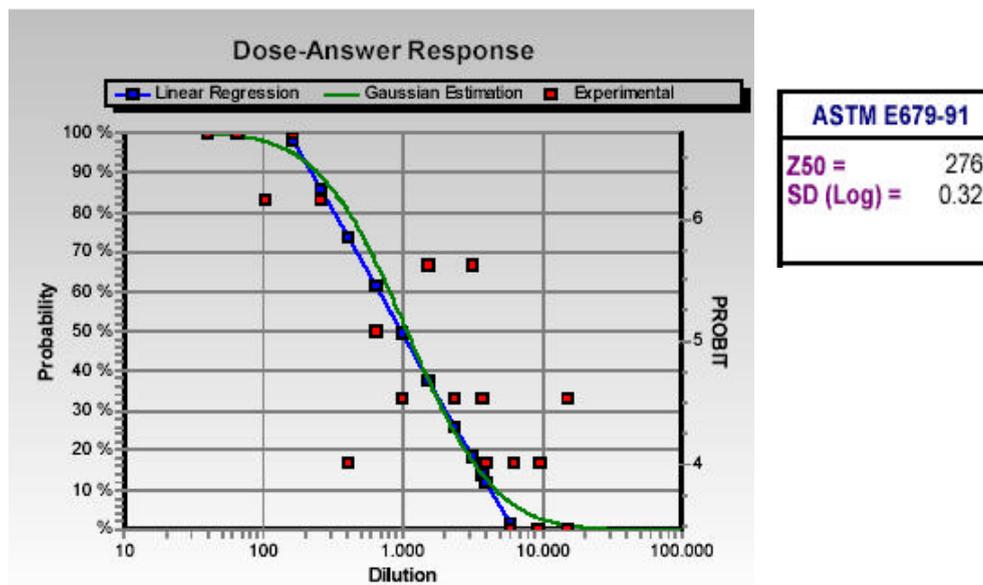


GRÁFICO 4.23- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para o Decantador Primário, Amostra do Dia 23/03/2004.

A segunda amostragem no decantador foi realizada no dia 13/04/2004. O limite de percepção olfativo foi de 750, ou seja, uma concentração de 750 UO/m³. Ver GRÁF., 4.24.

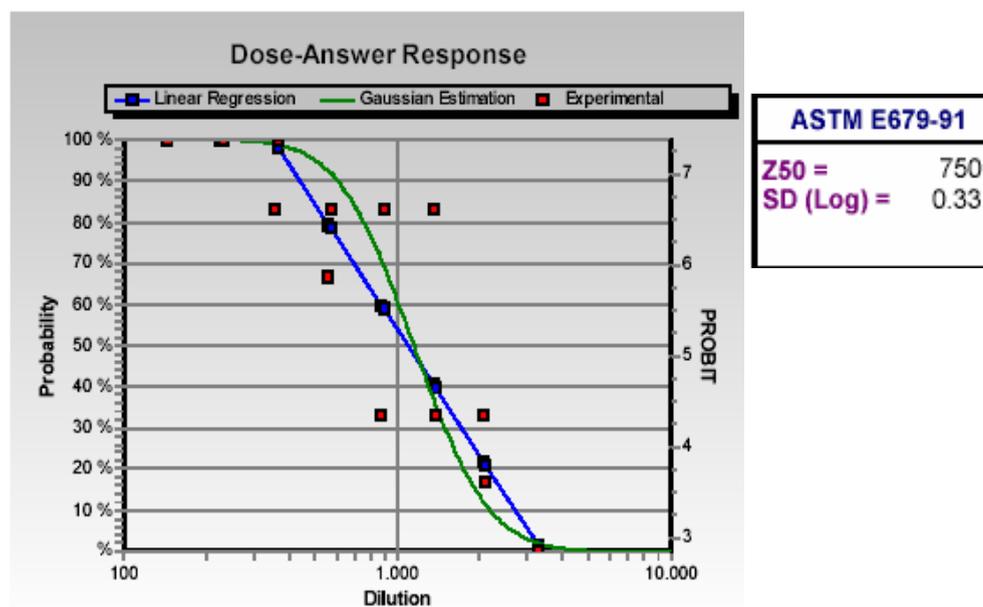


GRÁFICO 4.24 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit para o Decantador Primário, Amostra do Dia 13/04/2004.

4.4.2.3 Ponto 3 - Máquina 4: (Exaustor nº 1, Exaustor nº 2, Exaustor nº 3 e Exaustor nº 4).

São exibidos os valores dos limites de percepção olfativo, conseqüentemente a concentração odorante da máquina 4 e seus exaustores: exaustor 1, exaustor 2, exaustor 3 e exaustor 4.

Os limites de percepção olfativo de cada exaustor da máquina 4, foram multiplicados pela vazão do respectivo exaustor, para que o valor apresentado fosse mostrado em UO/h (Unidades de Odor por Hora), conforme exigências legais do estado do Paraná.

A vazão dos exaustores foi fornecida pela industria de processamento de papel reciclado – o laudo técnico com os respectivos valores encontra-se no Anexo 1.

Os resultados das medições foram os seguintes:

Ventilador Nº 1: Vazão $7.80 \text{ m}^3/\text{s} = 28080 \text{ m}^3/\text{h}$

Ventilador Nº 2: Vazão $8.34 \text{ m}^3/\text{s} = 30024 \text{ m}^3/\text{h}$

Ventilador Nº 3: Vazão $7.66 \text{ m}^3/\text{s} = 27576 \text{ m}^3/\text{h}$

Ventilador Nº 4: Vazão $5.92 \text{ m}^3/\text{s} = 21312 \text{ m}^3/\text{h}$

VAZÃO TOTAL DA MÁQUINA Nº 4: $106992 \text{ m}^3/\text{h}$

Para a realização das amostragens nos exaustores da máquina 4, foi utilizado o sistema de retirada de umidade, porque as amostras nestes locais eram extremamente úmidas. As coletas foram efetuadas nos dias 23/03 e 27/04/2004, todas no período da tarde.

4.4.2.3.1 Máquina Nº 4 (Exaustor 1)

Neste exaustor foi realizada somente uma avaliação, dia 27/04/2004 - GRÁF., 4.25.

Em função da diferença de pressão atmosférica da cidade de Curitiba em relação ao litoral de Santa Catarina, muitas amostras, quando chegavam em Florianópolis, haviam sofrido redução significativa de volume. Em virtude disso, algumas vezes o volume amostrado não foi suficiente para a realização de uma análise com o olfatometro. Uma dessas amostras foi a do período da tarde do dia 23/03/2004 do exaustor 1.

O limite de percepção olfativo foi de 1658, portanto, a concentração do odor foi de 1658 UO/m³. Multiplicando pela vazão do exaustor 1, que é 28.080 m³/h, a carga do odor, para esse dia, no período da tarde, foi de 46.556.640 UO/h.

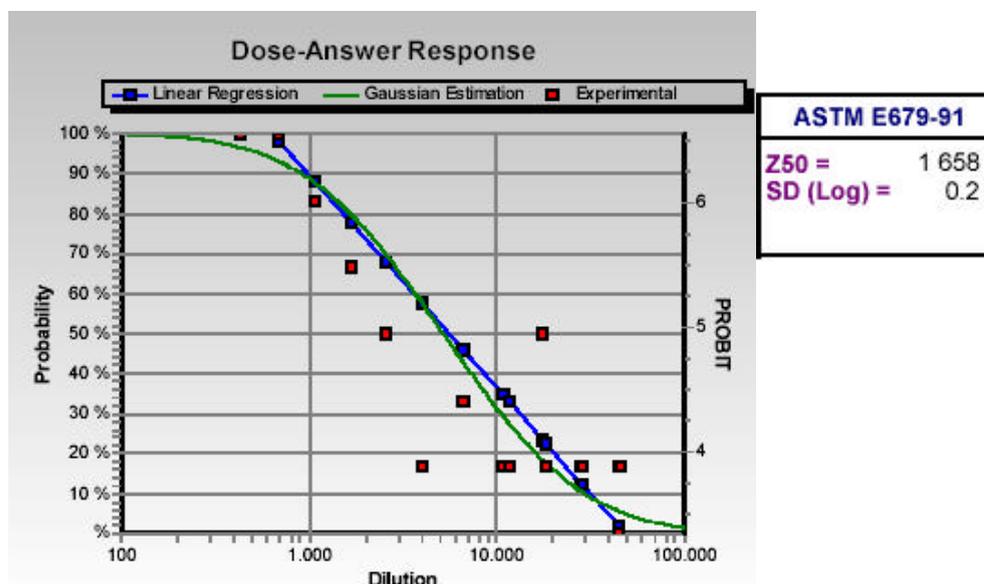


GRÁFICO 4.25 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a **Máquina N°4 (Exaustor 1)**. Amostra do Dia 27/04/2004.

4.4.2.3.2 Máquina N° 4 (Exaustor 2)

Na Máquina N° 4 (exaustor 2), a primeira coleta de amostra foi realizada no dia 23/03/2004. O valor do limite de percepção olfativo foi de 3445, ou concentração de 3445 UO/m³. A vazão nesse exaustor era de 30.024 m³/h, sendo assim, a carga do odor neste ponto, para essa amostra, foi de 103.432.680 UO/h. Ver GRÁF., 4.26.

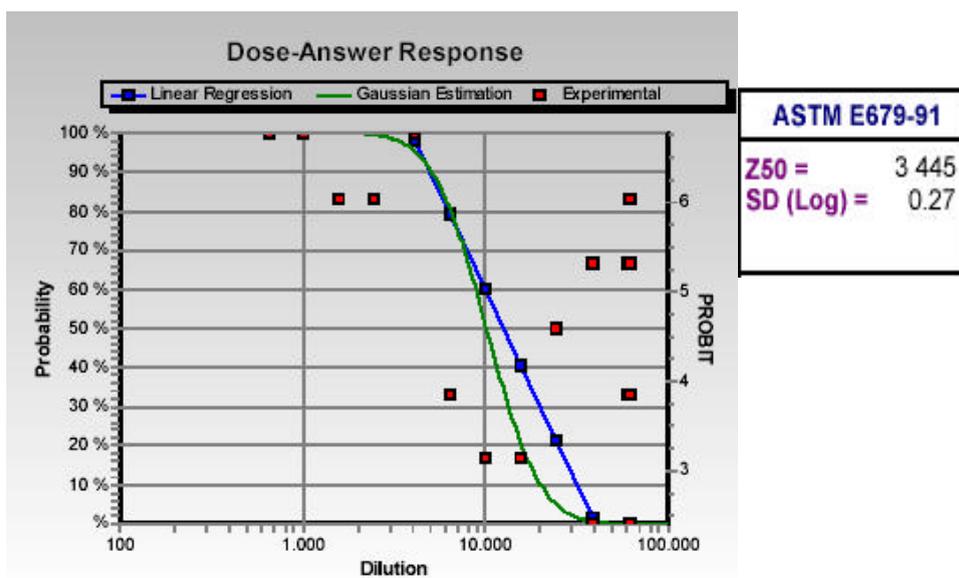


GRÁFICO 4.26 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para **Máquina N°4 (Exaustor 2)**. Amostra do Dia 23/03/2004.

A segunda coleta na máquina N°4 (exaustor 2) foi feita no dia 27/04/2004.

O valor do limite de percepção olfativo foi inferior ao apresentado na primeira avaliação, ou seja, 1162, GRÁF., 4.27, ou concentração de 1162 UO/m³. Multiplicando-se pela vazão do respectivo exaustor, que é de 30024 m³/h, a carga de odor foi calculada em 34.887.888 UO/h.

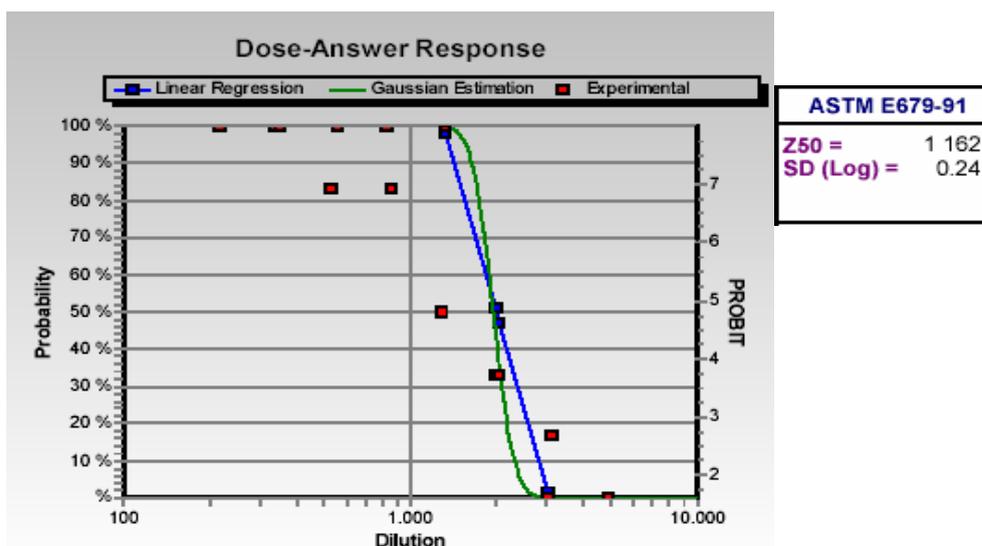


GRÁFICO 4.27 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a **Maquina N°4 (Exaustor 2)**. Amostra do Dia 27/04/2004.

4.4.2.3.3 Máquina N° 4 (Exaustor 3)

A primeira avaliação da máquina N° 4 (exaustor 3) foi realizada no dia 23/03/2004. O limite de percepção olfativo foi de 1292, ou concentração de 1292 UO/m³. A vazão da máquina n° 4 (exaustor 3) era de 27576 m³/h, deste modo, a carga do odor, para este dia, no período da tarde, foi de 35.628.192 UO/h. GRÁF., 4.28.

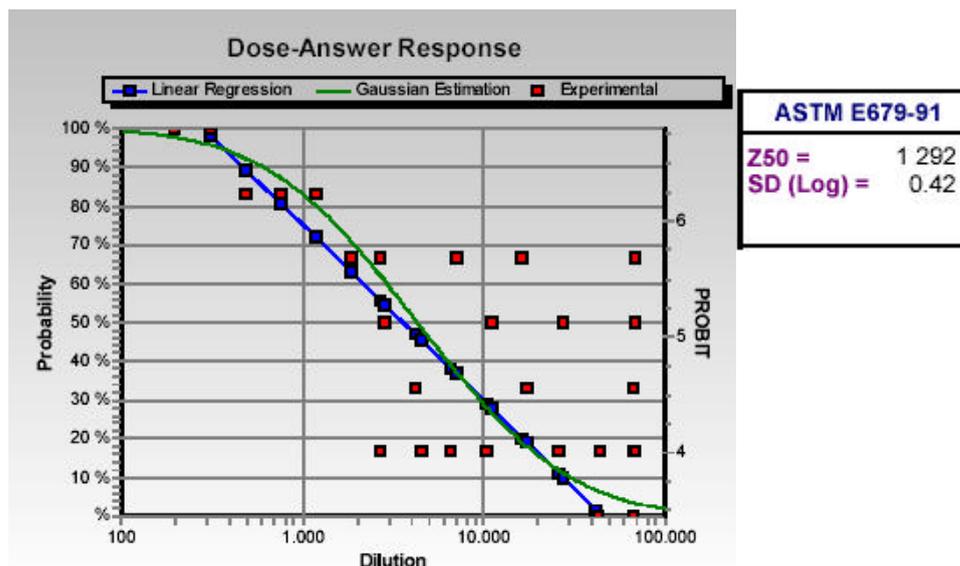


GRÁFICO 4.28- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a **Máquina N°4 (Exaustor 3)**. Amostra do Dia 23/03/2004.

Na avaliação do dia 27/04/2004, que correspondia à segunda avaliação nesse exaustor, o limite de percepção olfativo foi de 1503, sendo assim, a concentração odorante foi de 1503 UO/m³, a qual, multiplicada pela vazão do respectivo exaustor, que era de 27576 m³/h, obteve uma carga de odor de 41.446.728 UO/h. Ver GRÁF., 4.29.

Na segunda avaliação, o valor apresentado pelos jurados, para o limite de percepção olfativo foi próximo ao da primeira avaliação.

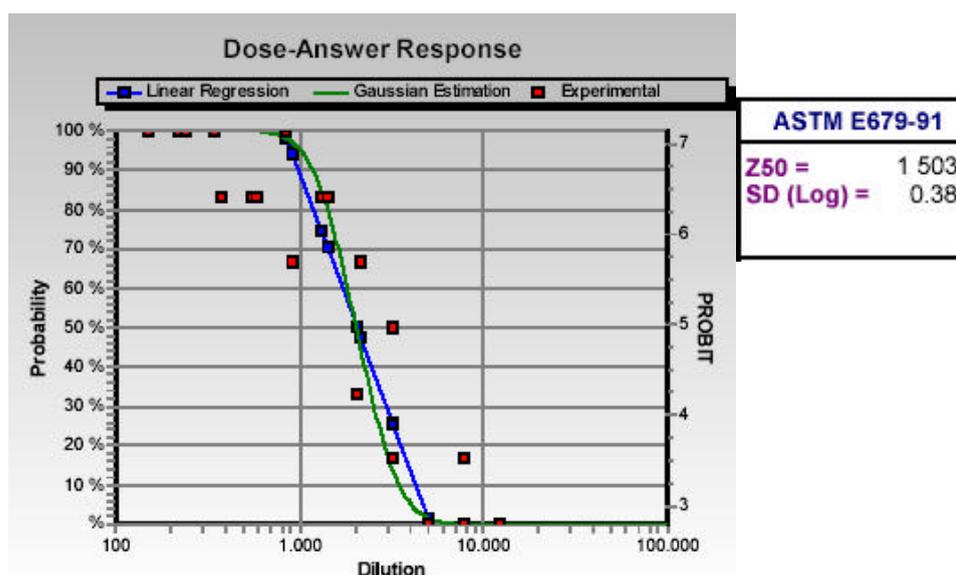


GRÁFICO 4.29 - Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a Máquina N°4 (Exaustor 3). Amostra do Dia 27/04/2004.

4.4.2.3.4 Máquina N° 4 (Exaustor 4)

Na primeira amostragem, dia 23/03/2004, o limite de percepção olfativo foi extremamente alto, 4873, ou seja, uma concentração de 4873 UO/m³, se forem considerados os outros pontos amostrados, esse foi o que apresentou maior concentração odorante. GRÁF., 4.30. A vazão da máquina n° 4 (exaustor 4) era de 21312 m³/h, isso corresponde a uma carga de odor de 103.853.376 UO/h.

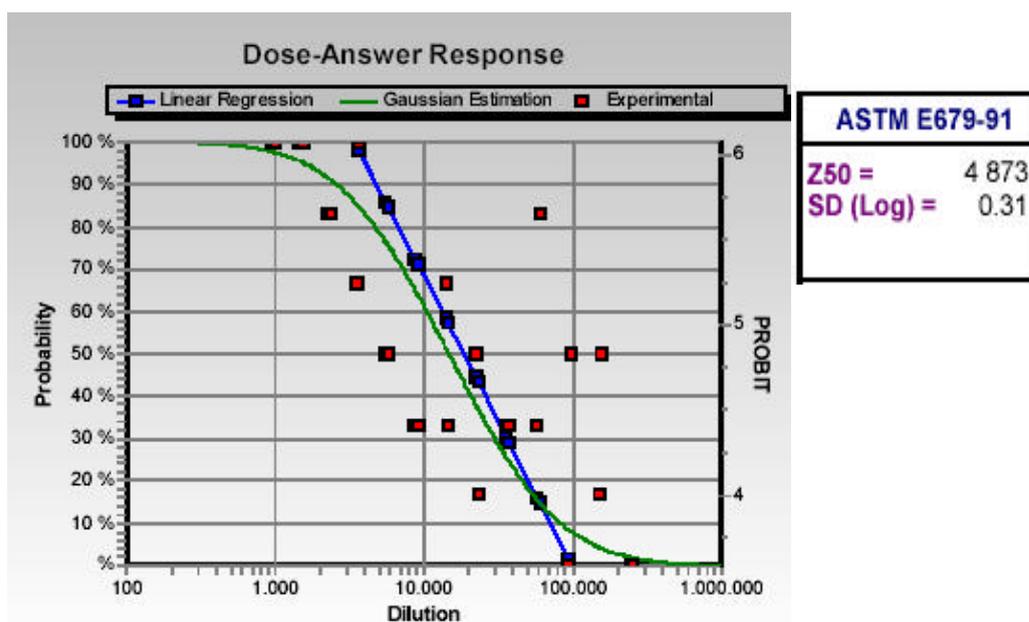


GRÁFICO 4.30- Distribuição das Respostas dos Jurados, Segundo o Modelo Probit, para a **Máquina N°4 (Exaustor 4)**. Amostra do Dia 23/03/2004.

A segunda amostragem foi realizada no dia 27/04/2004, a amostra foi insuficiente para a realização de uma análise olfatométrica com um olfatômetro de diluição dinâmica.

4.4.3 Considerações

Mediante o estudo de caso na indústria de processamento de papel reciclado, analisando a concentração odorante, pode-se observar a grande diferença existente em analisar odores de fontes diferentes. Essas análises foram as mais difíceis e também as mais demoradas. Segundo os jurados, o odor apresentado era fácil de se confundir, um tanto enjoativo e azedo, e sendo esses odores extremamente diluídos com ar puro, para encontrar o limite de percepção, muitas vezes os jurados não conseguiam fazer a distinção.

Todos os jurados que participaram das avaliações foram treinados, os mesmos já haviam participado de outras avaliações em ocasião de outros estudos de caso, para a percepção dos mesmos, essas foram as amostras mais difíceis de distinção e diziam hora perceber, hora não. Isso pode ser verificado em muitos dos gráficos mostrados pelo modelo Probit, um emaranhado de pontos vermelhos, isso devido ao grande número de respostas dos jurados.

Essa indústria se localiza no estado do Paraná, o mesmo apresenta a Resolução nº 041/02 – SEMA do capítulo I, artigo 11, onde as atividades geradoras de substâncias

odoríferas, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 UO.h¹ (unidades de odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando à captação e remoção do odor. O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatométrica e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatométrica (Norma VDI 3881: Olfactometry, Odour Threshold Determination, Part 1- 4), deve ser no mínimo de 85%.

O resumo com os resultados obtidos nas campanhas de amostragem e análises junto à Indústria Trombini pode ser visualizado na TAB.4.27.

TABELA 4.27- Resumo de Todos os Resultados da Indústria de Processamento de Papel Reciclado.

Ponto de amostragem	Amostra	Concentração de Odor UO/m³	Desvio Padrão (Log)	Carga de odor (UO/h)
Tq de Borracha (manhã)	23/03/2004	761	0,25	-
Tq de Borracha (tarde)	23/03/2004	1197	0,63	-
Decantador Primário	23/03/2004	276	0,32	-
	13/04/2004	750	0,33	-
Máquina 4 (Exaustor 1)	23/03/2004	-	-	-
	27/04/2004	1658	0,2	46.556.640
Máquina 4 (Exaustor 2)	23/03/2004	3445	0,27	103.432.680
	27/04/2004	1162	0,24	34.887.888
Máquina 4 (Exaustor 3)	23/03/2004	1292	0,42	35.628.192
	27/04/2004	1503	0,38	41.446.728
Máquina 4 (Exaustor 4)	23/03/2004	4873	0,31	103.853.376
	27/04/2004	-	-	-

Como pode-se constatar na tabela anterior, todos os exaustores da máquina 4 apresentaram valores muito acima do limite estipulado pelo órgão ambiental, que era de

5.000.000 UO/h, isso quer dizer que nesses locais devem ser instalados equipamentos que tenham eficiência de remoção de no mínimo 85%.

4.5 Caso 4 – Autoposto de Combustível

O autoposto, FIG. 4.10, tem por característica oferecer serviços automotivos a clientes, basicamente, utilizadores de veículos leves. Dispõe, dentre outros, o serviço de abastecimento de veículos que possuem sistema de motores à base de gasolina, álcool, diesel e GNV (Gás Natural Veicular).



FIGURA 4.10- Autoposto de Combustível e GNV

Este estudo de caso foi realizado sobre a questão da percepção de odores relacionados à atividade de abastecimento de veículos por GNV nas imediações do autoposto, como consequência de reclamações dos moradores vizinhos ao mesmo.

Neste local, existia uma relação de conflito entre os moradores e o autoposto, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FUNDEMA), já havia sido acionada para gerenciar o conflito e também a Promotoria da Coletividade.

A FUNDEMA solicitou ao Laboratório de Controle da Qualidade do Ar(LCQAr) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFSC que aplicasse uma metodologia

para gerenciar o conflito entre os moradores e o autoposto, verificando se realmente os odores se apresentavam com significância naquela localidade.

Como o caso se tratava de uma atmosfera não concentrada, com episódios eventuais, optou-se pela metodologia dos questionários geral e permanente para avaliar os incômodos olfativos, através dos quais se poderia ter o diagnóstico do conforto ambiental das pessoas que moravam na circunvizinhança do autoposto.

Essa metodologia dos questionários já havia sido aplicada em Santa Catarina por Truppel (2002), para a avaliação da eficiência de técnicas de desodorização de uma ETE pela população circunvizinha à estação.

Outro emprego de questionário foi efetuado por Silva (2002), para avaliar os incômodos olfativos emitidos pela suinocultura.

Neste estudo, a aplicação dos questionários se deu para verificar a sua viabilidade em gerenciar conflito entre a população e o autoposto.

Primeiramente, foi aplicado um questionário geral, que teve por objetivo a visualização global da situação, buscando-se saber qual tipo de incômodo as pessoas sentiam, a intensidade do odor percebido, se o odor era realmente do autoposto. Também com a sua aplicação, verificar qual entrevistado estaria disposto a participar da segunda etapa do trabalho, que constava do acompanhamento dos odores por meio de um questionário permanente. O modelo do questionário geral se encontra no Apêndice 1.

Na aplicação do questionário geral, o entrevistador lia a questão do mesmo para o entrevistado que tinha que escolher entre as várias respostas prontas qual que mais se assemelhava a sua vivência em relação aos odores.

Já o questionário permanente teve a duração de 35 dias nos períodos da manhã, tarde e noite. Os períodos da percepção dos odores foi da seguinte forma:

Período da manhã: das 06:00 as 12:00 horas

Período da tarde: das 13:00 as 18:00 horas

Período da noite: das 19:00 as 05:00 horas

O questionário permanente foi tipo cartão resposta. Para sua aplicação, foi montado um júri permanente, composto por moradores circunvizinhos ao autoposto. O número de respondentes para esse questionário não foi previamente definido, este número coincide com a disponibilidade dos indivíduos em aceitar fazer parte do grupo de jurados. Um total de 8 moradores circunvizinhos ao autoposto aceitaram fazer parte do júri permanente. O modelo do questionário permanente se encontra no Apêndice 2.

O júri permanente recebia o cartão resposta para cada dia da semana, de segunda a domingo. O cartão resposta era bem objetivo, constando somente o nome do observador, local, descrição da qualidade do odor, hora e dia de percepção do odor.

Aos membros do júri permanente foi solicitado que, a cada momento em que o odor fosse percebido durante a semana, estes o registrassem no cartão resposta. Semanalmente, os cartões respostas eram recolhidos e substituídos por novos.

A disposição das casas do júri permanente em relação ao autoposto está apresentada na FIG., 4.11.

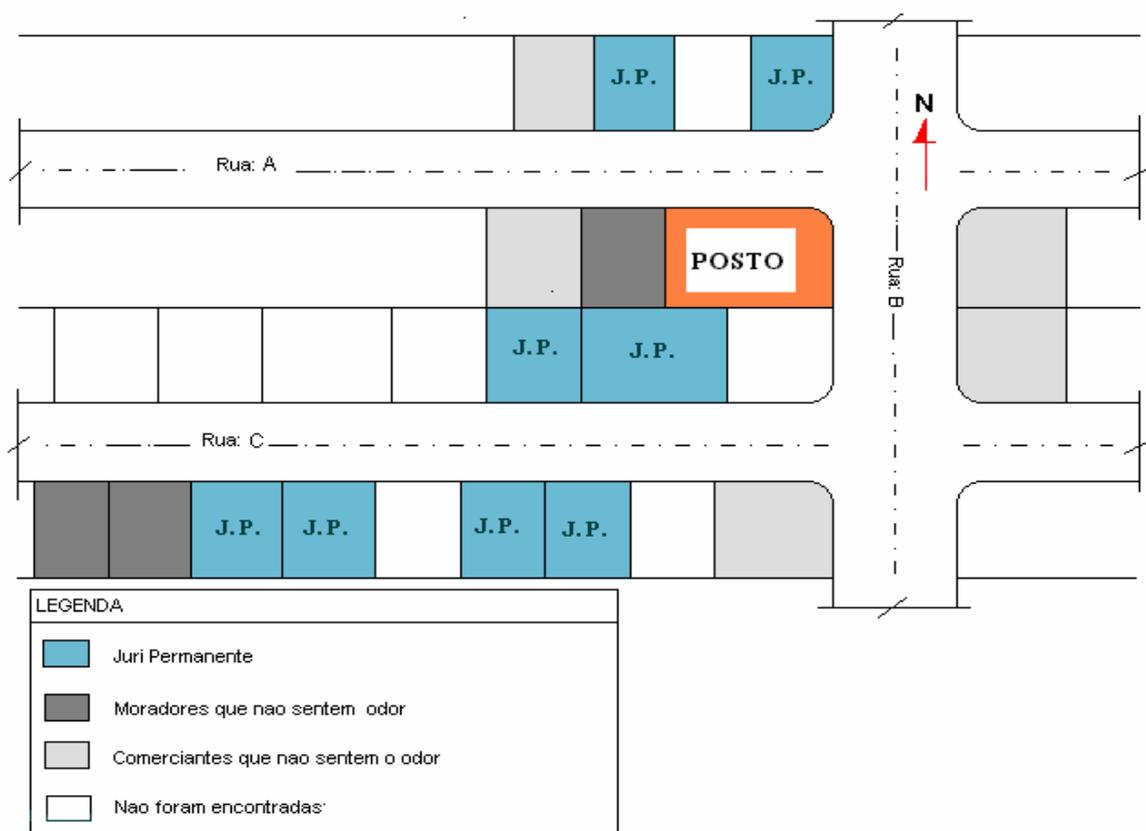


FIGURA 4.11- Disposição das Casas Circunvizinhas ao Posto que Fizeram Parte do Júri Permanente.

4.5.1 Resultados

Primeiramente, será apresentado o resultado da primeira etapa do trabalho, que constava da aplicação do questionário geral à população circunvizinha ao autoposto. A aplicação desse questionário foi realizada nos dias 26 e 27 de fevereiro de 2003.

4.5.1.1 Avaliação do Questionário Geral

A definição do número de respondentes para o questionário geral se deu mediante um levantamento em torno do autoposto, até onde o odor era percebido, entre moradores e funcionários de estabelecimentos comerciais, todos na circunvizinhança do autoposto.

À medida que se distanciava do autoposto, nenhum morador sentia qualquer tipo de odor, sendo assim, somente os moradores mais próximos ao autoposto puderam responder o questionário, totalizando 17 pessoas.

Os resultados são mostrados e discutidos para cada questão do questionário.

4.5.1.1.1 Percepção do Odor

A primeira pergunta do questionário foi sobre a percepção do odor, objetivando visualizar se o odor era realmente sentido e também a sua significância em termos de quantas vezes era percebido durante a semana. A questão visou identificar um possível grau comparativo de valor, valor este que poderia ser interpretado em função da maior ou menor quantidade de percepção dos participantes relativa aos odores.

Quanto à percepção de odor, 10 moradores percebem odores onde moram. Entre os que não percebem nenhum odor, estão os funcionários dos estabelecimentos comerciais, localizados na circunvizinhança do autoposto, sendo 2 funcionários de uma revendedora de carros; 1 funcionário de restaurante (apenas 1 mês de funcionamento); 2 funcionários de uma oficina mecânica e somente dois moradores.

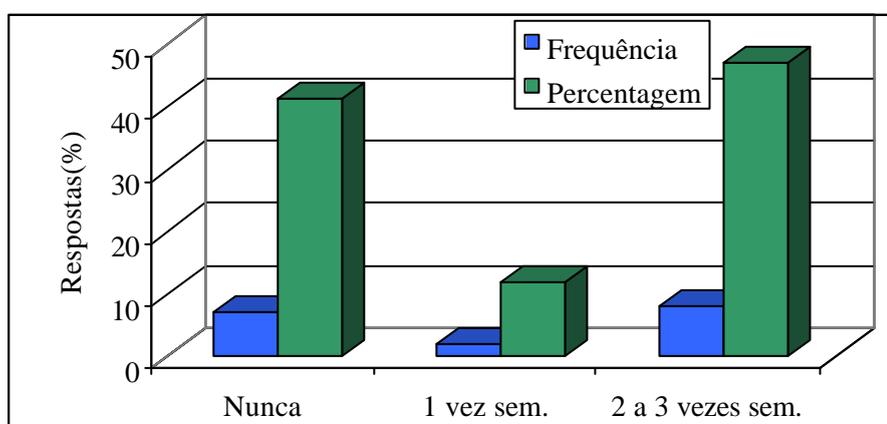


GRÁFICO 4.31- Distribuição de Frequência de Percepção do Odor; Numa Amostra de 17 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

De acordo com as respostas apresentadas pelos entrevistados, como pode ser observado no GRÁF., 4.31, 47% percebem os odores de 2 a 3 vezes na semana; 12%, 1 vez na semana; e 41% nunca perceberam nenhum tipo de odor.

Todos os funcionários dos estabelecimentos comerciais na circunvizinhança do autoposto disseram não perceber nenhum odor. A questão era: será que essa não percepção de odor foi por serem também estabelecimentos comerciais, assim como o autoposto?

Através das respostas, pode-se notar que o odor era percebido pelos moradores circunvizinhos mais próximos ao autoposto, o que resultou em um baixo percentual de percepção de moradores. Restaria saber quanto esse odor incomodava, se realmente essa percepção ocasionava incômodos significativos, essas respostas fomos obtendo com a apresentação das outras questões aos entrevistados.

4.5.1.1.2 Tipo de Incômodo Ocasionado pelos Odores

A segunda questão foi para verificar se o odor que estava sendo percebido estava causando algum tipo de incômodo.

As respostas exibidas a seguir são somente dos entrevistados que disseram perceber o odor, ou seja, de 10 moradores, uma vez que os que não o sentiam não precisaram responder o questionário, que é direcionado para os incômodos ocasionados pelos odores.

No GRÁF., 4.32 estão apresentados somente os incômodos que foram apontados pelos entrevistados.

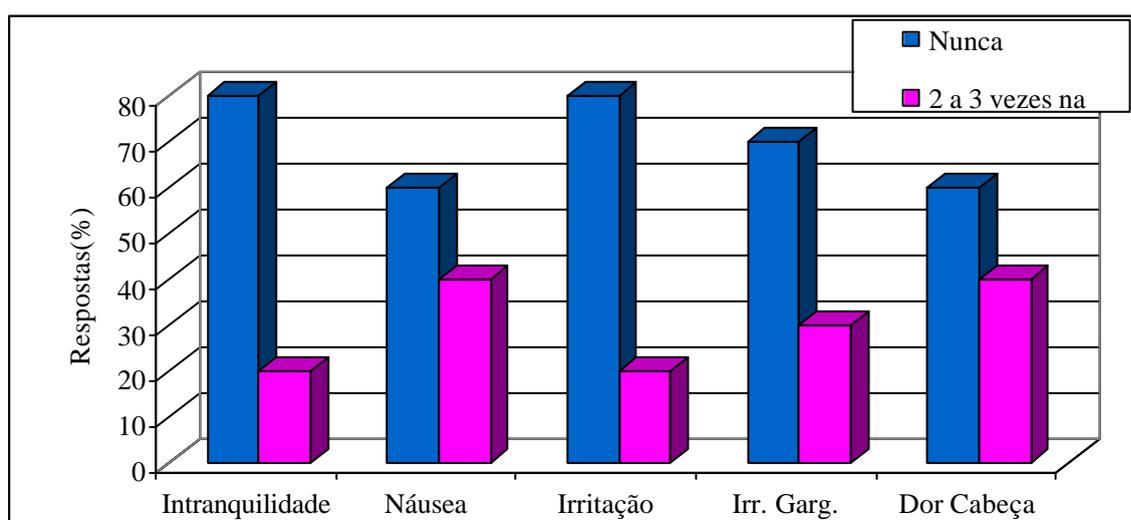


GRÁFICO 4.32 - Distribuição de Frequência dos Incômodos; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

Pode-se ver no GRÁF., 4.32, de acordo com as respostas, em relação à intranqüilidade, que 80% dos entrevistados nunca se sentem intranqüilos com o odor percebido, e 20% se sentem intranqüilos de duas a três vezes na semana. Praticamente todos os entrevistados que sentem o odor não se sentem intranqüilos. Esse elevado percentual de resposta dizendo não haver intranqüilidade fornece indícios circunstanciais que nos levam a crer que, apesar da percepção do odor, os moradores ao redor do autoposto vivem tranqüilos e talvez o conflito existente, nada tenha haver com os odores do autoposto.

O mesmo ocorreu para o incômodo irritação, 80% dos entrevistados não se sentem irritados.

Outros incômodos apontados pelos entrevistados foram: náusea, dor de cabeça e irritação na garganta, 40% sentem náusea e dor de cabeça de duas a três vezes na semana e 60% nunca sentem esses tipos de incômodos. A irritação na garganta foi apresentada por 30% dos entrevistados, e 70% nunca sentiram esse incômodo.

Observa-se uma atitude contraditória dos entrevistados frente aos incômodos. Como pessoas que dizem sentir náusea e dor de cabeça de duas a três vezes na semana não se sentem intranqüilos?

Esses resultados levaram a refletir sobre o porquê da existência dos conflitos entre os moradores e o autoposto, visto que a maioria dos entrevistados disseram não estar irritados e também não estar intranqüilos, os incômodos apontados como náusea e dor de cabeça realmente estavam relacionados com a percepção do odor vindo do autoposto? Ou esse conflito era gerado por ser uma atividade nova, e, em se tratando de gás, havia um certo receio por parte dos moradores com respeito a medo de explosões. Nesse caso, talvez a falta de informação com relação a esse tipo de atividade com GNV seria a causa principal dos conflitos.

A presença com freqüência do GNV, mesmo em baixas concentrações, na vizinhança, seria facilmente percebida pela detecção das mercaptanas odorizadoras deste gás, todas extremamente odorantes e detectáveis pelo nariz humano. Entretanto, isto não exclui a possibilidade de efeitos psicológicos e até fisiológicos outros vinculados à percepção dos odores, tais como medo, ânsia, náusea, dores de cabeça, stress, etc.

É certo também que tais incômodos têm relação com o grau de sensibilidade de cada pessoa quanto à sensação odorante, extremamente variável segundo os aspectos psicofisiológicos.

4.5.1.1.3 Descrição da Qualidade do Odor

Como pode ser verificado no questionário (Apêndice A), foram listados vários tipos de odores para que o entrevistado respondesse qual aquele que mais se aproximava ao percebido. Cada entrevistado podia apresentar mais de um odor, conforme achasse necessário. No GRÁF.,4.33 encontram-se somente os odores apontados pelos entrevistados.

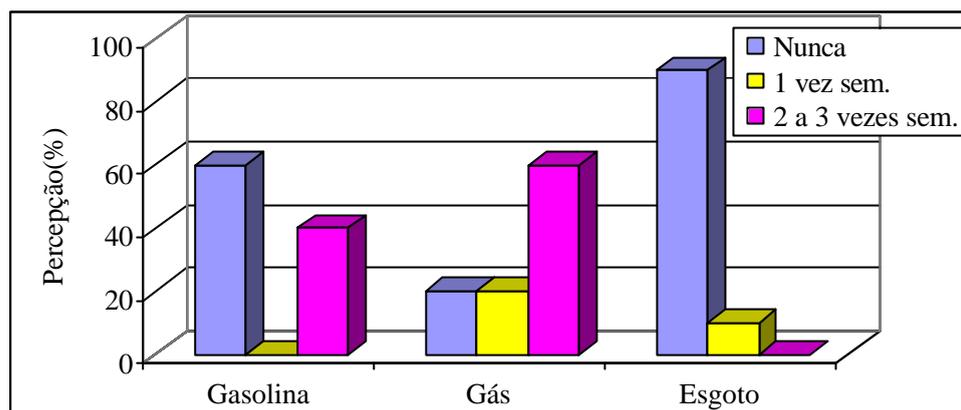


GRÁFICO 4.33– Qualidade do Odor Percebido; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

Pelas respostas dos entrevistados, o odor mais percebido era o de gás, sendo que 60% responderam que sentem o cheiro do gás de 2 a 3 vezes na semana, 20% o sentem 1 vez na semana e outros 20% nunca o sentem.

O cheiro de gasolina também era percebido, sendo que 40% dos entrevistados responderam que sentem cheiro da gasolina de 2 a 3 vezes na semana e 60% nunca o sentem.

O cheiro de esgoto somente foi citado por 10% dos entrevistados, os demais nunca sentiram esse tipo de odor.

Percebeu-se que as emissões odorantes vinculadas ao abastecimento de veículos por GNV são esporádicas ou pontuais.

4.5.1.1.4 Grau de Incômodo do Odor (Hedonicidade)

No que tange ao grau de incômodo ocasionado pelos odores, como pode ser observado no GRÁF.,4.34, houve grande variedade nas respostas, mas praticamente não houve diferença

significativa entre o grau de incômodo ocasionado pela percepção do odor, 20% responderam que não se sentiam incomodados, 30% sentem-se um pouco incomodados, o mesmo percentual foi observado para muito incomodado, e outros 10% disseram que incomoda, esse mesmo percentual foi respondido para extremamente incomodado.

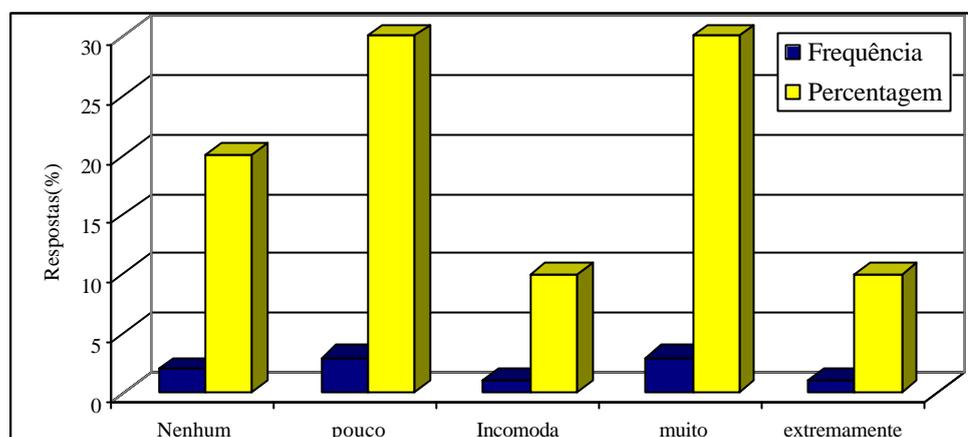


GRÁFICO 4.34 - Distribuição de Frequência do Grau de Incômodos; Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

As respostas exibidas pelos entrevistados nos levam a crer que não existe diferença quanto ao grau de incômodo ocasionado pela percepção do odor, isso devido às frequências das respostas serem muito próximas umas das outras.

Novamente retorna-se à questão do porquê dos conflitos, já que, pelas respostas dos entrevistados, somente 10% disseram se sentir extremamente incomodados. Pelo conflito existente, era de se esperar que, em relação ao grau de incômodo, as respostas mais significativas ficassem entre muito e extremamente incomodado, o que não ocorreu.

4.5.1.1.5 Intensidade do Odor Percebido

A resposta de maior ênfase dada pelos entrevistados, em relação à intensidade do odor (GRÁF.,4.35), foi que 40% sentem um odor forte e 30% um o odor médio. A outras intensidades apresentadas no questionário, como muito fraco, fraco e muito forte, corresponderam a 10%, respectivamente, cada uma.

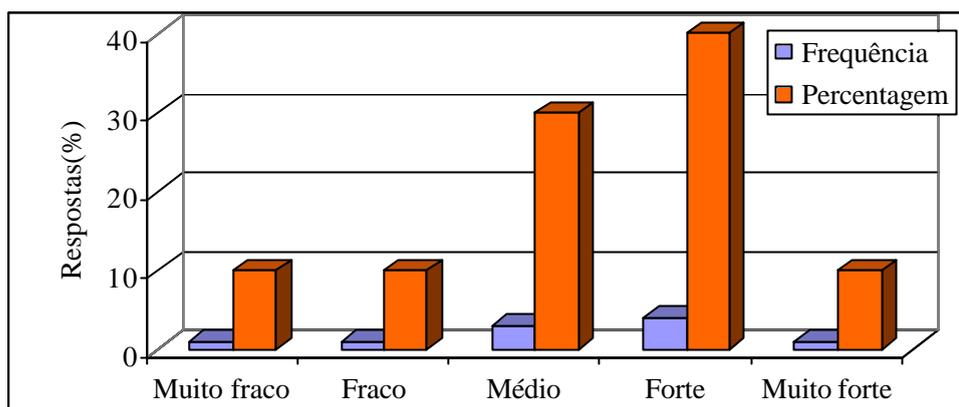


GRÁFICO 4.35- Intensidade do Odor Percebido, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

Pelas respostas, pode-se notar que 8, dentre os 10 entrevistados que percebem o odor no ar ambiente, o percebem com intensidade variando de médio a muito forte.

4.5.1.1.6 Variação Horária

Através desta questão, podemos observar os resultados obtidos entre os entrevistados sobre o período do dia em que os odores eram percebidos com mais frequência., o autoposto era operado durante 24 horas.

Segundo os entrevistados, 60% disseram que o odor se apresenta independente do período do dia, 20% citaram o período da manhã, 10% disseram ser o período da tarde e outros 10%, à noite.

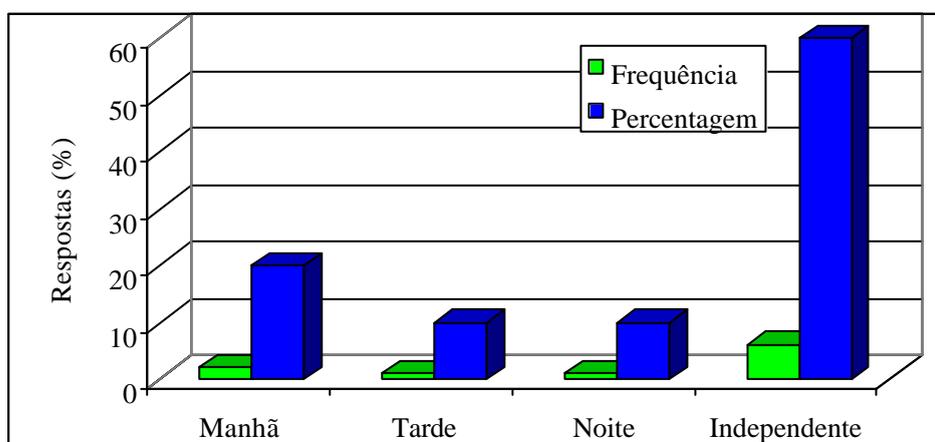


GRÁFICO 4.36 - Intensidade do Odor Percebido, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

De acordo com os entrevistados, o cheiro pode vir a qualquer momento, não tem hora para chegar, assim como também não tem hora para ir embora. Enfim, não existe um período preferencial do dia para a percepção do odor.

4.5.1.1.7 Condições Meteorológicas

A questão condição do tempo foi aplicada para verificar se o odor que era percebido tinha alguma relação com as condições meteorológicas. Como pode ser visto no GRÁF.4.37, as condições meteorológicas, para a percepção dos odores, entre os entrevistados que apontaram a presença de odores, mostrou diversidade de respostas, 30% deles responderam que a percepção independe das condições meteorológicas, 20% não sabiam, outros 20% disseram ser quando o tempo estava chuvoso, outros 20%, nublado, e 10%, ensolarado.

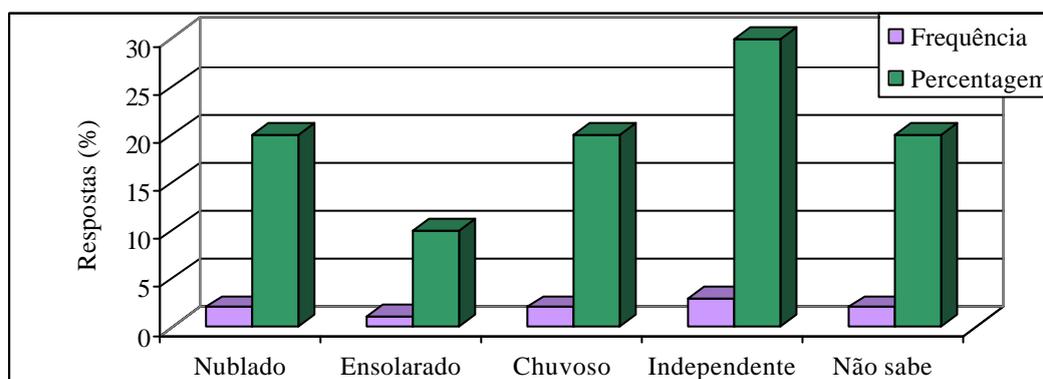


GRÁFICO 4.37– Condições do Tempo de Maior Percepção de Odor, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

Do mesmo modo que o item anterior, essa diversidade de resposta nos leva a crer que não existe nenhuma vinculação direta entre a percepção odorante e as condições meteorológicas em relação ao autoposto.

4.5.1.1.8 Direção do Vento

Outra questão apresentada aos jurados foi quanto à direção do vento. Foi perguntado se eles sabiam dizer qual a direção do vento, no momento em que estavam percebendo o odor. Mesmo sendo uma pergunta técnica, a qual poderia ser respondida por um órgão ambiental, o que estava-se querendo saber era a percepção dos entrevistados quanto à frequência da direção do vento, se eles conseguiam identificar de onde estava vindo o vento predominante

no momento da percepção, dependendo da resposta, poderíamos interpretar se era realmente um vento vindo do autoposto.

No GRÁF.,4.38, têm-se as respostas dos entrevistados, quanto à direção do vento no momento da percepção do odor. O maior percentual foi de 40%, que disseram que o cheiro vinha da direção norte. A visualização do sentido norte apresentada na FIG. 4.11 sugere que, ao menos para estes entrevistados, o vento passa primeiro pelo autoposto, em seguida, em suas residências, podendo carregar consigo alguns odores do autoposto.

Houve também os que não conseguiram dizer de onde vinha o vento, correspondendo a 30%. Outros 10% disseram que é independente da direção do vento e 20% outros que era de todas as direções.

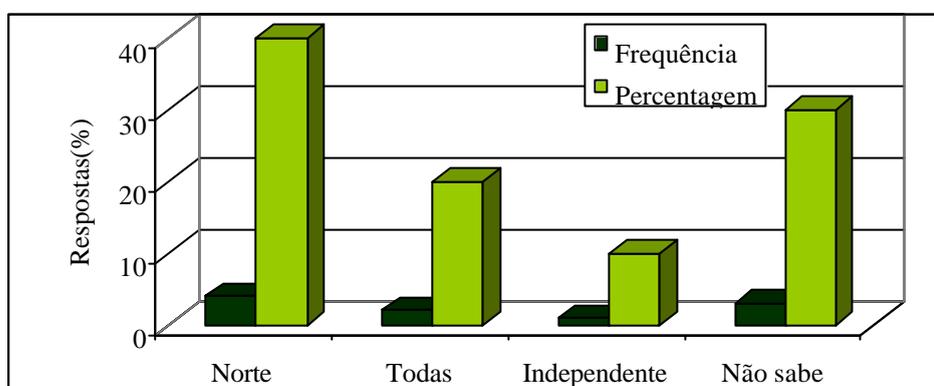


GRÁFICO 4.38– Direção do Vento para a Percepção de Odor, Numa Amostra de 10 Entrevistados na Circunvizinhança do Autoposto, data 26-27/02/2003.

De modo geral, o maior percentual, ou seja, 60% dos entrevistados não responderam que o odor vinha do Autoposto.

4.5.1.1.9 Considerações

A interpretação dos resultados deste questionário geral, mediante o que foi firmado pelos entrevistados, permitiu identificar a presença de odores na vizinhança, vinculados à atividade de abastecimento de veículos por Gás Natural Veicular (GNV), nas imediações do autoposto. É certo que o incômodo olfativo não é percebido pela maioria dos moradores e trabalhadores das cercanias do autoposto, atingindo, com mais intensidade e frequência, moradores das casas mais próximas ao posto.

É certo, também, que tais incômodos têm relação com o grau de sensibilidade de cada pessoa quanto à sensação odorante, extremamente variável segundo aspectos psicofisiológicos.

Alguns moradores declararam que se sentem intranquilos em decorrência do medo de explosão devido à proximidade do posto e do odor percebido. Depoimentos deste tipo denotam a importância de se proceder campanhas de esclarecimento à vizinhança, da parte do autoposto, relativo aos riscos à segurança do GNV e, até mesmo, das questões ambientais inerentes à introdução deste gás na matriz energética brasileira. Evidentemente que tal procedimento tem a ver com os aspectos subjetivos vinculados à percepção odorante pelas pessoas.

4.5.1.2 Avaliação do Questionário Permanente

A avaliação foi realizada de 03/03 a 06/04 de 2002, totalizando 35 dias, nos períodos da manhã, tarde e noite. Esta avaliação aconteceu em caráter sigiloso, sem o conhecimento de outros que não os próprios jurados e os membros da equipe da UFSC.

A localização do júri permanente, em relação ao posto, pode ser observada na FIG. 4.11.

Os valores dos índices de incômodo para os três períodos do dia estão exibidos na TAB. 4.28. N é o número de dias observados por período.

TABELA 4.28. Índice de Incômodo Médio para os Períodos da Manhã, Tarde e Noite.

Períodos	Índice Média	N	Desvio Padrão	Índice	
				Mínimo	Máximo
Manhã	16,43	35	6,3	6,25	25,0
Tarde	15,36	35	8,0	0,00	28,1
Noite	12,23	35	10,8	0,00	25,0
Total	14,67	105	8,6	0,00	28,1

Em conformidade com que pode ser visto na TAB. 5.28, o índice de incômodo médio apresentado para três os períodos foi de que o odor não incomodava. Todos os valores dos índices de incômodo se enquadraram na categoria de não incômodo. Os valores ficaram abaixo de 25, que corresponde a pouco incômodo, o que pode ser verificado na TAB. 4.3 das categorias de incômodo e pesos dos fatores.

Os perfis do índice de incômodo médio, para os períodos da manhã, tarde e noite, durante os 35 dias de avaliação, podem ser constatados no GRÁF., 4.39, 4.40 e 4.41.

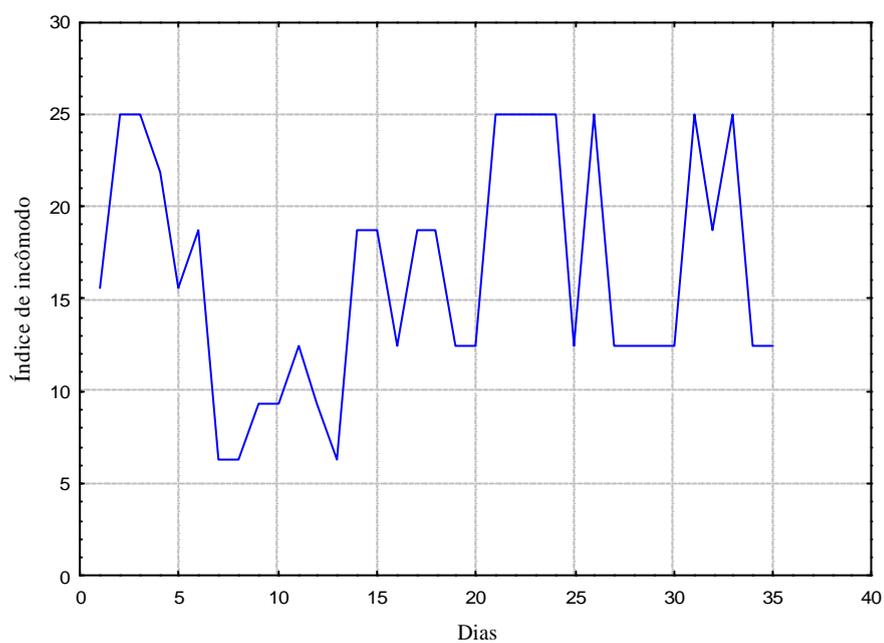


GRÁFICO 4.39 – Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Manhã, de 03/03 a 06/04/2002.

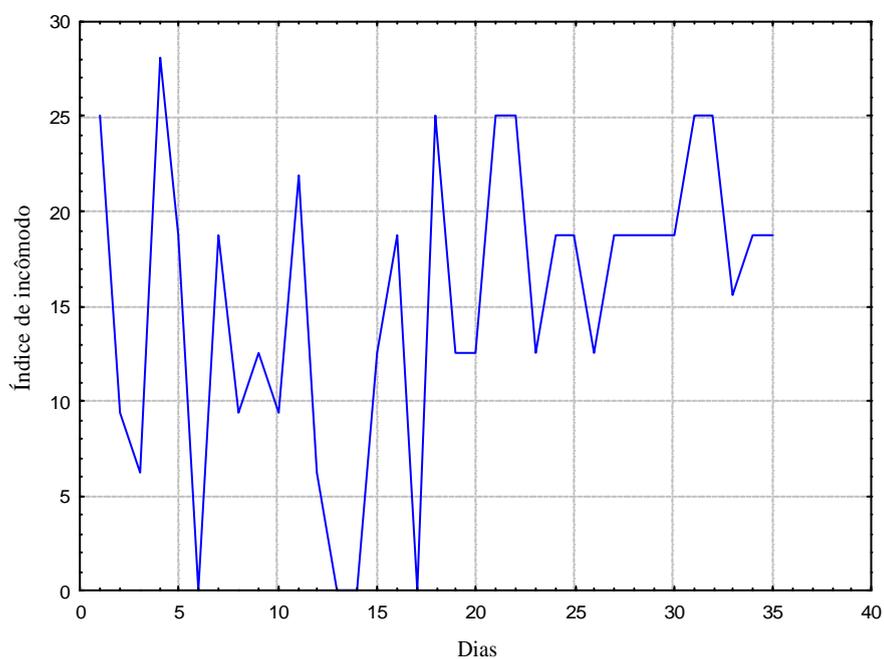


GRÁFICO 4.40– Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Tarde, de 03/03 a 06/04/2002.

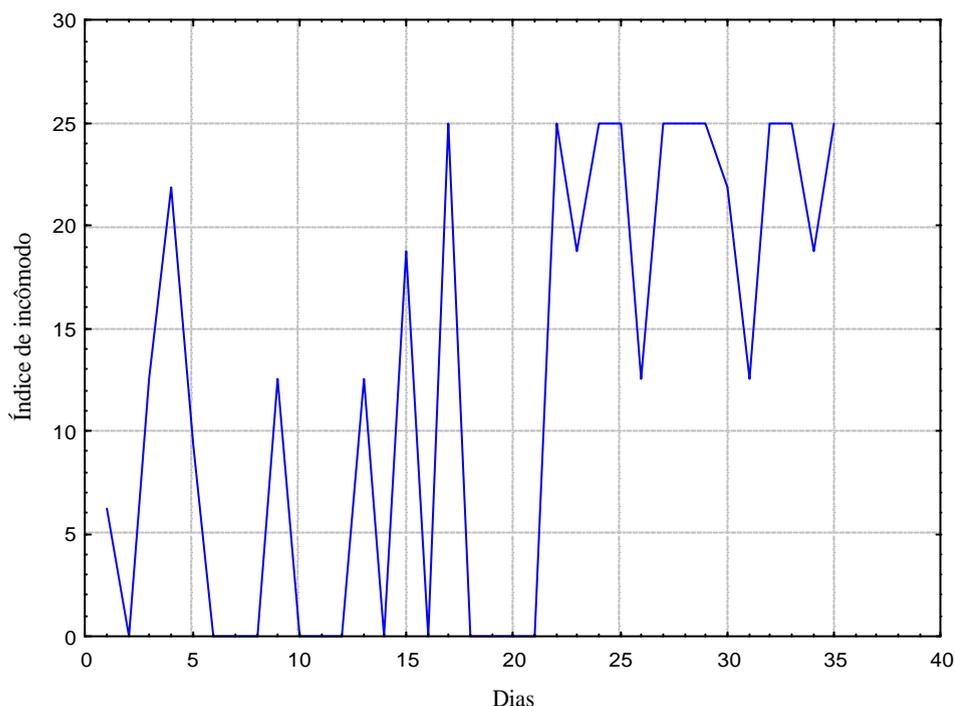


GRÁFICO 4.41– Perfil do Índice de Incômodo Médio para o Período da Noite, de 03/03 a 06/04/2002.

Como pode-se notar, o período da manhã foi o que mostrou o maior índice de incômodo, 16,43. Isso também pode ser visualizado pelo perfil desse período. O valor mínimo foi de 6,25, enquanto os outros períodos apresentaram valor mínimo zero, mesmo assim, esse índice não representa incômodo.

Verificando os três perfis apresentados anteriormente, pode-se perceber que, a partir do vigésimo dia de avaliação, os índices de incômodos, para os três períodos, foram de 12,5 a 25, com exceção de um valor para o vigésimo primeiro dia, no período da noite, que foi zero. Isso quer dizer que as pessoas sentiram mais o odor a partir desse dia, mas, mesmo assim, o odor não chegava a incomodar.

Os incômodos são de natureza complexa, pois dependem do estado fisiológico, psicológico e fatores sociais (Silva, 2002).

Considerações

Por meio do acompanhamento da percepção odorante dos moradores circunvizinhos ao autoposto com a utilização do questionário permanente, foi ratificado o que havia sido observado com a aplicação do questionário geral. Realmente existe a percepção dos odores do

autoposto pelos moradores circunvizinhos, no entanto, o odor percebido não chega a incomodar.

Esse questionário se mostrou eficiente para ser utilizado como uma ferramenta de monitoramento de uma fonte emissora.

5.0 CONCLUSÕES GERAIS

Com base nas análises e discussões dos resultados dos estudos de casos realizados, apresenta-se observar as seguintes conclusões.

O vaso construído para a coleta das amostras apresentou excelente desempenho, o seu aperfeiçoamento, no decorrer da realização dos estudos de caso, permitiu coletas de amostras odorantes com um tempo de até 5 minutos, sem contaminação da bomba e nem o vaso coletor. Com isso, foi possível a coleta de amostras em vários pontos no mesmo dia e período.

As metodologias propostas para a caracterização do odor, através da aplicação das análises de intensidade, qualidade, hedonicidade e concentração do odor, se mostraram adequadas, caracterizando a real situação dos odores para cada estudo de caso, nos dias e períodos em que foram realizadas as amostragens.

No estudo de caso da Estação de Tratamento de Resíduos Industriais da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes (RPBC), o ponto P1 (localizado entre as duas caixas de passagem), foi o mais crítico, com índice de intensidade de odor 4,3 isso corresponde a um odor na faixa forte a muito forte, sendo também o ponto o mais desagradável e com maior concentração odorante 4.652 UO.m^{-3} . Os resultados dos outros pontos foram próximos uns dos outros.

Para a Estação de Tratamento de Esgotos Insular, os resultados das campanhas de amostragem indicaram que existiu uma forte associação entre a intensidade do odor e o local de amostragem. O ponto P1 (gradeamento) foi o mais intenso, índice de intensidade 5,0, odor muito forte, com concentração odorante na faixa de 32.798 a 47.740 UO.m^{-3} . Esse ponto, também mais desagradável, com odores considerados ofensivos.

Foi verificado que a prensa de lodo (P4), quando em funcionamento, é o segundo ponto mais crítico em relação aos odores da estação, o mesmo ponto contribui com odores na saída do sistema, tornando-a mais desagradável e também com concentração odorante maior.

Por meio do estudo de caso da indústria de papel reciclado, foi verificado que os odores desse tipo de indústria são mais difíceis de avaliação com o uso do olfatômetro, são odores enjoativos do tipo azedo.

Todas as concentrações odorantes dos exaustores da máquina 4 foram acima de 1000 UO/m³, isso mostra que essa unidade deve ter um controle dos odores.

Tendo em vista a falta de informações, especificamente, em relação à caracterização do odor incluindo a análise da concentração odorante com o uso de um olfatômetro de diluição dinâmica, as metodologias propostas podem ser utilizadas para o início de uma coleta de dados, buscando caracterizar efetivamente os odores nas diversas fontes odorantes amostradas.

A análise da concentração odorante, por si só, fica muito restrita, existe a necessidade da realização de outras análises de caracterização da fonte odorante para a obtenção de todas as características da mesma, desse modo, podendo avaliar a relação existente entre a concentração odorante da fonte e sua percepção em termos do odor.

A percepção de um odor, mesmo em baixa concentração, pode constituir um odor significativo para a população, em virtude da relação não linear entre a concentração das substâncias que causam o odor, e a percepção humana, também pelas diferentes percepções dos indivíduos para uma dada substância.

O cálculo da concentração odorante, pela norma CEN pr13725, é baseado no método da norma ASTM –E679-1, realizando ainda um pós-tratamento nos valores dos limites individuais dos jurados, isso ocasiona muitas vezes valores discrepantes entre as duas normas. Com isso, existe a necessidade da elaboração de um método de cálculo que seja normalizado em nível nacional ou seguir uma só norma, ASTM ou CEN pr13725. Sendo a CEN pr13725 a mais precisa, devida a forma de seleção dos jurados e também pela forma de apresentação das diluições, três rodadas de diluições.

Pelo que foi observado e estudado, a norma CEN pr13725 descarta todos os indivíduos extremamente sensíveis ou com falta de sensibilidade, utilizando, para o cálculo da concentração do odor, somente os jurados com o olfato médio, entre $-5 \leq \Delta Z \leq 5$. Também a forma de apresentação segue um total de 3 rodadas de diluições da amostra do odor, o que

torna o resultado mais substancial. Já a norma ASTM somente uma rodada de diluição já é suficiente. Por todos esses motivos, acredita-se que a norma européia apresente a melhor forma de avaliação da concentração de um odor.

Em se tratando de análises sensoriais, todas as metodologias requerem cuidados especiais no momento de sua aplicação e também na seleção dos jurados.

Pelo método proposto para a seleção dos jurados não foi possível a identificação dos jurados que apresentavam dificuldade de concentração, que perdiam ou mesmo aumentavam a sensibilidade olfativa no decorrer de uma análise com o olfatômetro.

No momento da seleção dos jurados, deve-se ter cuidado em como proceder com os indivíduos que não estejam aptos para uma avaliação olfatométrica. Dependendo da forma de como o indivíduo for abordado, pode incorrer problemas psicológicos, e o mesmo nunca mais querer participar desse tipo de avaliação, achando que tem problemas com o olfato, o que nem sempre é verdade, visto que existem vários fatores que afetam a percepção, dentre eles, stress, sono, fome, cansaço, distração, etc.

Em todos os estudos de caso nos quais foi realizada a caracterização do odor, houve uma relação direta entre a intensidade e a hedonicidade. Quanto maior a intensidade, mais desagradável foi o odor.

A aplicação dos questionários geral e permanente possibilitou a realização de um diagnóstico ambiental odorante, apresentando informações complementares entre si. Através dos resultados, pode-se concluir que a relação de conflito existente entre o autoposto e os moradores circunvizinhos existia em consequência da percepção dos moradores das casas mais próximas do autoposto.

A metodologia, com utilização de um questionário geral, para a realização do diagnóstico de conforto ambiental, de uma atmosfera odorante não concentrada, teve por vantagem obter respostas objetivas e rápidas das quais pôde-se ter uma visão geral, da real situação, do que estava ocorrendo entre moradores, fonte odorante e ambiente. Pude-se verificar que essa metodologia poderá servir como instrumento para gerir conflitos entre moradores e fonte odorante, principalmente quando se precisa obter resultados rápidos e precisos da real situação do momento.

Mediante o questionário permanente foi observado que, apesar da percepção do odor dos moradores mais próximos ao autoposto, este não chegava a incomodar.

A aplicação do questionário permanente requer um certo grau de instrução por parte dos jurados, sobretudo a conscientização, que, através de sua participação, estará contribuindo para a melhoria da qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, de sua vida.

A aplicação da olfatometria para a avaliação de impactos ambientais de fontes odorantes, no Brasil é muito precoce e, desta forma, merece uma discussão com os órgãos gestores do meio ambiente para um afinamento e formulação de acordos no desenvolvimento das metodologias para este fim. Entende-se que estas devem estar consolidadas em diversas estâncias (órgãos de fiscalização, setor produtivo, prestadores dos serviços analíticos, etc) para terem credibilidade. A presente tese trata-se de uma das primeiras aplicações das metodologias olfatométricas no país. Estes trabalhos iniciais devem ser utilizados para a sua compreensão, pois as informações aqui contidas são muito ricas e com muita novidade técnica e científica.

6.0 RECOMENDAÇÕES

- Utilização das análises olfatométricas de caracterização dos odores como uma ferramenta para a avaliação de fontes odorantes pelos órgãos ambientais;
- Realizar estudos de difusão dos odores nas fontes odorantes;
- Aprimorar a qualificação dos jurados olfatométricos, tendo como propósito o treinamento e seleção de jurados que apresentem respostas consistentes e que sejam minimamente afetados pelas condições inerentes a esse tipo de análise.
- Estudar a associação entre a frequência de um odor e o incômodo olfativo;
- Aplicação do questionário geral buscando pesquisar as condições climáticas de cada dia avaliado e fazer o tratamento estatístico com um modelo de séries temporais.

7.0 REFERÊNCIAS

ASTM. Designation: E 544-75. Standard practices for referencing suprathreshold odor intensity. American National Standard (Reapproved 1997).

AFNOR X 43-103-Qualité de l'air.Mesurage de l'odeur d'une atmosphère gaseuze. Méthode supraliminaire. Norma técnica francesa, 1993.

AFNOR X 43-104-Qualite de l'air- atmosphères odorantes methodes de prevelement. Norma técnica francesa, 1990.

ÁLVARES JR. O M.; LAÇAVA, C. V. I.; FERNANDES P. S. Emissões Atmosféricas: Tecnologias e Gestão Ambiental. Brasília: SENAI/DN 2002. 373P.

BICHARA, M. J. Odores – parte I Aspectos básicos. Meio Ambiente Industrial, n. 6, p. 64-67, maio/jun. 1997.

CEN-Draft prEN 13725-Determination of odour concentration measurement by dynamic olfactometry. European Committee for Standardisation, Brussels. 1999.

CLASSEN C. et al.Aroma: a história cultural dos odores. Traduzido por: Álvaro Cabral. Rio de janeiro: Jorge Zahar.1996.

DEMÉTRIO, C.G.B. Modelos Lineares Generalizados em Experimentação Agrônômica.ESALQ/USP. 2002. 121p. Apostila.

BARBETTA, P.A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. 4 ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

BELLI, P. F.; DE MELO, L. H. Avaliação de emissões odorantes. Engenharia Sanitária e Ambiental. 3-Nº 3, Jul/Set, Nº 4 Out/Dez, 1998.

BELLI, P. F.: Stockage et odeurs des dejections animales cas du lisier de porc. Rennes (France). Tese (doutorado em Sciences Chimiques) – École Nationale Supérieure de Chimie, Université de Rennes. France. 1995. 210p.

BLISS, P. J.; SCHULZ, T.J.; SENGER T. et KAYE, R. B. Odour measurement – Factors affecting olfactometry panel performance. Wat. Sci. Tech. Vol.34, Nº 3-4, pp. 549-556. 1996.

BUSSAB, W. DE O.; MORETTIN, P. A. Estatística Básica. 5ª ed. São Paulo. Editora Saraiva, 2002. 516 p.

BOUSCAREN, R. Les produits odorants. Leurs origines. TSM-L' eau. 1984. 892-900 p.

CAHIERS TECHNIQUES DE LA DIRECTION DE LA PRÉVENTION DES POLLUTIONS. Les odeurs et les nuisances olfactives. Ministère de L'Environnement. 1984.

CARVALHO, C. M. Odor e bodesodorização em reatores anaeróbios. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Ambiental/PPGEA. Fev/2001.

CARVALHO, C. M.; SILVA, G. P. da; DE MELO LISBOA, H.; BELLI FILHO, P., CARMO JR, G. N. R. Olfatometria como ferramenta de avaliação da qualidade do ar - Estudo de casos In: 22 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville.

CARMO JR, G. N.; NOBREGA, F.; DE MELO.; BELLI, P. Utilização da olfatometria para o conforto ambiental estudo de caso. In: III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, 2003, Canoas - RS.

CUDMORE, R.S.; DONS, A. Environmental standard for industrial odour effects: A recommended approach. Aurora Environmental Ltd. Report n° A028-01, June 2000.

CGIR - Commission International of Agricultural Engineering Commission Internationale du Génie Rural. Concentrations in and emission from farm buildings (Working Group report Series n° 94.1) Rennes, p. 55-65. 1994.

DE MELO LISBOA, H. Contribution a la mise en oeuvre et a la validation de modeles de dispersion atmospherique applicables aux composes odorants. Tese de doutorado. Universite de Pau et de Pays de L'Adour e Ecole Nationale Superieure des Mines D'Ales. França. 1996.

DE MELO, H. L; NOGUEIRA, L. P. The odour problem in Brazil. III CONGRES ODEURS & COV. Paris, junho 1995.

ELSNER, R. J. F. Odor threshold, recognition, discrimination and identification in centenarians. Archives of Gerontology and Geriatrics. Vol.33 pp.81-94. May 2001.

EPA U.S. Environmental Protection Agency. Guide field storage o biosolids and other organic by-products used in agriculture and for soil resource management. EPA/832-B-00-007, July, 2000a. Chapter 2- Odor. Capturado em 01 de dezembro de 2001, Online. Disponível na Internet <http://www.epa.gov/owm/bio/fsguide/appa.pdf>.

FERNANDEZ, B. Contribution a l'elaboration d'une methodologie d'analyse physico-chimique de composes odorants. Tese (doutorado em chimie et microbiologie de l'eau)-l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. France 1997.

FRECHEN, F. B. O odour measurement and odour policy in Germany. Water Science and Technology, V. 41 N° 6 pp.17 – 24, 2000.

GUILLOT, J. M.; FERNANDEZ B.; FANLO, J.L. et LE CLOIRE P. Physico chemical measurements of odorous emissions on differentes sites. Dixième Congrès Mondial sur l'Air Pur, Helsinki, 1995.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETEZ, R.M. Odour measurements for sewage treatment works. Wat. Res. Vol.35, N° 3, pp. 579-597. 2001.

GODINOT, N. Contribution à l'étude de la perception olfactive: Qualité des odeurs et mélanges de composés odorants. Tese Disponível em: <http://olfac.univ-lyon1.fr/olfaction/categorisation/godinot-these>. Dia 12 de outubro de 2004.

HERMIA, J. Analyse olfactive: du nez humain au nez électronique. In: Congrès International sur la Caractérisation et le Contrôle des Émissions D'odeurs et de COV, 4, 1997, Quebec-Canada. P. 1-20.

HUMEAU, F. Procédés de traitement d'air par biolavage applications à la désodorisation d'émissions gazeuses industrielles. Tese (doutorado em chimie et microbiologie de l'eau)-l'ÉCOLE des MINES de NANTES.2001.

JIANG, J.K.- Concentration measurement by dynamic olfactometer. Water Environment & Technology, pp.39- 45, June 1996.

JIANG, J.K.; KAYE R. In: Odours in wastewater treatment: measurement, modelling and control. Sampling Techniques for Odour Measurement. Edited by Richard Stuetz and Franz-Bernd Frechen. IWA. 2001.

LAPLANCHE, A. L.; Les odeurs l'industrie agro alimentaire nature et traitement. École Nationale Supérieure de chimie de Rennes. 94 pg.1999.

LE CLOIREC, P.; FANLO, J.L.; DEGORGÉ-DUMAS, J. R. Odeurs et désodorisation industrielles. Ecole des Mines D'Alès, 1991.

LORA, E. E. S. Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte. Brasília/DF. ANEEL. 2000.

LOPEZ, M.R. Elimination de composés organiques volatils (COV) présents dans l'air par un bilfiltre à garnissage naturel structure. . Tese (doutorado em chimie et microbiologie de l'eau)-l'École de MINES de NANTES. France. 2001.

LUGINA, N.; TAYLOR S.M. et al. A longitudinal study of the health impacts of a petroleum refinery. Social Science & Medicine. 50, 1155-1166, 2000.

MARTIN, G. Atmosphère, atmosphere!. Biofutur. 1993, 126, 22-28p.

MATHIEU, J. et al. Contrôle des polluants organiques de l'atmosphère aux alentours d'une zone industrielle par thermodesorption et analyse GC-MS. Cas particulier de la recherche des amines. L.J. Brasser and W.C. Mulder (Eds), Man and his ecosystem. Proceedings of the 8th World Clean air Congress, The Hague, Vol. 3. 1989. 705-709p.

MONTGOMERY, D.C. Design and analysis of experiments. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1996, 703p.

MOY, L. Mesures d'odeurs à l'aide d'un nez électronique. Caoutchoucs & Plastiques. 728. 1993. 54-57p.

MCGINLEY C.; MCGINLEY M. Odor testing biosolids for decision making. Presented at: Water Environment Federation Specialty Conference: Residuals and Biosolids Management Conference. Austin, TX: 3-6 March, 2002.

Município de Trofa. Resultados da Auditoria Ambiental efetuada à empresa SAVINOR. Artigo disponível na internet: <http://www.mun-trofa.pt/destaques/resultado-savinor.html>. Em 04/06/2003.

METCALF, L. E EDDY, H.P.. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 3rd ed. New York, McGraw Hill. 1991. 1334p.

MCGINLEY C.; MCGINLEY M. The new european olfactometry standard: Implementation, Experience, and Perspectives. Air and Waste Management Association, 2001. Annual Conference Technical Program. Session N° EE-6b, Session Title: Modeling, Analysis & Management of Odors. 2001.

MOREIRA, A.; DE MELO LISBOA H.; EVANGELHO, M. R.; CARMO JR, G. N. R.; BELLI FILHO, P.; MELLO, V. Gerenciamento de odores em refinaria de petróleo In: III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, 2003, Canoas - RS. 2003.

NUVOLARI, ANTONIO et al. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. Editora Edgard Blücher Ltda. 2003. 520 p.

ODOTECH 1000 Gènes pour sentir- Formation sur l'utilisation de l'olfactomètre Odile version 2000. Canadá 2003.

ODILE. Manuel Technique et D'Operation. Canadá 2003.

OGLIARI, P.J.; ANDRADE, D.F. Estatística Básica Aplicada às Ciências Agronômicas e Biológicas *Com Noções de Experimentação*. Estatística Básica. 2004. 355p.

OGLIARI, P.J.; PACHECO, J. A. Análise Estatística Usando o Statística® 6.0. Apostila. Abril, 2004.

PERRIN M.L. L'olfactométrie ou la mesure des odeurs. L'Environnement. 38, 4-5, 1994.

QUEIROZ, N.; DE MELO LISBOA H. Análise físico-química de COVs. Relatório de visita técnica a RPBC em 03 a 05/06/2002.

QUEIROZ, N.; DE MELO LISBOA. Análise físico-química de COVs. Relatório de visita técnica a RPBC de 3 a 5/06/2002.

SASKIA M.; VAN RUTH. Methods for gas chromatography-olfactometry: a review. Biomolecular Engineering. 17, 121-128, 2001.

SCHIRMER, W. N.; DE MELO LISBOA, H.; BELLI FILHO, P.; QUEIROZ, N.; CARMO JR, G. N. R. Amostragem e análise físico-química de compostos orgânicos voláteis e odorantes In: III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, 2003, Canoas - RS.

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

SNEATH, R. W. In: Odours in wastewater treatment: measurement, modelling and control. Olfactometry and the CEN standard prEN17325. Edited by Richard Stuetz and Franz-Bernd Frechen. IWA. 2001.

STUETZ, R., FRENCHEN, F. B. Odour Wastewater Treatment, Measurement, Modeling and Control. Ed. IWA – Publishing. London. 2001. 437p.

STUETZ, R. M.; GOSTELOW P.; BURGESS J. E. In: Odours in wastewater treatment: measurement, modelling and control. Odour perception. Edited by Richard Stuetz and Franz-Bernd Frechen. IWA. 2001. 437p.

SILVA, G. P. Avaliação de incômodos olfativos emitidos pela suinocultura- Estudos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Fragosos e na região urbana do Município de Concórdia. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. 96 p. 2002.

SILVA, F. de A. S. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. Anais... Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

SILVA, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4,n.1,p71-78,2002.

SIAAP. Etude de faisabilité de la réduction des odeurs de la station d'épuration d'Achères: partie I-Rapport général de synthèse. Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement d'Agglomération Parisienne. Vol 2/3. Paris. France.1991. 97p.

SWEETEN, J.M.; LEVI, R.D. Résumé de la stratégie de gestion des nuisances olfactives. 1998. Disponível na internet em <http://www.gov.mb.ca/environ/pages/pubs98/sum988f.html>. Em 30/11/200.

TALOU, T. Un "nez électronique pour l'Industrie". La Recherche. 23. 1992. 1088-1089p.

TEETAERT, V. Etude de matériaux adsorbants pour le prélevement de composés volatils odorants. Application au prélevement d'un effluent industriel. Tese (doutorado em chimie et microbiologie de l'eau)-l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. France 1999.

TEIXEIRA, A. P. S.; VALOR, I. H. Problemática dos odores associados às estações de tratamento de águas residuais estudo caso "ETAR de S. João da Talha". Disponível em: <http://www.apesb.pt/Comunicações/com_41.htm>. Acesso em: 04 outubro 2001.

TRUPPEL A. Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. 188 p. 2002.

VAN HARREVELD, A. P. Odour management tools-filling the gaps. Water Science & Technology. Vol.50, nº 4, 1-8. 2004.

VDI 3882 part 1- VDI –Verein Deutscher Ingenieure. Olfatometry-Determination of odour intensity.1992.

VDI 3883 part 2 – VDI –Verein Deutscher Ingenieure. Effects and assessment of odours – Determination of Annoyance Parameters by Questioning –Repeated Brief Questioning of Neighbour Panellist. 1993.

VDI 3883 part 1 – VDI –Verein Deutscher Ingenieure. Effects and assessment of odours – Psychometric assessment of odour annoyance –Questionnaires.1997.

VIGNERON, S. The analysis of volatile pollutants (involving odours and dioxins) and dry control technologies of emissions. Material didatico do curso:European Degree Course in Eco-Integrated Mechanical Engineering. 1991. 33p. Material não publicado.

WOSNY, A. M. A estética dos odores: o sentido do olfato no cuidado de enfermagem hospitalar. Tese de doutorado. (Enfermagem)-Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. 144 p. 2001.

ZURITTA, M.L.L., LUCA, S.J., RODRIGUEZ, M.T.R. Avaliação do odor gerado por fonte estacionária, através da implantação de uma rede de monitoramento de incidência de odores. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999, Rio de Janeiro, p. 2832-2841.

APÉNDICE

ANEXO

Anexo 1-Tabela com as Substâncias e os Limites de Percepção olfativo

SUBSTÂNCIA	LPO-ppm em volume	Número CAS
Acetaldeído	0,21	75-07-0
Acetona	100,00	67-64-1
Ácido acético	1,00	64-19-7
Ácido butírico	0,001	107-92-6
Ácido clorídrico gasoso	10,00	
Acrilato de etila	0,00047	140-88-5
Acroleína	0,21	107-02-8
Acrilonitrila	1,4	107-13-1
Amônia	46,8	7664-41-7
Anilina	1,00	62-53-3
Benzeno	4,68	71-43-2
Bromo	0,047	7726-95-6
Cloreto de alila	0,47	107-05-1
Cloreto de benzila	0,047	100-44-7
Cloreto de metila	10,0	
Cloreto de metileno	214,0	75-09-2
Cloro	0,314	7782-50-5
Dicloreto de enxofre	0,001	10545-99-0
Dimetil amina	0,047	124-40-3
Dimetilacetamida	46,8	127-19-5
Dimetilformamida	0,001	68-12-2
Dimetilsulfeto	0,001	75-18-3
Dissulfeto de carbono	0,21	75-15-5
Estireno	0,1	100-42-5
Etanol (sintético)	10,0	64-17-5
Éter difenílico	0,1	101-84-8
Etil mercaptana	0,001	75-08-1
Fenol	0,047	108-95-2
Formaldeído	1,0	50-00-0
Fosfina	0,021	7803-51-2
Fosfogênio (COCL ₂)	0,10	75-44-5
Metacrilato de metila	0,21	80-62-6
Metanol	100,00	67-56-1
Metil etil cetona	10,00	78-93-3
Metil mercaptanametil	0,0021	74-93-1
Metilisol butil cetona	0,47	108-10-1
Monoclorobenzeno	0,21	108-90-7
Monometil amina	0,021	
Nitrobenzeno	0,0047	98-95-3
Paracressol	0,001	106-44-5
Para-xileno	0,47	
Percloroetileno	4,68	127-18-4

Continuação do anexo 1

Piridina	0,021	110-86-1
Sulfeto de benzila	0,0021	538-74-9
Sulfeto difenílico	0,0017	
Sulfeto de hidrogênio (a partir de Dissulfeto de sódio)	0,0047	7783-06-4
Sulfeto de hidrogênio gasoso	0,0047	
Tetracloroeto de carbono (a partir de dissulfeto de carbono)	21,4	
Tetracloroeto de carbono (a partir de da cloração de metano)	100,00	
Tolueno dissocianato	2,14	26471-62-5
Tolueno (do coque)	4,68	
Tolueno (do petróleo)	2,14	
Tricloroacetaldeído	0,0047	
Tricoetileno	21,4	79-01-6
Trimetil amina	0,00021	

Apêndice 1 - Questionário Geral para investigar os incômodos causados pelos maus odores

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR - LCQA



AValiação DO INCôMODO OCASIONADO PELOS ODORES

	Nunca	1 vez por semana	2 a 3 vezes por semana	Quase todos os dias 1 vez por semana	Todos os dias e várias vezes ao dia
1. Você sente algum odor que te incomoda?	0	1	2	3	4
2. Quais tipos de incômodos os odores provocam em você?	0	1	2	3	4
2a. Intranqüilidade					
2b. Náusea					
2c. Insônia					
2d. Irritação					
2e. Irritação na garganta					
2f. Irritação nos olhos					
2g. Vômito					
2h Dor de cabeça					
2i Perda do apetite					
2j Outros					
3. Você pode descrever esse odor?					
3 a. Ovo estragado.					
3b. Esgoto					
3c. Óleo queimado					
3d. Tinta					
3e. Fertilizante					
3f. Gasolina					
3g. Gás					
3h. Não sei					

4. O odor que você percebe:

- () Não incomoda 0
 () Incomoda um pouco 1
 () Incomoda 2
 () Incomoda muito 3
 () Incomoda extremamente 4

5. O odor que você percebe é:

- Muito fraco 1
- Fraco 2
- Médio 3
- Forte 4
- Muito forte 5

6. Qual o período do dia que o odor te incomoda?

- Manhã (6 a 12 horas)
- Tarde (12 as 18 horas)
- Noite (18 as 24 horas)
- Madrugada (24 as 6 horas)

7. Você sente mais odor desagradável quando o tempo está?

- Ensolarado
- Nublado
- Chuvoso
- Antes da chuva
- Independente da condição da meteorológica
- Não sei

8. Qual estação do ano é mais freqüente a percepção dos odores desagradáveis?

- Verão Outono Inverno Primavera Nenhuma Todas

9. Você sente o odor quando a direção do vento está?

- Norte Sul Leste Oeste Independente Não sei

10. Outras Informações

Idade:

Sexo:

Grau de escolaridade:

- Fumante
- Não fumante

Apêndice 2- Ficha para avaliação do impacto odorante pelo júri permanente

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL LABORATÓRIO DE CONTROLE E QUALIDADE DO AR - LCQAr		
		
Segunda-feira Dia.../.../..... Hora:..... Hora:..... Hora:.....	Você está sentindo algum tipo de odor? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, o odor que você sente : 1. Não incomoda () 2. Incomoda pouco () 3. Incomoda () 4. Incomoda muito () 5. Incomoda extremamente ()	Descreva o odor que você está sentindo: _____ _____
Terça-feira Dia.../.../..... Hora:..... Hora:..... Hora:.....	Você está sentindo algum tipo de odor? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, o odor que você sente : 1. Não incomoda () 2. Incomoda pouco () 3. Incomoda () 4. Incomoda muito () 5. Incomoda extremamente ()	Descreva o odor que você está sentindo: _____ _____
Quarta-feira Dia.../.../..... Hora:..... Hora:..... Hora:.....	Você está sentindo algum tipo de odor? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, o odor que você sente : 1. Não incomoda () 2. Incomoda pouco () 3. Incomoda () 4. Incomoda muito () 5. Incomoda extremamente ()	Descreva o odor que você está sentindo: _____ _____

<p>Quinta-feira</p> <p>Dia.../.../.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p>	<p>Por favor, cheire o ar ambiente. Você está sentindo algum tipo de odor?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Descreva o odor que você está sentindo: _____</p> <p>Se sim, o odor que você sente : _____</p> <p>1. Não incomoda ()</p> <p>2. Incomoda pouco ()</p> <p>3. Incomoda ()</p> <p>4. Incomoda muito ()</p> <p>5. Incomoda extremamente ()</p>
<p>Sexta-feira</p> <p>Dia.../.../.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p>	<p>Por favor, cheire o ar ambiente. Você está sentindo algum tipo de odor?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Descreva o odor que você está sentindo: _____</p> <p>Se sim, o odor que você sente : _____</p> <p>1. Não incomoda ()</p> <p>2. Incomoda pouco ()</p> <p>3. Incomoda ()</p> <p>4. Incomoda muito ()</p> <p>5. Incomoda extremamente ()</p>
<p>Sábado</p> <p>Dia.../.../.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p>	<p>Por favor, cheire o ar ambiente. Você está sentindo algum tipo de odor?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Descreva o odor que você está sentindo: _____</p> <p>Se sim, o odor que você sente : _____</p> <p>1. Não incomoda ()</p> <p>2. Incomoda pouco ()</p> <p>3. Incomoda ()</p> <p>4. Incomoda muito ()</p> <p>5. Incomoda extremamente ()</p>
<p>Domingo</p> <p>Dia.../.../.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p> <p>Hora:.....</p>	<p>Por favor, cheire o ar ambiente. Você está sentindo algum tipo de odor?</p> <p>() Sim () Não</p> <p>Descreva o odor que você está sentindo: _____</p> <p>Se sim, o odor que você sente : _____</p> <p>1. Não incomoda ()</p> <p>2. Incomoda pouco ()</p> <p>3. Incomoda ()</p> <p>4. Incomoda muito ()</p> <p>5. Incomoda extremamente ()</p>

