

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**AMOSTRAGEM E ANÁLISE DAS EMISSÕES ODORANTES DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Rudner Brancaloni Sapla

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**AMOSTRAGEM E ANÁLISE DAS EMISSÕES ODORANTES DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Rudner Brancalhon Sapla

Trabalho apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental

Orientador
Profº Dr. Paulo Belli Filho

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**AMOSTRAGEM E ANÁLISE DAS EMISSÕES ODORANTES DA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

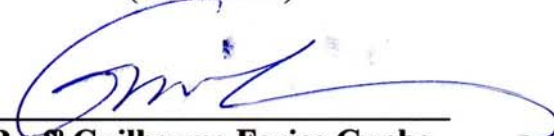
RUDNER BRANCALHONI SAPLA

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II**

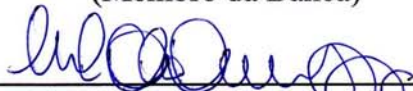
BANCA EXAMINADORA:



Profº Dr. Paulo Belli Filho
(Orientador)



Profº Guilherme Farias Cunha
(Membro da Banca)



Engª Marina Eller Quadros
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2007**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela vida, saúde, felicidade e paz.

Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos decisivos em minha vida.

Ao prof. Dr. Paulo Belli Filho, pela orientação durante o decorrer deste trabalho.

Ao Gilson Rodrigo de Miranda, pela co-orientação, paciência e colaboração na finalização deste trabalho.

À Marina Eller Quadros, pela disponibilidade e colaboração para realização deste trabalho.

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

À banca examinadora, Prof. Dr. Paulo Belli Filho, Prof. Guilherme Farias Cunha , Eng^a Marina Eller Quadros por terem aceitado participar da mesma e por suas valiosas considerações ao presente trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	08
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	09
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. ODORES.....	14
3.2. PERCEPÇÃO OLFATIVA.....	14
3.3. PRINCIPAIS FONTES DOS ODORES.....	15
3.4. NATUREZA DOS ODORES.....	15
3.5. CARACTERÍSTICAS DOS ODORES.....	16
3.5.1. QUALIDADE DE UM ODOR.....	17
3.5.2. HEDONICIDADE DE UM ODOR.....	17
3.5.3. INTENSIDADE DE UM ODOR.....	17
3.5.4. CONCENTRAÇÃO DE UM ODOR.....	18
3.6. ODORES E A SAÚDE.....	19
3.7. OLFATOMETRIA.....	19
3.8. AMOSTRAGEM DOS COMPOSTOS ODORANTES.....	19
3.8.1. AMOSTRAGEM SEM CONCENTRAÇÃO.....	20
SACOS PLÁSTICOS.....	20
AMPOLAS DE VIDRO.....	21
CONTÊINERES METÁLICOS.....	21
3.8.2. AMOSTRAGEM COM CONCENTRAÇÃO.....	21
AMOSTRAGEM POR ABSORÇÃO.....	21
AMOSTRAGEM POR ADSORÇÃO.....	22
3.9. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS.....	22
3.10. LEGISLAÇÃO PARA ODORES.....	23

3.10.1. LEGISLAÇÃO MUNDIAL.....	23
3.10.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.2. AMOSTRAGEM DOS GASES.....	25
4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	26
4.4. ANÁLISE DA CONCENTRÇÃO DO ODOR.....	30
4.5. ANÁLISE DA INTENSIDADE DO ODOR.....	32
4.6. ANÁLISE DA HEDONICIDADE DO ODOR.....	32
4.7. ANÁLISE DA QUALIDADE DO ODOR.....	33
5. RESULTADOS.....	34
5.1. CONCENTRAÇÃO DO ODOR.....	34
5.2. INTENSIDADE DO ODOR.....	34
5.3. HEDONICIDADE DO ODOR.....	37
5.4. QUALIDADE DO ODOR.....	40
5.5. RESUMO DOS RESULTADOS.....	43
6. CONCLUSÕES.....	44
7. REFERÊNCIAS.....	45

RESUMO

As emissões de odor de processos industriais eram aceitas como parte da sua atividade, mas nos últimos 20 anos odores se tornaram uma preocupação ambiental séria, particularmente quando associado com disposição de resíduos ou estações de tratamento. O presente trabalho tem como objetivo a amostragem e análise das emissões odorantes de uma estação de tratamento de efluentes. A área de estudo das emissões odorantes foi uma estação de tratamento de efluentes líquidos de uma indústria do ramo têxtil, localizada no estado de Santa Catarina. A técnica utilizada para a coleta dos odores foi a amostragem direta. Neste caso, a amostra passa por uma bomba diafragma pressão/vácuo, que possui interior revestido de inox, para não absorver odores. As amostras de ar foram coletadas em sacos fabricados em Tedlar. Foram coletados três sacos de Tedlar por ponto, ao todo foram definidos dez pontos de amostragem, totalizando trinta sacos amostrados. As amostragens foram realizadas em duas campanhas, que ocorreram nos dias 12 e 17 de dezembro de 2007. As amostras, então, foram levadas ao laboratório, onde os seguintes parâmetros através de análises olfatométricas foram avaliados: concentração odorante, intensidade, hedonicidade e caráter do odor. As análises determinaram, para maioria dos pontos, intensidade média de odor, hedonicidade negativa, ou seja, apresentam incômodos. Os resultados mostram que as emissões podem proporcionar incômodo olfativo em função do tempo de exposição.

Palavras Chaves: odor, olfatometria, estação de tratamento de efluente.

ABSTRACT

The emissions of odor of industrial processes were accepted as part of her activity, but in the last 20 years odors became if a serious environmental concern, particularly when associated with disposition of residues or treatment stations. The present work has as objective the sampling and analysis of the odour emissions of a wastewater treatment station. The area of study of the odor emissions was a wastewater treatment station of an industry of the textile branch, located in the state of Santa Catarina. The technique used for the collection of the odors was the direct sampling. In this case, the sample goes by a bomb diaphragm pressure/vacuum, that it possesses covered inside of inox, for not absorbing odors. The samples of air were collected in sacks manufactured in Tedlar that are resistant to the adsorption of odors and they form barrier to gasses. These have approximate capacity of 60 liters of air. Three sacks of Tedlar were collected by point, to the whole they were defined ten sampling points, totaling thirty sacks. The samplings were accomplished in two campaigns, that happened in the 12 and December 17, 2007. The samples, then, they were taken to the laboratory, where the following parameters through olfatometric analysis were appraised: concentration, intensity, hedonistic and character of the odor. Analises determined, in most samples, an average odor intensity and negative hedonic tones, which demonstrate annoyance. Results showed that these emissions can cause olfactive annoyance with time.

Key-words: odor, olfatometric, wastewater treatment station.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1: Sacos plásticos tedlar usado para amostragem.....	20
Figura 4.1: Sistema de amostragem direta.....	25
Figura 4.2: Localização dos pontos de amostragem.....	26
Figura 4.3: Amostragem no ponto 1 – vizinhança.....	27
Figura 4.4: Amostragem no ponto 2 – Vizinhança.....	27
Figura 4.5: Amostragem no ponto 3 – Vizinhança.....	27
Figura 4.6: Amostragem no ponto 4 – Adensador de lodo.....	28
Figura 4.7: Amostragem no ponto 5 – Decantador Secundário.....	28
Figura 4.8: Amostragem no ponto 6 – Tanque com peixes.....	28
Figura 4.9: Amostragem no ponto 7 – Tanque aerado (jusante do sistema).....	29
Figura 4.10: Amostragem no ponto 8 – Tanque aerado (entrada do efluente).....	29
Figura 4.11: Amostragem no ponto 9 – Tanque de equalização.....	29
Figura 4.12: Amostragem no ponto 10 – Tanque de equalização.....	30
Figura 4.13: Componentes do sistema do olfatômetro ODILE 2000.....	30
Figura 4.14: Saídas de ar propostas a um jurado.....	31
Figura 4.15: Apresentação das soluções de 1-Butanol.....	32
Figura 4.16: Roda de odor.....	33
Gráfico 5.1: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.....	34
Gráfico 5.2: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.....	35
Gráfico 5.3: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.....	35
Gráfico 5.4: Intensidade odorante nas proximidades do adensador de lodo.....	35
Gráfico 5.5: Intensidade odorante no decantador secundário.....	36
Gráfico 5.6: Intensidade odorante no tanque com peixes.....	36
Gráfico 5.7: Intensidade odorante no tanque de aeração.....	36
Gráfico 5.8: Intensidade odorante no equalizador.....	37
Gráfico 5.9: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.....	38
Gráfico 5.10: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.....	38
Gráfico 5.11: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.....	38
Gráfico 5.12: Hedonicidade odorante nas proximidades do adensador de lodo.....	39
Gráfico 5.13: Hedonicidade odorante no decantador secundário.....	39
Gráfico 5.2: Hedonicidade odorante no tanque com peixes.....	39
Gráfico 5.15: Hedonicidade odorante no tanque aerado.....	40
Gráfico 5.16: Hedonicidade odorante no equalizador.....	40
Gráfico 5.17: Caráter do odor na vizinhança da Karsten.....	41
Gráfico 5.18: Caráter do odor nas proximidades do adensador de lodo.....	41
Gráfico 5.19: Caráter do odor no decantador secundário.....	41
Gráfico 5.20: Caráter do odor no tanque com peixes.....	42
Gráfico 5.21: Caráter do odor no tanque de aeração.....	42
Gráfico 5.22: Caráter do odor no equalizador.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Limites de percepção e toxicidade de alguns compostos odorantes.....	16
Tabela 3.2: Intensidade dos odores para piridina e 1-butanol.....	18
Tabela 3.3: Escala de categoria do odor.....	18
Tabela 3.4: Soluções absorventes para compostos odorantes.....	22
Tabela 3.5: Adsorventes utilizados na amostragem.....	22
Tabela 4.1: Intensidade dos odores para piridina e 1-butanol.....	32
Tabela 5.1: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica.....	34
Tabela 5.2: Resumo dos resultados obtidos.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AFNOR	Associação Francesa de Normas Técnicas
ASTM	Sociedade Americana para Testes de Materiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EN	Norma Européia
ENS	Engenharia Sanitária e Ambiental
ETEI	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
LCQAr	Laboratório de Controle da Qualidade do Ar
LPO	Limite de Percepção Olfativa
MIS	Maximun Impact Standarts
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UO	Unidade de Odor
VDI	Associação Alemã de Engenharia

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar pode ser definida como a introdução na atmosfera de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades dessa atmosfera, afetando, ou podendo afetar a saúde e qualidade de vida das espécies animais ou vegetais. O desenvolvimento das indústrias e das cidades tem originado um crescimento da emissão de poluentes atmosféricos. O acréscimo das concentrações atmosféricas destas substâncias, a sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais pode ser responsável por graves danos à saúde e ao meio ambiente. A poluição do ar mais fortemente e imediatamente notada em uma comunidade são os odores, juntamente com as poeiras (BELLI e LISBOA, 1998).

A preocupação com os odores, nos últimos anos, tornou-se um tópico importante para diversas indústrias em todo o mundo. Algumas instalações industriais são freqüentemente associadas como fontes de maus odores que causam verdadeiros tormentos às populações envolvidas. Estes tipos de instalações abrangem as indústrias químicas e petroquímicas, as indústrias de papel e celulose, as agroindústrias e as estações de tratamento de resíduos (líquidos, sólidos e de dejetos de animais) entre outras.

Com a redução das distâncias entre as zonas residenciais e industriais, bem como entre as áreas agrícolas e residenciais, reclamações, preocupações com a saúde e litígios, devidos a odores, tornaram-se prioridades. Os odores, às vezes, se manifestam de forma violenta e desagradável, contribuindo, muitas vezes, para a perturbação do bem estar em geral. (CABRAL, 2003). Mundialmente as reclamações em relação aos odores representam mais de 50% das denúncias ambientais encaminhadas pela população aos órgãos de controle ambiental (SCHIMER, 2004).

Embora combinações odoríferas não sejam necessariamente tóxicas ou perigosas para saúde humana, foi demonstrado que o bem-estar psicológico e comportamento das pessoas são influenciados negativamente através de exposição a odores. Historicamente, as emissões de odor de processos industriais eram aceitas como parte da sua atividade, mas nos últimos 20 anos odores se tornaram uma preocupação ambiental séria, particularmente quando associado com disposição de resíduos ou estações de tratamento. (SIRONI et al., 2005)

As atividades industriais, agrícolas ou domésticas geram incômodos olfativos através de diferentes processos químicos ou biológicos, como: decomposições térmicas, aeróbicas e anaeróbicas. Entre as indústrias destacam-se as químicas e petroquímicas, indústrias de papel e celulose, agroindústrias, indústrias de processamento de alimentos e ração e as estações de tratamento de resíduos as principais fontes odorantes (CARMO, 2005).

O odor pode ser definido como a percepção experimentada quando uma ou mais substâncias químicas entram em contato com os receptores dos nervos olfativos. Já o termo odorante a alguma substância química no ar que é parte da percepção do odor (MUNIZ, 2007). A determinação 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 (CARMO, 2005).

Para análise do odor, no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, são utilizadas as técnicas de análise físico-química e olfatométrica. A análise físico-química usa a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, sendo capaz

de separar, identificar e quantificar diversos compostos odorantes que fazem parte do odor. A análise olfatométrica faz uso de um equipamento denominado de olfatômetro de diluição dinâmica, que é capaz de determinar o Limite de Percepção Olfativa ou Limite de Odor de um composto odorante ou de um odor.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como **objetivo geral**, a amostragem e análise das emissões odorantes de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria têxtil para se obter o perfil odorante da mesma.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Assim, dentro da temática de estudo foram estabelecidos **objetivos específicos**:

- Determinação da concentração do odor com a utilização de um olfatômetro de diluição dinâmica (marca Odile, versão 2000);
- Determinação da intensidade do odor;
- Determinação da hedonicidade do odor;
- Determinação do caráter do odor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ODORES

Os odores são sensações resultantes de moléculas químicas voláteis (orgânicas ou minerais) que reagem com a mucosa nasal (BELLI e LISBOA, 1998; PROKOP, 1986 apud SCHIMER, 2004).

As substâncias que causam a sensação de odor são chamadas odorantes (WEF, 1995 apud SCHIMER, 2004). A mesma irá depender da natureza e concentração da substância odorante no ar (CARMO, 2005).

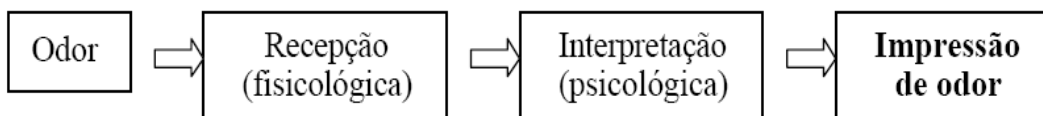
As principais fontes de odores são as atividades humanas, industriais, agrícolas ou domésticas (LE CLOIRE et al, 1991 apud CARMO, 2005).

3.2. PERCEPÇÃO OLFATIVA

A percepção de odores pelos seres humanos varia muito de indivíduo para indivíduo devido a concentrações e natureza dos compostos, além, da idade, gênero e estado de saúde de cada um. Estudos mostram que a sensibilidade olfativa diminui com o aumento da idade (CARMO, 2005).

Segundo Saskia (2001) e Shusterman (1992) apud Muniz (2007), a percepção de odor pode ser considerada como a resposta para os compostos voláteis ativos que atravessam a narina. Durante a respiração normal, moléculas químicas passam pela parte superior dos receptores olfativos, atrás da cavidade nasal. Os nervos olfativos enviam sinais para o cérebro, que cria uma resposta psicológica, devido ao fato dos odores invadirem o corpo e após se instalarem na memória e permanecerem arquivados nela (McGINLEY et al, 2004 apud MUNIZ, 2007).

Stuetz (2001) apud Schimer (2004) descreve a seguir um modelo simples da percepção humana ao odor. 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 percepção de um odor coloca o indivíduo em um estado de alerta, que pode acarretar um desconforto (odor desagradável) ou um bem-estar (odor agradável), mas também pode colocar em um estado de vigilância, para possível risco toxicológico. A percepção humana dos odores é função da concentração da mistura odorante. Geralmente, os valores de limites de percepção são inferiores aos valores limites de toxicidade, alertando o indivíduo da presença de um composto, sem que haja, necessariamente, indução a um risco tóxico (TEETAERT, 1999 apud CARMO, 2005).

Uma exposição contínua a um odor tem por consequência o fenômeno de adaptação e a outro fenômeno chamado fadiga olfativa. Nesta última o indivíduo tem a incapacidade de perceber um odor próximo do limite olfativo, e até mesmo quando submetido a concentrações mais elevadas do mesmo odor. Este fenômeno explica a

falta de reação olfativa de vários indivíduos diante dos odores que encontram em seus locais de trabalho. A fadiga pode ser uma variável de perigo no caso onde os odores inalados são de risco tóxico (DE MELO LISBOA et al, 2002 apud CABRAL, 2003).

3.3. PRINCIPAIS FONTES DE ODORES

Os compostos odorantes são resultantes de processos químicos ou biológicos, originados naturalmente ou por atividades industriais (KOWAL, 1993 apud SCHIMER, 2004). Atividades municipais, agrícolas e industriais são fontes de odores. Quanto às origens municipais destacam-se os odores de Estações de Tratamento de Esgotos, sistemas de drenagem e aterros sanitários. Em relação às fontes agrícolas destacam-se o que está relacionado à criação de animais, aviários, compostagem e outras operações que geram biomassa, além de operações com pesticidas. Quanto às origens industriais podem ser destacadas as indústrias de polpa de frutas, moinhos de refinamento de grãos, refinarias de petróleo, plantas de vapor geotermal, fundições, queimadores, frigoríficos, operações de pinturas e polimento de peças, locais com resíduos perigosos, além de outros (SHUSTERMAN, 1992 apud MUNIZ, 2007).

As fontes odorantes, segundo Le Cloirec et al. (1991) e Teetaert (1999) apud Carmo (2005), são divididas em duas grandes categorias:

- Odores provenientes da fermentação, ou seja, da transformação de substâncias orgânicas ou minerais em compostos voláteis por processos aeróbicos ou anaeróbicos. Por exemplo, as indústrias ligadas a resíduos sólidos ou líquidos, ou qualquer atividade que necessite de processo biológico;
- Odores de indústria de transformação, como perfumaria, agroalimentar, química, etc. Neste caso, os odores podem ser provenientes da matéria-prima, produto intermediário ou final, ou ainda do subproduto. Essas fontes são de linhas de produção: armazenamento, secagem, síntese, manutenção, etc.

3.4. NATUREZA DOS ODORES

Le Cloirec et al (1991) apud Schimer (2004) consideram os compostos odoríferos como uma mistura de gases compreendendo as seguintes famílias de compostos:

- compostos nitrogenados: amônia, aminas (metil-, etil-, dimetil-, ...), heterociclos;
- compostos sulfurados: ácido sulfídrico, sulfetos (metil-, etil-, propil-, ...), mercaptanas (isoamil-, metil-, etil-, propil-, isopropil-, butil-, isobutil-, t-butil-, ...);
- compostos oxigenados: acrilatos, butiratos, acetatos, éteres (etil-, isopropil-, butil-, fenil-, ...), ésteres (etílicos e metílicos), ácidos orgânicos (fórmico, acético, propiônico, butírico, valérico, capróico, ...), aldeídos (form-, acet-, propion-, ...), cetonas (acetona, metiletil-, dietil-, metilisobutil-, pentanona-2, heptanona-2, ...), álcoois (metanol, etanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol, heptanol, ...), fenóis (fenol e cresol), etc.;
- hidrocarbonetos: alcanos (etano, propano, butano, pentano, ciclobutano, ...), alcenos (eteno, propeno, 1-buteno, 2-buteno, isobuteno, 1-penteno, 1-deceno), aromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos), etc.

A Tabela, a seguir, mostra alguns dos compostos odorantes com seus limites de percepção, geralmente inferior aos limites de toxicidade.

Tabela 3.1 – Limites de percepção e toxicidade de alguns compostos odorantes

Composto	Limite de toxicidade	Limite de percepção
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
Acetaldeído	78,0	0,21
Ácido acético	8,0	1
Ácido butírico	-	0,001
Ácido clorídrico	4,0	10
Acetona	780,0	100
Acroleína	0,08	0,21
Acrilonitrila	16,0	21,4
Amoníaco	20,0	46,8
Anilina	4,0	1
Benzeno	10	4,68
Bromo	0,1	0,047
Cloro	0,08	0,314
Cloreto de benzila	0,08	0,047
Dimetil amina	8,0	0,047
Dimetil formamida	8,0	100
Dióxido de enxofre	4,0	0,47
Etil mercaptana	0,4	0,001
Formaldeído	1,6	1
Metil etil cetona	155,0	10
Metil isobutil cetona	78,0	0,47
Metil mercaptana	0,4	0,0021
Metil metacrilato	78,0	0,21
Monoclorobenzeno	60,0	0,21
Nitrobenzeno	0,08	0,0047
Paracresol	4,0	0,001
Paraxileno	78,0	0,47
Percloroetileno	78,0	4,68
Fenol	4,0	0,047
Piridina	4,0	0,021
Estireno	78,0	0,047
Sulfeto de dimetila	-	0,001
Ácido sulfídrico	8,0	0,00047
Tetracloroeto de carbono	8,0	100
Tolueno	78,0	2,14
Tricloroetileno	78,0	21,4
Trimetilamina	-	0,00021

Fonte: Schimer (2005)

3.5. CARACTERÍSTICAS DOS ODORES

A sensação causada pela percepção de um odor pode ser caracterizada sob três aspectos: qualitativo (caráter), hedonicidade (agradável ou desagradável) e intensidade.

3.5.1. QUALIDADE DE UM ODOR

A qualidade de um odor é uma medida subjetiva, usando uma linguagem de analogia baseada em interpretações pessoais, como exemplo: cheiro de fruta, de peixe, de ovo. As respostas aos odores são influenciadas significativamente por esta característica. O cheiro lembra uma substância (STUETZ e FRENCHEN, 2001 apud CARMO, 2005).

A qualidade do odor ou caráter do odor, como também é conhecida, é uma escala nominal. Odor é caracterizado utilizando um vocabulário de referência para gosto e sensação de odor. A tonalidade afetiva de um odor pode ser agradável, aceitável, desagradável ou intolerável. A sensação olfativa é individual, portanto, as noções são muito subjetivas (FERNANDES, 1997 apud SCHIRMER, 2004).

3.5.2. HEDONICIDADE DE UM ODOR

O valor hedônico é uma medida da agradabilidade de um odor, caracterizando um odor como sendo ou não prazeroso. A polaridade prazer/desprazer é acompanhada de forte regularidade na sensação olfativa (SCHIRMER, 2004).

Valor hedônico é derivado da palavra hedonístico. A palavra grega hedone quer significa prazer. O valor hedônico não depende do caráter do odor (McGINLEY E McGINLEY, 2002 apud CARMO, 2005).

Segundo Le Cloirec et al. (1991) apud Cabral (2003) o primeiro reflexo de um indivíduo é determinar a hedonicidade antes de indentificar o odor. A hedonicidade é baseada na classificação do odor como: agradável, aceitável, desagradável ou intolerável. Esta classificação é subjetiva, já que a adaptação de um indivíduo a um odor está ligada à concentração do mesmo (LE CLOIREC et al., 1998 apud CABRAL, 2003).

3.5.3. INTENSIDADE DE UM ODOR

A intensidade do odor refere-se à percepção do indivíduo a força de um odor, sem considerar sua qualidade (RIBEIRO, 2003 apud CABRAL, 2003). A norma ASTM E544-97 descreve dois métodos referenciando a intensidade de ambientes com odor: Procedimento A - Método da escala dinâmica; e Procedimento B - Método da escala estática.

O método dinâmico envolve o uso de um olfatômetro e de um júri de pessoas. O júri compara a intensidade observada de uma amostra de odor, a um nível de concentração específico do odorante padrão (butanol). A intensidade do odor é obtida quando a igualdade é encontrada entre a intensidade do odor e a intensidade de uma das concentrações do odorante de referência (GOSTELOW et al., 2000 apud CARMO, 2005).

O método da escala estática se refere ao método estático, uma série de frascos 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 apud CARMO, 2005).

A série de concentrações de butanol diluídas em água recomendadas conforme a norma francesa AFNOR (1990a) para piridina e 1-butanol está representada na tabela 2. Segundo a norma VDI 3882-Parte 1 (determinação de intensidade do odor), para avaliar a intensidade de odor da amostra inalada, o júri deve classificar sua impressão de odor de acordo com o conceito especificado seguindo a escala mostrada na Tabela 3.

Tabela 3.2 – 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: AFNOR 1990 apud Schimer, 2004.

Tabela 3.3 – Escala de categoria do odor

Odor	Nível de intensidade
Extremamente forte	6
Muito forte	5
Forte	4
Distinto	3
Fraco	2

Fonte: VDI 3882-Parte I apud SCHIMER, 2004.

O método da escala estática tem um custo de instalação mais baixo comparado ao olfatômetro, com isso tem sido incorporado como padrão em muitos laboratórios (McGinley C. e McGinley M., 2000 apud CARMO, 2005).

3.5.4. CONCENTRÇÃO DE UM ODOR

Segundo a VDI 3881- Part 1 (1986) e VDI 3882 - Part 1 (1992) pud Carmo 2005, a concentração odorante de uma amostra gasosa 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 .

Segundo Boose e Reusing (2002) apud Muniz (2007) uma UO é a medida do LPO de um odor, que pode ser entendida como o número de unidades de volumes de gás inodoro requerido para diluir um volume unitário de gás odorante até alcançar o LPO.

3.6. ODORES E A SAÚDE

Os efeitos dos odores sobre a saúde humana ainda são muito difíceis de serem quantificados, mas já foram relatados e documentados sintomas atribuídos aos odores como 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, entre outros. Estudos mostram evidências que determinados odores podem induzir alterações fisiológicas e morfológicas, sobretudo do sistema respiratório cardiovascular (Álvares Jr et. al, 2002 apud CARMO,2005).

Os sintomas, geralmente, aparecem logo nos primeiros contatos com os odores e diminuem (ou desaparecem) depois de cessada a exposição. Já, os indivíduos mais suscetíveis, como asmáticos ou alérgicos, tendem a permanecer com os sintomas por um período maior além de poder ter seu quadro clínico agravado por essa exposição (SCHIFFMAN, 2001 apud SCHIMER, 2004).

3.7. OLFATOMETRIA

Olfatometria é uma técnica de avaliação da resposta de um júri a um estímulo olfativo. Baseando-se na importância das mucosas olfativas como os únicos captadores disponíveis na avaliação dos odores. Nestes estudos, o detector disponível para avaliação dos odores é o sistema olfativo do ser humano, encarregando-se de discriminar e identificar os corpos odorantes (BELLINI e LISBOA, 1998 apud CARMO, 2005).

Segundo Perrin (1994) apud Carmo (2005), 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.

Na olfatometria, o aparelho utilizado é o olfatômetro. Este 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 limite de percepção e intensidade do ar odorante avaliado (SCHIMER, 2004).

Para júri é recomendável, segundo a norma francesa AFNOR X 43-101 (1986) apud Cabral (2003), pelo menos:

- 16 pessoas, quando se deseja obter um valor representativo do valor de um limite de percepção;
- 8 pessoas na maioria das análises;
- 4 pessoas para medidas comparativas.

3.8. AMOSTRAGEM DOS COMPOSTOS ODORANTES

Segundo Le Cloirec et al. (1991) apud Cabral (2003) a técnica de amostragem de compostos gasosos depende:

- da integridade dos gases coletados;
- da adequação do procedimento de amostragem em relação à técnica de análise;

- da estabilidade dos gases que devem ser armazenados sem perda pelas paredes do sistema de coleta;
- controle contra contaminação.

A utilização de um método de amostragem adequado é de grande importância para a análise dos compostos odorantes, já que o gás amostrado pode conter vários compostos com propriedades diferentes, como massa molecular, função química, concentrações variáveis, níveis de odor e volatilidades distintas. A escolha depende principalmente das características das amostras a serem analisadas. Quando a concentração do composto no ar é elevada, a análise direta é possível sem a necessidade de concentrar as amostras. Caso contrário, torna-se necessária a pré-concentração da amostra para sua análise (LE CLOIREC et al, 1991 apud SCHIMER, 2004).

3.8.1. AMOSTRAGEM SEM CONCENTRAÇÃO

Quando a concentração do composto odorante é elevada, esta técnica é utilizada de modo a permitir sua caracterização. Neste tipo de amostragem utilizam-se, para coletar os compostos mal odorantes, sacos em materiais plásticos, ampolas em vidro e contêiner metálicos (SCHIMER, 2003).

Amostras de ar para análise olfatométrica são usualmente coletadas em sacos plásticos e transportadas para análise em laboratório (Frechen, 2000 apud CARMO, 2005).

SACOS PLÁSTICOS

Os materiais utilizados na confecção das sacolas são geralmente de: Teflon, Tedlar, Mylar, ou ainda polímeros como o polietileno, polipropileno, PVC, poliamidas, dentre outros. Estes materiais devem ter como propriedade comum impedir a interação dos compostos amostrados com as paredes internas dos sacos (LE CLOIREC, 1998 apud SCHIMER, 2003).



Figura 3.1 – Sacos plásticos tedlar usado para amostragem

Os sacos tedlar aparecem bem adaptados às coletas dos gases, já que as perdas por adsorção pelas suas paredes são muito baixas. Os sacos podem ser reutilizados desde que haja uma limpeza com ar puro e verifique se há ausência de compostos residuais (LE CLOIREC et al., 1991 apud CABRAL, 2003).

AMPOLAS DE VIDRO

As ampolas de vidro têm como desvantagem a capacidade de amostragem inferior aos sacos, o volume compreende a valores entre 0,25 e 3,0 litros. Geralmente, os frascos de vidro são constituídos por dois registros de Teflon para evitar contaminação, onde o ar a ser avaliado pode ser coletado por circulação, aspiração ou depressão. Estes frascos são utilizados na coleta de gases inertes, não sendo recomendados para a amostragem de compostos reagentes (LE CLOIREC, 1998 apud SCHIMER, 2004).

CONTÊINERES METÁLICOS

Os contêineres, também conhecidos como “canisters”, são fabricados em aço inoxidável e são muito utilizados, principalmente na América do Norte. As paredes internas recebem um tratamento de polimento e de desativação eletrostática para inertização do material. São utilizados na coleta de gases inertes, apresentando capacidade de armazenamento que varia de um até várias dezenas de litros, sendo possível amostrar volumes de gás maiores do que no caso das ampolas. Possuem elevada resistência, o que acaba favorecendo sua utilização em campo (LE CLOIREC, 1998 apud SCHIMER, 2004).

3.8.2. AMOSTRAGEM COM CONCENTRAÇÃO

Quando a concentração do composto odorante presente no ar está abaixo dos limites de detecção dos métodos analíticos torna-se necessário a concentração dos gases na amostragem. Para este caso são indicados os seguintes procedimentos: amostragem por absorção e amostragem por adsorção (BELLI e LISBOA, 1998 apud CABRAL, 2003).

AMOSTRAGEM POR ABSORÇÃO

Na amostragem de absorção, os compostos ou grupos odorantes são fixados em soluções específicas ou precipitados para posterior análise (CABRAL, 2003).

A amostragem por absorção consiste na inserção do gás a ser analisado em meio líquido reativo, sendo posteriormente quantificado por análise gravimétrica ou fotométrica. A eficiência da absorção depende da natureza dos poluentes, da concentração destes compostos no gás, da geometria do sistema absorvedor, da vazão do gás e da temperatura da solução absorvente. As soluções absorventes são escolhidas em função da natureza do composto e da análise a ser feita, também devem permitir uma rápida e integral captura dos gases (LE CLOIREC et al, 1991

apud SCHIMER,2004). A tabela 3 mostra os produtos odorantes e as soluções absorventes.

TABELA 3.4 – Soluções absorventes para compostos odorantes

Gases odorantes	Soluções absorventes	
SO ₂	H ₂ O ₂	
NH ₃	HCl 0,1 N ou H ₃ BO ₃	0,5 %
Aminas	HCl	0,1N
Aldeídos e Cetonas	NaHSO ₃	4 ‰
H ₂ S e Mercaptanas	HgCl ₂	4 ‰

Fonte: Le Cloirec et al (1991) apud Schimer (2003).

AMOSTRAGEM POR ADSORÇÃO

A amostragem por adsorção é um métodos mais utilizados devido à simplicidade do processo, da precisão do processo de análise e por cobrir praticamente todos os compostos. O procedimento consiste em passar um volume conhecido de um gás através de um cartucho contendo substâncias adsorventes. Este volume é em função da concentração do poluente no gás (LE CLOIREC, 1998 apud SCHIMER, 2003). A aspiração do ar é feita por pequenas bombas manuais que garantem o volume amostrado já que a vazão pode ser avaliada em laboratório (LISBOA,1996 apud SCHIMER, 2003). A tabela 4 mostra os adsorventes empregados geralmente.

TABELA 3.5 – Adsorventes utilizados na amostragem

Compostos ou grupos odorantes	Adsorventes
Ácidos orgânicos	Carbotrap, XAD, Tenax
Hidrocarbonetos	Carvão ativado
Mercaptanas e enxofres orgânicos voláteis	Carvão ativado ou Tenax
Amônia	Na ₂ CO ₃ 5 % sobre Chromosorb
Aminas	Sílicagel ativada
Álcoois	Sílicagel ativada
Gás de escape de veículos	Sílicagel

Fonte: Le Cloirec, 1991 apud Schimer, 2003

3.9. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Os compostos orgânicos voláteis (COV) têm sido associados à presença de odores (BELLI, 1998). Em geral, são definidos como compostos orgânicos de elevada pressão de vapor e são facilmente vaporizados às condições de temperatura e pressão ambientes. (CHU et al, 2001 apud SCHIMER, 2004).

Compostos orgânicos voláteis são usados como sinônimo de solvente orgânico, tendo diferentes metodologias de acordo com o país ou organização para definir o mesmo (DEWULF et al, 2002 apud PICELLI, 2005). No Brasil, são definidos como compostos orgânicos com alta pressão de vapor e que são facilmente vaporizados em condições de temperatura ambiente e pressão, possuindo pontos de ebulição na faixa

de 50°C a 260°C, exceto o metano (DE MELLO LISBOA et al, 2003a apud PICELLI, 2005).

Os compostos são principalmente emitidos na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis pela frota veicular, processos industriais que utilizam solventes orgânicos, refinação do petróleo e pela natureza, em processos metabólicos de certos vegetais (PICELLI, 2005).

As concentrações de COV são influenciadas pela emissão, dispersão, deposição e reações fotoquímicas. As fontes biogênicas e antropogênicas contribuem para a concentração de COV na atmosfera. Nas áreas rurais predominam as emissões de origem biogênica e nas industriais predominam as emissões de origem antropogênica (HANSEN e PALMGREN, 1996 apud SCHIMER, 2004). A emissão de solventes orgânicos é o principal problema relacionado às fontes antropogênicas (CUNNINGHAM, 1996 apud SCHIMER, 2004). Os solventes orgânicos são usados em um grande número de aplicações industriais. (LIEBSCHER, 2000 apud SCHIMER, 2004).

Estudos já realizados sobre COV dizem que sua emissão na atmosfera pode aumentar a absorção e emissão de radiação infravermelha, retardando a perda de calor da terra, afetando clima e temperatura do planeta. Quando combinados com NO_x, em presença de luz, sofrem oxidação fotoquímica, produzindo o “smog” fotoquímico (KHAN e GHOSHAL, 2000 apud SCHIMER, 2004).

Além disso, muitos COV são conhecidos pelos seus efeitos danosos sobre o conforto e saúde humana. Um efeito de desconforto é o mau odor, já os efeitos danosos a saúde pode ser citado: a irritação em membranas mucosas (olhos, nariz e garganta), stress psicológico e reações toxicológicas (MIRANDA, 2007).

A emissão de COV tem, basicamente, efeitos diretos e indiretos sobre o homem e o meio ambiente receptor. Quanto aos efeitos diretos, o risco toxicológico principal é ocasionado pela inalação. No caso dos solventes, o homem tem os seguintes sintomas: relaxamento da atenção, diminuição dos reflexos, náuseas, dores de cabeça ou vertigens; o contato em longo prazo pode produzir problemas mais graves tais como eczemas, irritação das mucosas oculares e nasais, doenças pulmonares e do fígado, rins e sangue. As altas concentrações, muitos COV constituem narcóticos em potencial, podendo atacar o sistema nervoso central (GONZALEZ, 1990 apud SCHIMER, 2004).

Quanto aos efeitos indiretos, a transferência de COV presentes no ar para a água ocasiona inúmeros problemas, como por exemplo: a água potável é alterada pela presença destes poluentes. Estes podem ser adsorvidos em superfícies sólidas (argila, lama e outros) sendo desorvidos em outros meios naturais (SCHIMER, 2004).

3.10. LEGISLAÇÃO PARA ODORES

3.10.1. LEGISLAÇÃO MUNDIAL

Na Suíça, impacto muito alto não é tolerado. Ele é considerado “muito alto” se uma porção relevante da população sente-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 o melhor termômetro para avaliar o desconforto (FRENCH, 2001 apud CARMO, 2005).

Na Alemanha, a legislação surgiu após a 2ª Guerra Mundial e é comparativamente velha e algumas regulamentações não são precisas. As leis apenas sugerem como resolver os problemas. No estado mais populoso e industrializado da Alemanha, Northrhine-Westphalia, desenvolveu e testou uma regulamentação para o modelo MIS (Maximun Impact Standarts), usando medidas para avaliar o desconforto e fazer inspeção em nível de campo. As normas estabelecem uma concentração de impacto do odor de 1 UO/m³, a concentração limite de impacto limita a percentagem de tempo, para o qual a concentração mais alta de impacto é tolerada (FRENCH,2001 Apud CARMO, 2005).

Na Bélgica, há limites gerais para as emissões de compostos orgânicos e inorgânicos, o que nem sempre evita os mal odores. A metodologia de controle é descrita no alvará e aprovada pelo órgão ambiental. Em caso de reclamações, a empresa é obrigada a fazer um estudo para avaliar o impacto na vizinhança. Se o impacto é significativo, deverá ser elaborado um projeto técnico para resolver o problema juntamente com um planejamento que assegure o tempo de implementação do projeto (STUETZ e FRENCHEN, 2001 apud CABRAL, 2003).

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

No Reino Unido, o órgão da Ação de Proteção do Meio Ambiente contempla o aspecto legal dos odores desagradáveis e, geralmente, são estabelecidos os padrões de emissão com referência aos odores. Não está contemplada a concentração de impacto dos odores ou o percentual de tempo, apenas retrata de modo geral as situações relativas aos incômodos odorantes (SCHIMER, 2004).

Nos Estados Unidos não existe regulamentação federal para os odores, sendo de competência dos Estados e às vezes dos governos locais. Os odores não devem causar incômodos, mas esses podem ser definidos de várias maneiras. Considera-se incômodo algo que interfere na qualidade de vida das pessoas, na avaliação econômica das propriedades ou no desenvolvimento das atividades (CABRAL, 2003).

3.10.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A Resolução CONAMA, n° 03, de 28.06.90, em conformidade com o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, fixa os padrões nacionais de qualidade do ar para os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio, porém não estabelece padrões de emissão ou limites de emissão de substâncias odoríferas na atmosfera. Entretanto, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do ar entende como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora. Assim, quando se necessita de padrões para determinar a medida de odor, deve-se buscar um entendimento entre as partes ou valer-se de legislações internacionais.

No estado de Santa Catarina, o Decreto n° 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.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo das emissões odorantes foi uma estação de tratamento de efluentes líquidos de uma indústria do ramo têxtil, localizada no estado de Santa Catarina. O tratamento dos efluentes é feito pelo sistema biológico, físico-químico, obtendo eficiência, segundo a empresa, próxima de 100% de remoção da carga poluente, sendo tratada uma vazão de 190 metros cúbicos por hora.

O processo de beneficiamento têxtil gera emissões de poluentes sólidos, gasosos e líquidos. A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos, sendo que estes geralmente são coloridos, mesmo contendo pequenas quantidades de corantes. Os efluentes líquidos da indústria têxtil são tóxicos e geralmente não biodegradáveis e também resistentes à destruição por métodos de tratamento físico-químico. A não biodegradabilidade dos efluentes têxteis se deve ao alto conteúdo de corantes (10 a 15% dos corantes não fixados são enviados ao rio), surfactantes e aditivos que geralmente são compostos orgânicos de estruturas complexas.

4.2. AMOSTRAGEM DOS GASES

A técnica utilizada para a coleta dos odores foi a amostragem direta. Neste caso, a amostra passa por uma bomba diafragma pressão/vácuo, que possui interior revestido de inox, para não absorver odores. As amostras de ar foram coletadas em sacos fabricados em Tedlar que são resistentes à adsorção de odores e formam barreira a gases. Estes têm capacidade aproximada de 60 litros de ar.

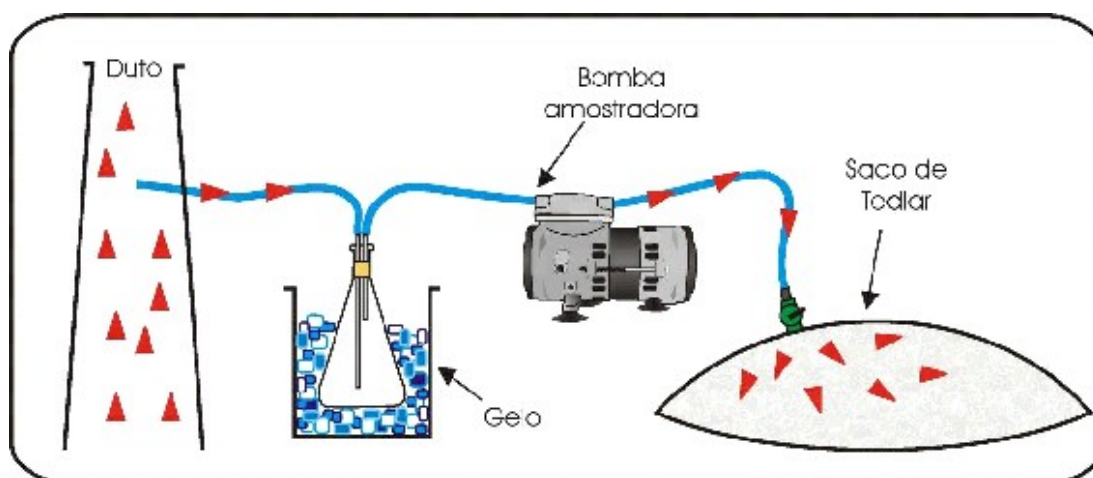


Figura 4.1 – Sistema de amostragem direta

Para amostras com alta temperatura ou alta umidade, é usado um sistema de resfriamento da amostra para condensação da umidade excedente, já para amostragem de pontos com concentração odorante muito diferente, porém, a bomba deve ser limpa entre uma amostragem e outra, mas para esta amostragem não foram necessário.

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).

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, mostra a limpeza de um saco.

4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de coleta das amostras de odores na ETEI foram definidos em conjunto com o pessoal técnico responsável pela operação da estação de tratamento. Foram coletados três sacos de Tedlar por ponto, ao todo foram definidos dez pontos de amostragem, totalizando trinta sacos amostrados. A localização dos pontos de amostragens na ETEI pode ser vista na figura 4.2.



Ponto	Local	Ponto	Local
1	Vizinhança 1	6	Tanque com peixes
2	Vizinhança 2	7	Tanque de aeração – jusante
3	Vizinhança 3	8	Tanque de aeração – entrada
4	Adensador de Lodo	9	Tanque equalização
5	Decantador Secundário	10	Tanque equalização

Figura 4.2 – Localização dos pontos de amostragem

Os pontos 1 a 5 foram amostrados no dia 12 de dezembro, entre as 10h30min da manhã e as 12h00min; enquanto os pontos 6 a 10 foram amostrados no dia 17 de dezembro de 2007, entre as 15h30min e às 16h35min. As figuras 4.3 a 4.12, a seguir, mostram estes locais no momento da coleta das amostras.



Figura 4.3: Amostragem no ponto 1 - vizinhança



Figura 4.4: Amostragem no ponto 2 – Vizinhança



Figura 4.5: Amostragem no ponto 3 – Vizinhança



Figura 4.6: Amostragem no ponto 4 – Adensador de lodo



Figura 4.7: Amostragem no ponto 5 – Decantador Secundário



Figura 4.8: Amostragem no ponto 6 – Tanque com peixes



Figura 4.9: Amostragem no ponto 7 – Tanque aerado (jusante do sistema)



Figura 4.10: Amostragem no ponto 8 – Tanque aerado (entrada do efluente)



Figura 4.11: Amostragem no ponto 9 – Tanque de equalização



Figura 4.12: Amostragem no ponto 10 – Tanque de equalização

4.4. ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DO ODOR

Para detecção do limite de percepção olfativo (k50) foi utilizado o olfatômetro de diluição dinâmica, marca Odile versão 2000 (Figura 5). O Olfatômetro Odile 2000 é composto por sistema de ar puro; unidade de pressurização; unidade de diluição; mesa olfatométrica com seis baias (ou boxes); 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.



Figura 4.13: Componentes do sistema do olfatômetro ODILE 2000

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. Cada baía possui um teclado para votação dos jurados e três tubos de saídas, como pode ser observado na figura 4.14. A amostra diluída é apresentada de maneira aleatória, e em apenas um tubo de saída em cada baía. Os outros dois tubos recebem ar neutro. O operador é o único que sabe de qual tubo está saindo a amostra diluída.



Figura 4.14: Saídas de ar propostas a um jurado

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. Caso não perceba nenhum odor, deverá apertar o botão “Nenhum odor”.

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.

Os resultados do Limite de Percepção de Odor serão apresentados pela norma ASTM E699 dos Estados Unidos. Ela é baseada na estimativa dos limites de percepção individuais de cada jurado e calcula a média geométrica dos limites pessoais estimados para estimar o valor do limite de percepção do júri.

Anteriormente às análises de amostras, é realizada a análise de um branco laboratorial, que representa a concentração do odor de fundo dos sacos de Tedlar, do sistema de ar puro e de quaisquer impurezas porventura existentes no sistema de diluição do olfatômetro. Para tanto, é procedida análise laboratorial de um saco preenchido com ar puro do próprio sistema que fornece ar comprimido para o olfatômetro. O valor da concentração desta amostra é então subtraído dos valores de concentração encontrados para as demais amostras.

4.5. ANÁLISE DA INTENSIDADE ODORANTE

A avaliação da intensidade odorante é realizada pela comparação da intensidade de odor da fonte com a intensidade de uma série de concentrações de uma substância odorante de referência.

A série de concentrações de butanol, com base em diluição em água, foi utilizada como escala de referência. Os jurados são instruídos para cheirar a escala de referência de intensidade do butanol.

Tabela 4.1 – 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: AFNOR 1990 apud Schimer, 2004



Figura 4.15: Apresentação das soluções de 1-Butanol

Após a memorização destas intensidades, o júri (13 pessoas) é instruído a cheirar a amostra do odor, dizendo qual intensidade da escala do butanol é igual à intensidade da amostra, ignorando diferenças de qualidade de 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. A resposta para intensidade da amostra de odor foi a média ponderada dos valores assinalados por cada jurado.

4.6. ANÁLISE DA HEDONICIDADE DO ODOR

Para avaliação da hedonicidade a orientação era comparar o incômodo odorante, em cada amostra, com uma escala que representa o nível de agrado ou desagrado de um odor.

Foi solicitado ao júri (13 pessoas) indicar, na escala de 11 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. Um conjunto de notas foram atribuídas para o odor percebido, que varia de “-5” (odor extremamente desagradável) a “+5” (odor extremamente agradável), passando pelo valor “0” (odor neutro).

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

4.7. ANÁLISE DA QUALIDADE DO ODOR

Além das análises de intensidade e hedonicidade odorante, foi feita a análise da qualidade do odor ou caráter do odor. Os jurados (13 pessoas) foram instruídos para cheirar a amostra e dizer que tipo de odor estava sentindo. Assim, cada jurado deu sua opinião sobre o que faz lembrar aquele odor. Caso o jurado não conseguisse dizer precisamente qual o tipo de odor que estava sentindo, era apresentado a ele a “roda de odor” para ser utilizada como vocabulário de referência, onde constam 8 categorias de reconhecidos odores para descrição: vegetal, frutífero, floral, medicinal, químico, peixe, ofensivo e terra (figura 4.16) . O jurado indicava com qual desses odores reconhecidos se parecia o odor da amostra.

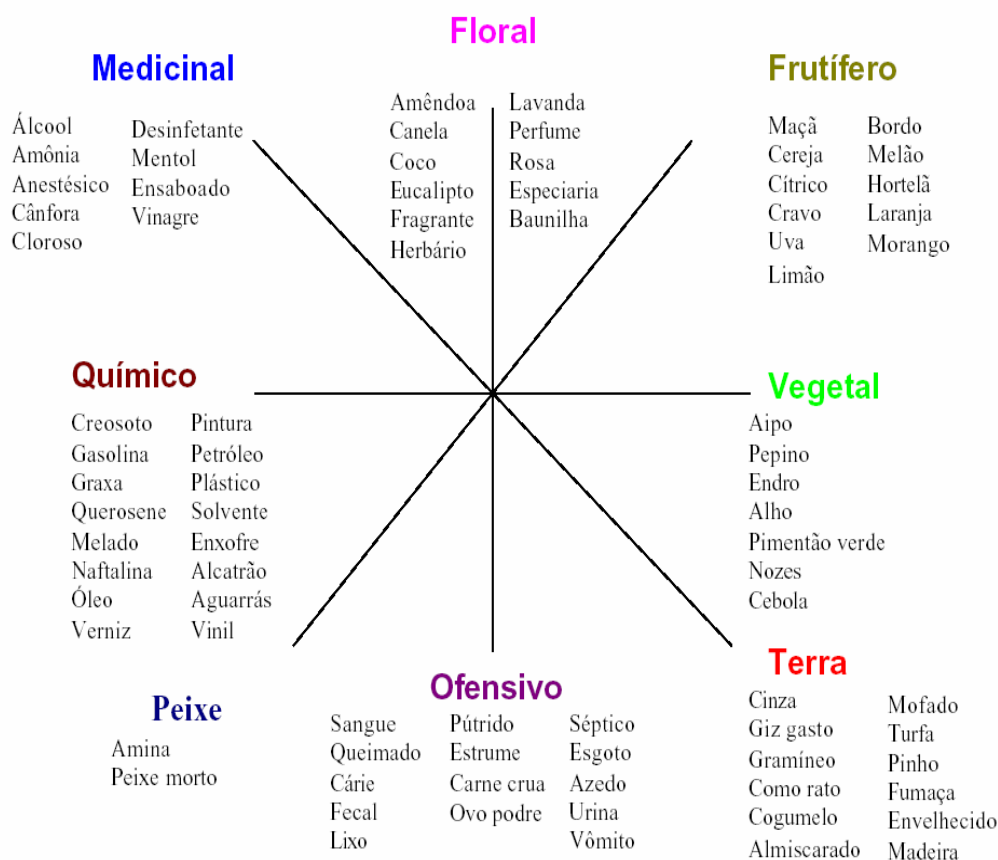


Figura 4.16 – Roda de odor

Fonte: McGinley C. e McGinley (2002) apud Carmo (2005)

5. RESULTADOS

5.1. CONCENTRAÇÃO DO ODOR

A tabela 5.1, a seguir, mostra os resultados obtidos para a concentração de odor média em cada ponto. Destes valores, já foram subtraídos o valor do branco laboratorial, de 32 U.O/m³.

Tabela 5.1: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica.

Ponto	Local	Concentração de Odor [U.O./m ³]
1	Vizinhança 1	443
2	Vizinhança 2	105
3	Vizinhança 3	313
4	Adensador de Lodo	220
5	Decantador Secundário	216
6	Tanque com peixes	117
7	Tanque de aeração – jusante	241
8	Tanque de aeração – entrada	281
9	Tanque equalização	249
10	Tanque equalização	99

5.2. INTENSIDADE DO ODOR

Os gráficos 5.1 a 5.8 , a seguir, mostram os resultados obtidos para a intensidade odorante das amostras coletadas, agrupados pelo local de amostragem ou unidade de tratamento. Estes gráficos representam as respostas do grupo de jurados em relação à intensidade do odor percebido.

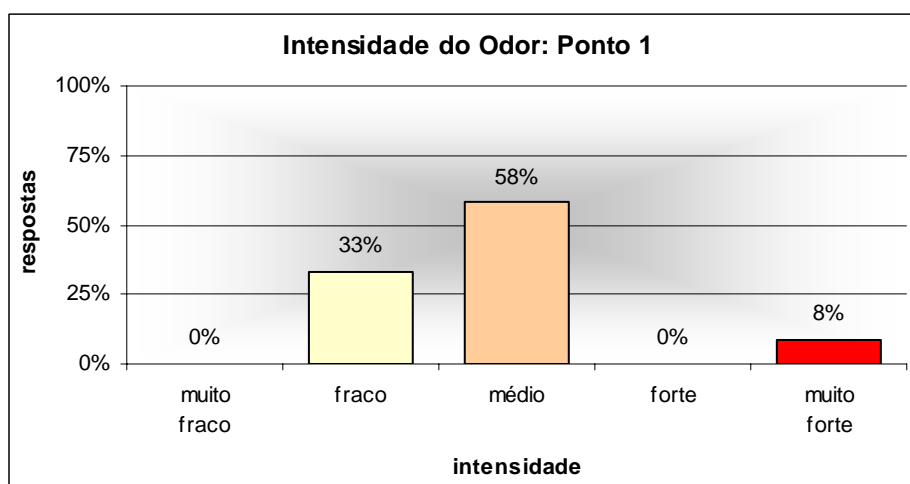


Gráfico 5.3: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.

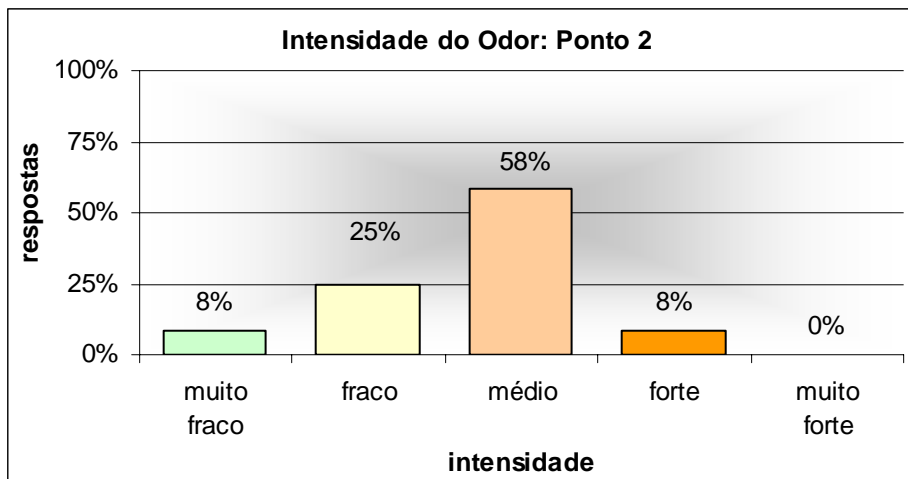


Gráfico 5.4: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.

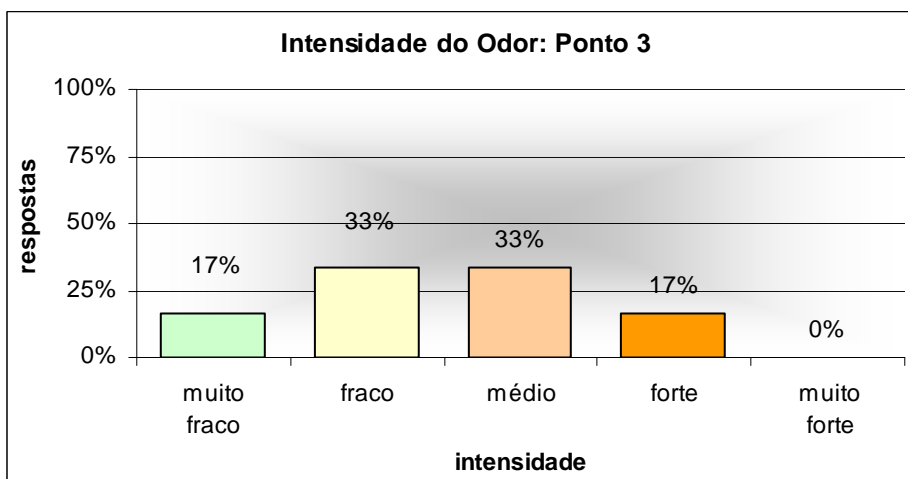


Gráfico 5.5: Intensidade odorante na vizinhança da ETE.

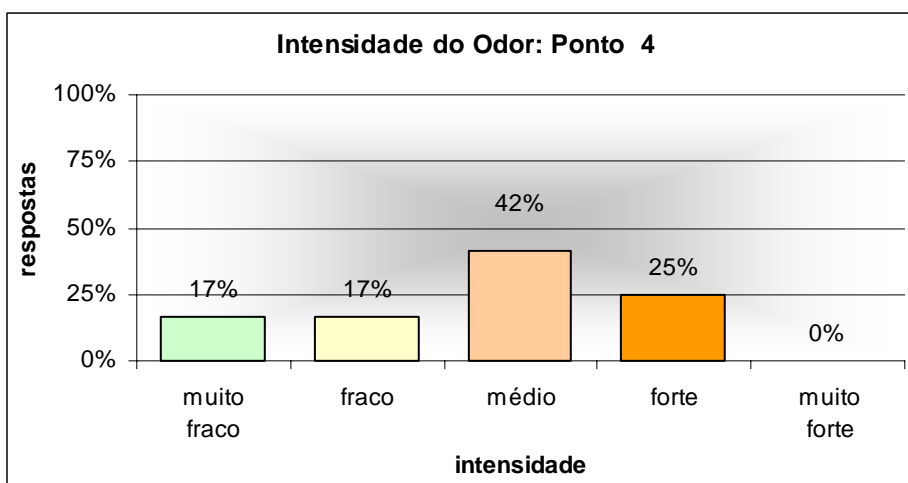


Gráfico 5.6: Intensidade odorante na proximidades do adensador de lodo.

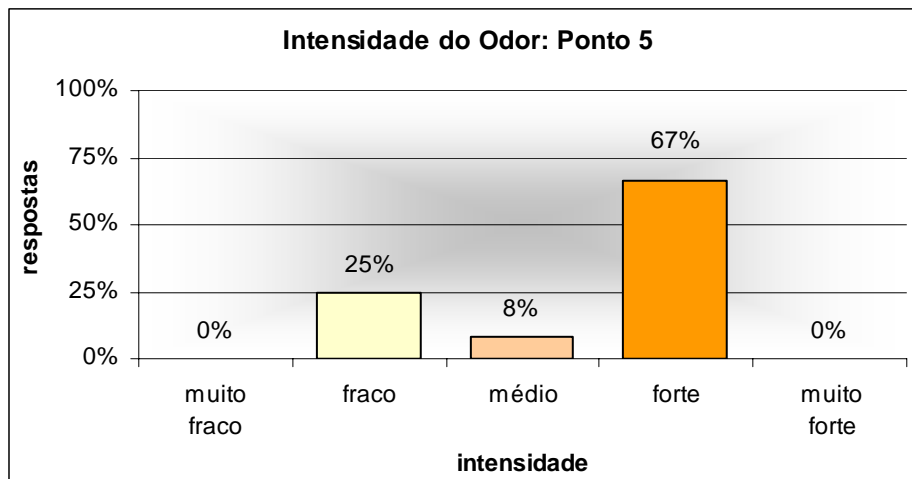


Gráfico 5.7: Intensidade odorante no decantador secundário.

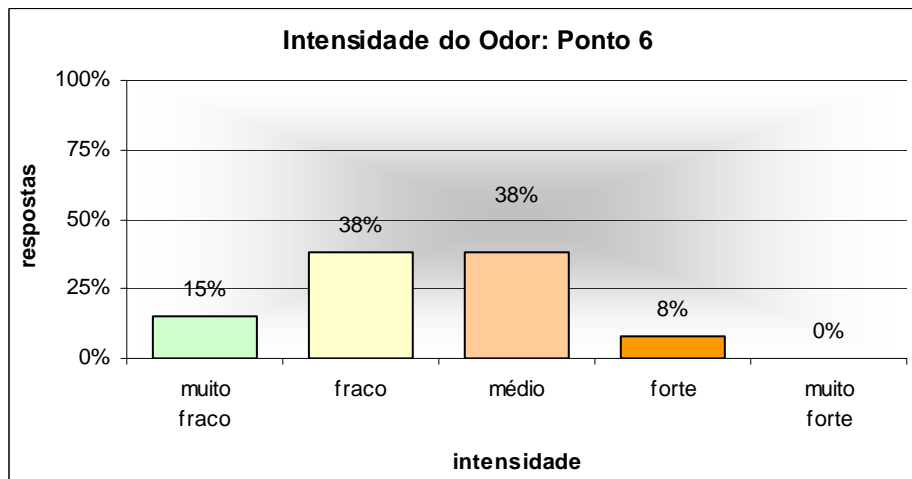


Gráfico 5.8: Intensidade odorante no tanque com peixes.

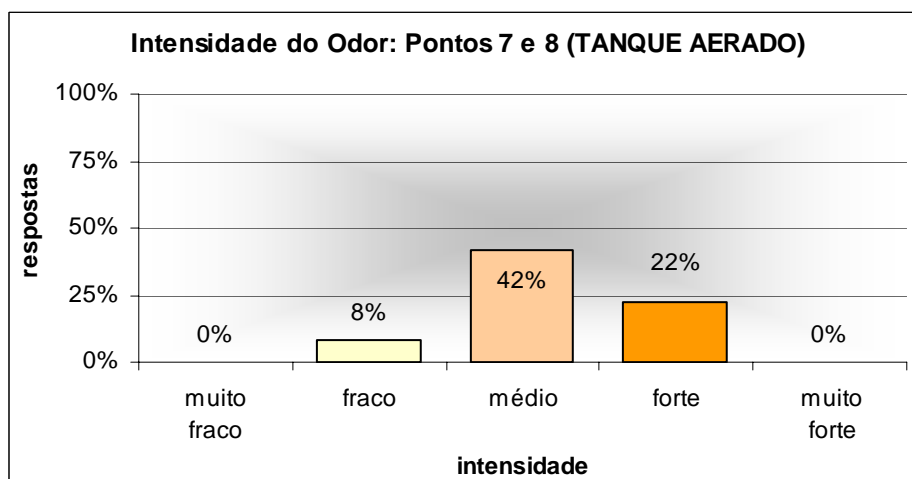


Gráfico 5.9: Intensidade odorante no tanque de aeração.

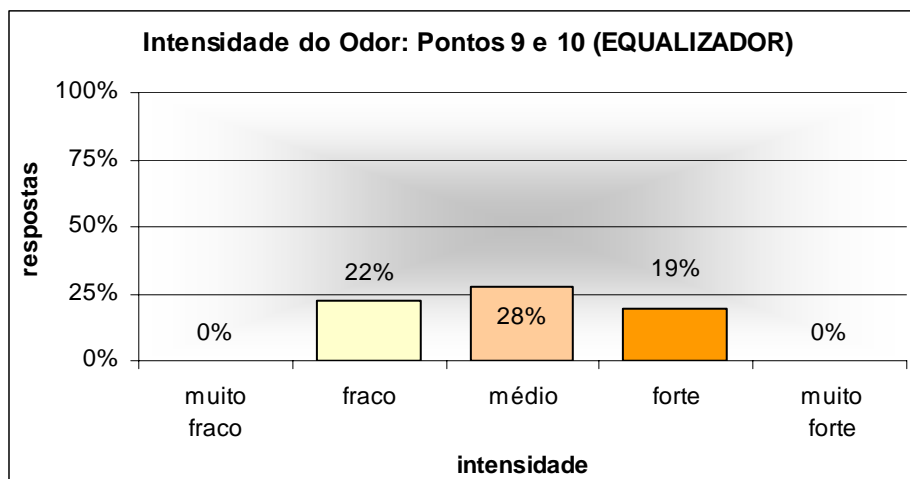


Gráfico 5.10: Intensidade odorante no equalizador.

O maior percentual de resposta dos jurados, para o ponto 1 a 3 (vizinhança), com 50%, foi de ser um odor médio. O valor do índice de intensidade foi de 2,7, correspondendo a um odor de intensidade média.

No ponto 4 (proximidades do adensador de lodo), o maior percentual com 42% das respostas, foi de ser um odor médio, com o índice de intensidade de 2,8. Assim como no ponto 1, a intensidade foi de média.

O ponto 5 (decantador secundário), o maior percentual apresentado como sendo um odor forte foi de 67%, ou seja, pouco mais da metade dos jurados acharam esse odor forte. Ainda nesse mesmo ponto, 25% dos jurados responderam que o odor era fraco, e o valor do índice de intensidade foi 3,4, o que representa um odor médio, igual aos anteriores.

No ponto 6 (tanque com peixes), o maior percentual com 38% das respostas, foi de ser um odor médio e outros 38% de ser fraco, com o índice de intensidade de 2,4, correspondendo a intensidade de médio a fraco.

No ponto 7 e 8 (tanque de aeração), o maior percentual com 42% das respostas, foi de ser um odor médio, com o índice de intensidade de 3,2. Assim, a intensidade, também, foi de um odor médio.

No ponto 9 e 10 (equalizador), o maior percentual com 28% das respostas, foi de ser um odor médio, com o índice de intensidade de 3,0. Como a maioria dos pontos a intensidade foi de um odor médio.

5.3 HEDONICIDADE DO ODOR

Os gráficos 5.9 a 5.16 mostram os resultados obtidos para a hedonicidade do odor das amostras coletadas.

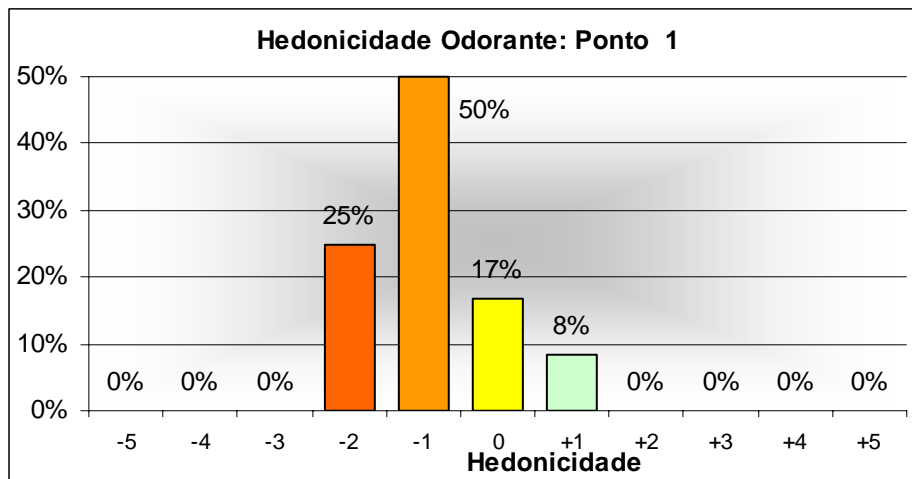


Gráfico 5.11: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.

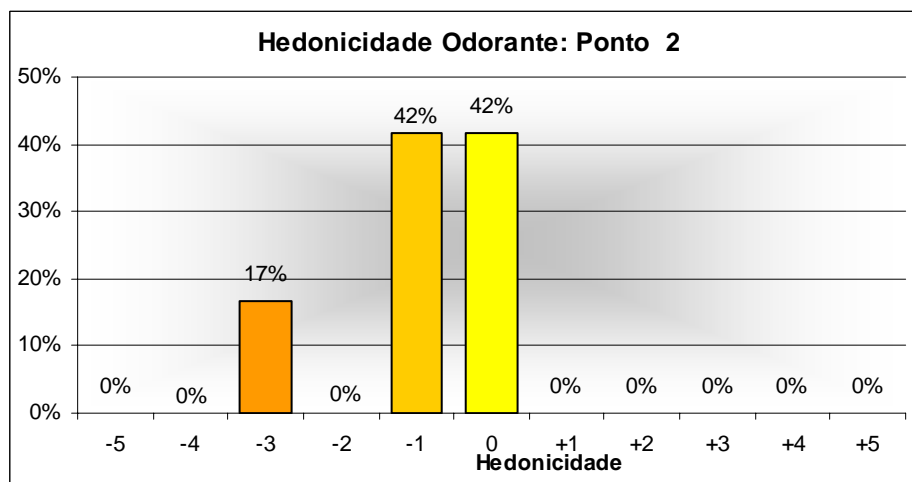


Gráfico 5.12: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.

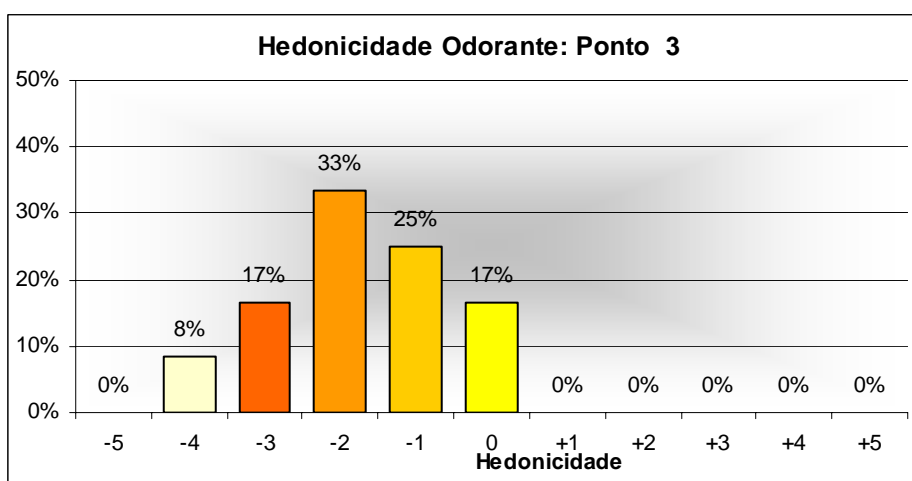


Gráfico 5.13: Hedonicidade odorante na vizinhança da ETE.

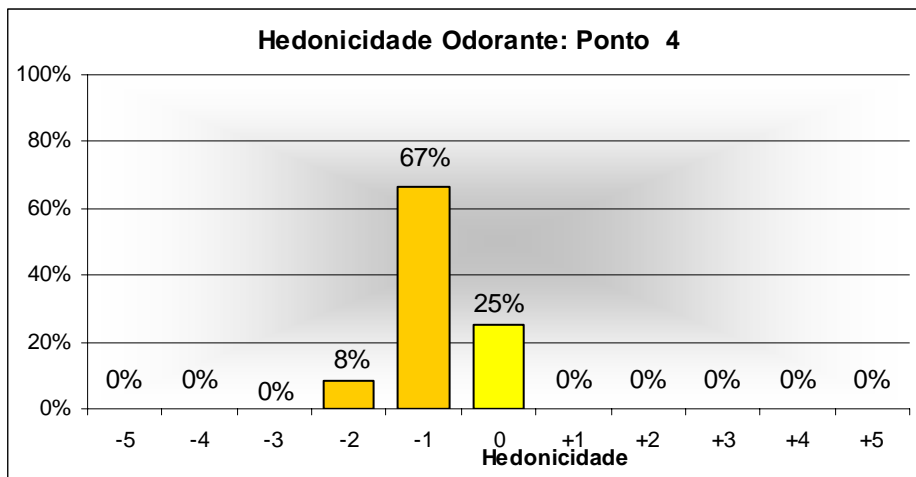


Gráfico 5.14: Hedonicidade odorante nas proximidades do adensador de lodo.

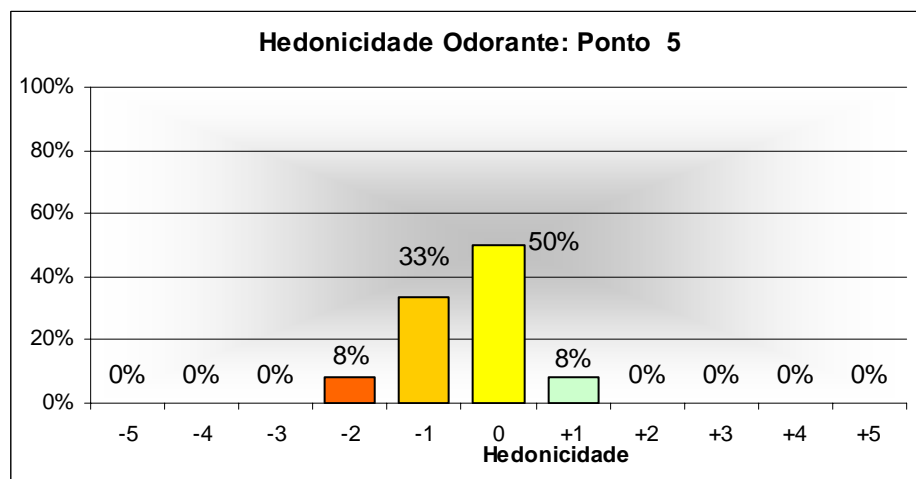


Gráfico 5.15: Hedonicidade odorante no decantador secundário.

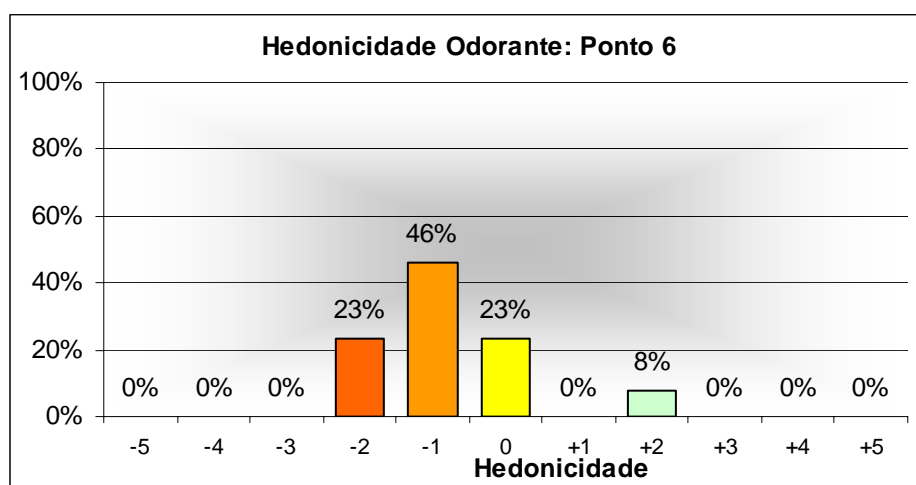


Gráfico 5.16: Hedonicidade odorante no tanque com peixes.

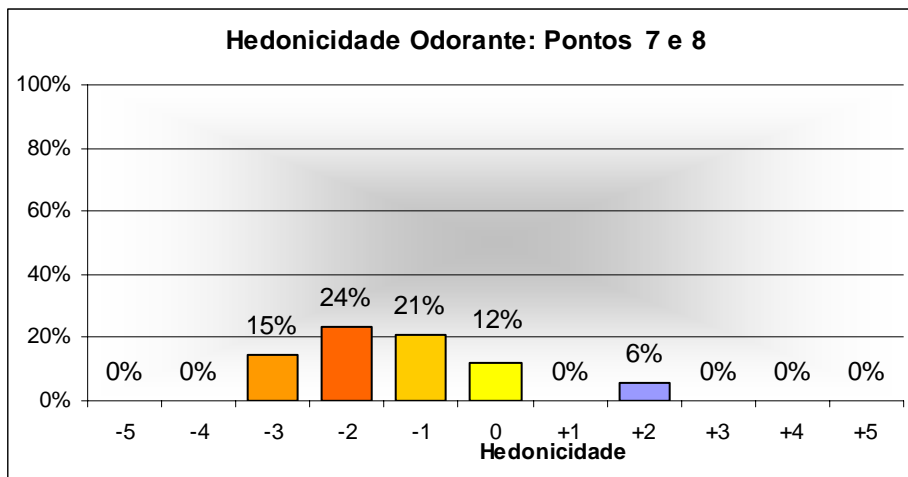


Gráfico 5.17: Hedonicidade odorante no tanque aerado.

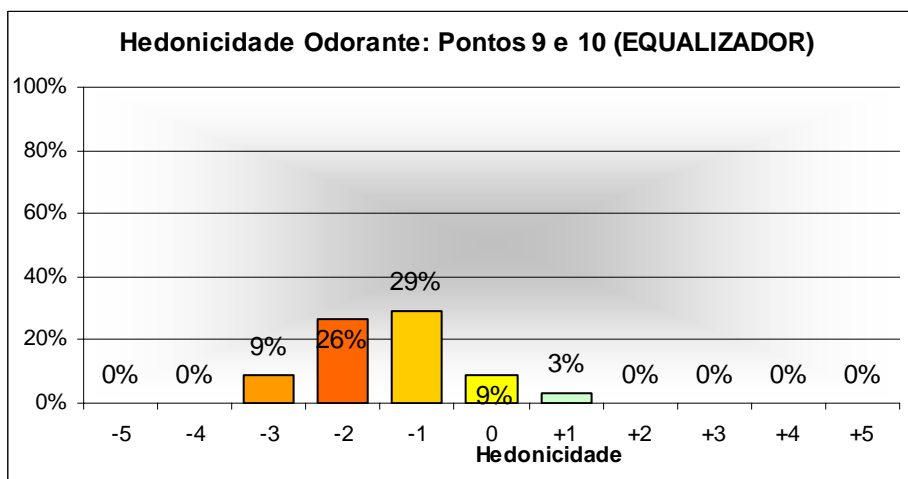


Gráfico 5.18: Hedonicidade odorante no equalizador.

Verifica-se, através das médias, que as hedonicidades dos pontos amostrados 1 a 3 (vizinhança), 4(adensador de lodo) e 6 (tanque com peixes) incomodam pouco. O ponto 5 (decantador secundário) foi o menos desagradável. Já os pontos 7 e 8 (tanque aerado) e os pontos 9 e 10 foram os pontos mais desagradáveis, os quais apresentaram as médias menores que a dos outros pontos.

5.4. QUALIDADE DO ODOR

Os gráficos 5.17 a 5.22, a seguir, mostram os resultados obtidos para o caráter odorante das amostras coletadas. Neste parâmetro, os jurados tiveram que comparar o odor percebido nos sacos de amostragem com categorias de odores conhecidos.

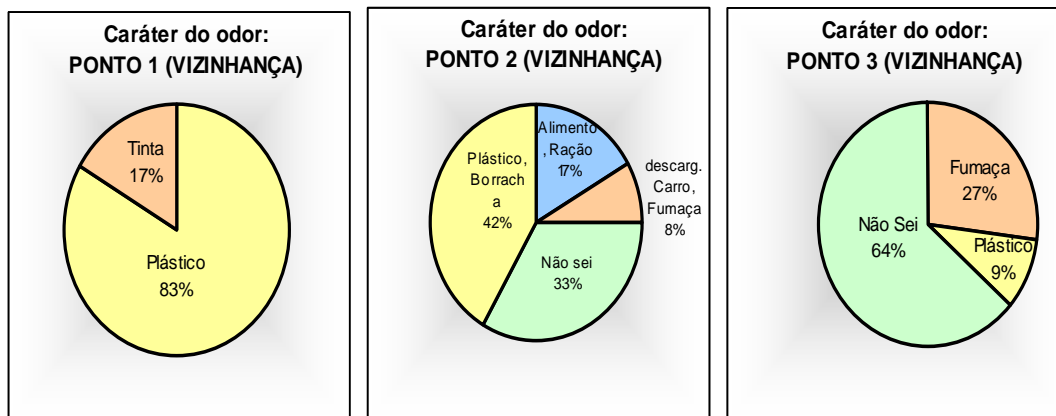


Gráfico 5.17: Caráter do odor na vizinhança da Karsten.

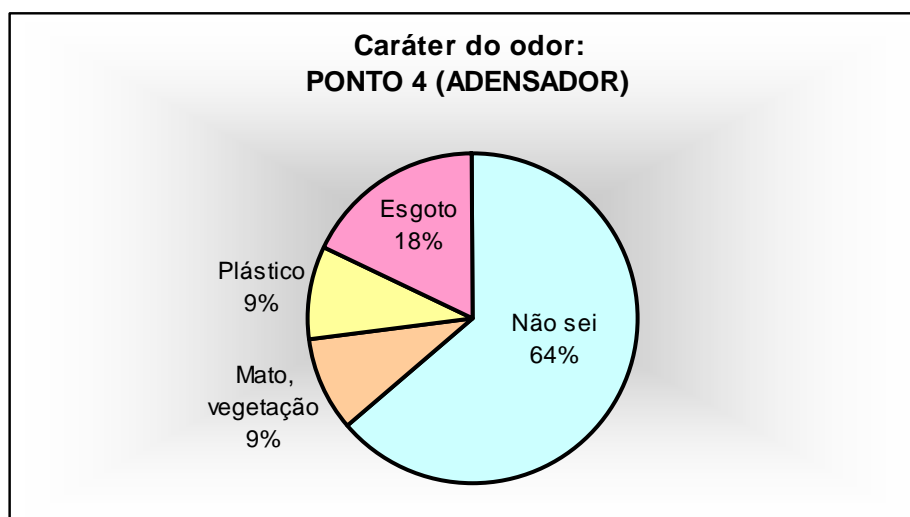


Gráfico 5.18: Caráter do odor nas proximidades do adensador de lodo.

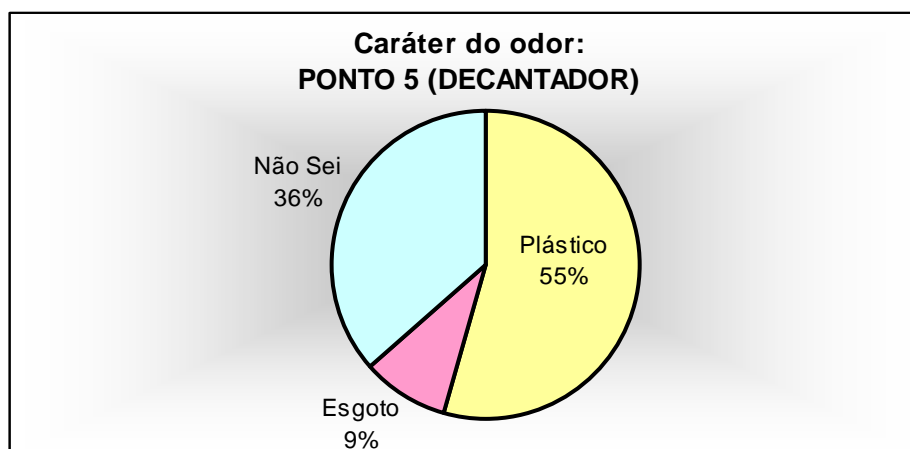


Gráfico 5.19: Caráter do odor no decantador secundário.

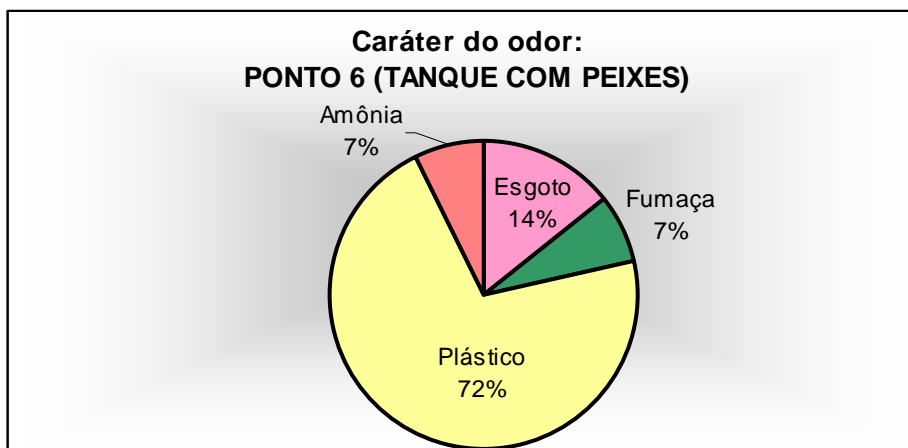


Gráfico 5.2019: Caráter do odor no tanque com peixes.

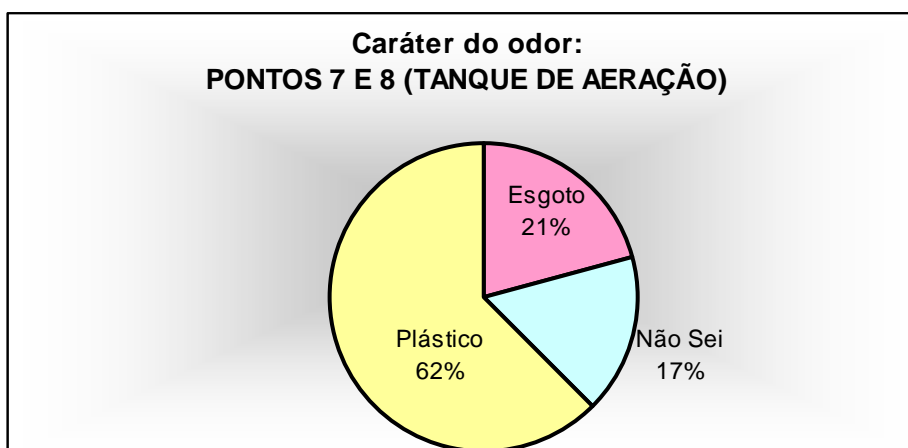


Gráfico 5.21: Caráter do odor no tanque de aeração.

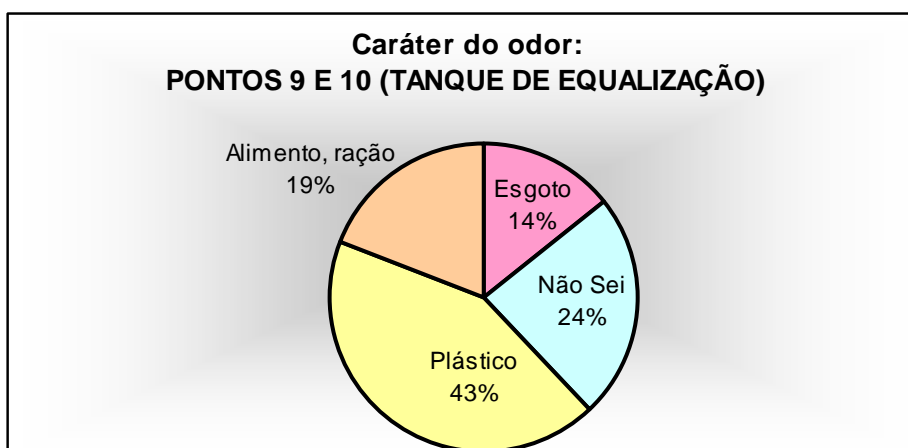


Gráfico 5.22: Caráter do odor no equalizador.

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” não conseguiram responder. A categoria odor plástico, que representa o odor residual dos próprios sacos de amostragem, foi a que mais apresentou respostas, para maioria dos pontos, com exceção do ponto 4 que a maioria dos jurados não conseguiram identificar que tipo de odor era.

5.5. RESUMO DOS RESULTADOS

A tabela a seguir contempla um resumo dos resultados obtidos através das análises olfatométricas (concentração, intensidade, hedonicidade e caráter do odor).

Tabela 5.2: Resumo dos resultados obtidos

LOCAL	Concentração odorante [U.O./m ³]	Intensidade*	Hedonicidade [#]	Caráter predominante
Vizinhança (pontos 1 a 3)	443	2,7 (média)	-1,3 (incomoda pouco)	plástico, borracha
	105			
	313			
Proximidades do adensador de lodo (ponto 4)	220	2,8 (média)	-0,8 (incomoda pouco)	Indeterminado
Decantador secundário (ponto 5)	216	3,4 (média)	-0,4 (neutro)	plástico
Lagoa com peixes (ponto 6)	117	2,4 (fraca a média)	-0,8 (incomoda pouco)	plástico
Tanque de aerção (pontos 7 e 8)	241	3,2 (média)	-2,4 (incomoda)	plástico
	281			
Tanque de equalização (pontos 9 e 10)	249	3,0 (média)	-2,5 (incomoda)	plástico
	99			

6. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos neste trabalho podemos concluir:

1. Ficou evidenciado, através dos resultados obtidos nas análises de hedonicidade, que as emissões odorantes podem proporcionar incômodo olfativo em função do tempo de exposição.
2. As análises olfatométricas de concentração odorante, determinou que existe uma variabilidade muito pequena na emissão odorante e que nenhum ponto se sobressaiu em relação à sua concentração odorante ambiental.
3. As concentrações podem ser consideradas de baixa magnitude, o que é confirmado pela expressividade dos resultados no caráter odorante de “plástico”, que representa o odor residual dos próprios sacos de amostragem.
4. Um ponto de amostragem a ressaltar é o tanque de equalização, que normalmente é responsável por uma maior emissão odorante, mas devido, provavelmente, à aplicação do produto desodorizante no local, apresentou menor emissão.
5. Deve-se observar que os resultados obtidos são para aquelas condições de momento em que foi feita as amostras na ETEI, ou seja, pode haver variações de emissões odorantes para outros dias.

7. REFERÊNCIAS

BELLI FILHO, P. e LISBOA, H. Avaliação de Emissões Odorantes. Engenharia Sanitária e Ambiental.vol.3, N° 3, pp 101-106. 1998.

CABRAL, F. A. Biofiltração para desodorização de reatores anaeróbicos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, UFSC.

CARMO, G. N. Otimização e avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental, Tese de doutorado em Engenharia Ambiental, UFSC.

MIRANDA, G. R. Avaliação das emissões atmosféricas provenientes da combustão de diesel biodiesel de resíduo de óleo de fritura e suas misturas, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, UFSC.

MUNIZ, A. N. Investigação do limite de percepção olfativa por olfatometria e por cromatografia gasosa espectrometria de massa, Tese de doutorado em Engenharia Ambiental, UFSC.

PICELLI, P. C. Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos no ar de ambientes ocupacionais, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, UFSC.

SCHIMER, W. N. Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis e odorantes na estação de tratamento de efluentes de uma refinaria de petróleo, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, UFSC.

SIRONI S., Laura Capelli, Paolo Céntola, Renato Del Rosso e Massimiliano Il Grande Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 29, September 2005, Pages 5387-5394.