



Departamento de Química

CONTROLO DE ODORES NO SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DOS SMAS DE PENICHE

Luís Filipe dos Santos Monteiro

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa, para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Química e Bioquímica

Orientador da Dissertação de Mestrado

Professora Doutora Manuela Pereira

Lisboa

2009

"O tempo destrói tudo aquilo que ele não ajudou a construir"
(Emmanuel)

" Há quem passe pelo bosque e só veja lenha para a fogueira "
(Tolstoi)

AGRADECIMENTOS

A realização de um trabalho desta dimensão exige, para além dos conhecimentos teóricos e técnicos adquiridos ao longo do curso, a orientação e ajuda valiosa de muitas pessoas para o esclarecimento de dúvidas.

Assim gostaria de agradecer:

Ao eng.^o Raminhos dos SMAS de Peniche, pelo consentimento de estágio na ETAR de Peniche, sem o qual esta tese não poderia ser elaborada.

À eng.^a Márcia Reis dos SMAS de Peniche, por todo o apoio, disponibilidade e conhecimentos transmitidos durante todo este trabalho.

Ao eng.^o Ricardo Mendes dos SMAS de Peniche, pelo à vontade com que me recebeu, e pela entrega na realização deste trabalho, transmitindo conhecimentos, força e amizade.

À empresa SISAQUA, pela maneira como me recebeu e por toda a ajuda oferecida durante este trabalho

Ao Sr. Duarte Ferreira e ao Sr. Marinho Fernandes da METEC, por toda a ajuda, disponibilidade e esclarecimentos na realização deste trabalho.

À professora Doutora Manuela Pereira da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, por toda a sua entrega e tempo disponibilizado e pela ajuda preciosa no redigir desta tese.

Ao professor Doutor António Mano da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, por todos os conhecimentos transmitidos e pelo tempo gasto na revisão desta tese.

Ao Professor José Paulo Mota da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa por toda a ajuda na realização desta tese;

Quero também agradecer à D. Maria José Carapinha, à D. Joaquina Lopes e à D. Maria da Palma Afonso pela disponibilidade, simpatia, carinho e atenção que sempre nos dispensaram.

Em último lugar, gostaria de agradecer a todos os familiares e amigos o carinho, apoio, dedicação e compreensão demonstrados não só no decurso deste trabalho, mas também ao longo de todo o curso.

A todos, MUITO OBRIGADO

RESUMO

Cada vez mais os sistemas de saneamento básico têm sido alvo de queixas relativamente aos odores que emanam. Com o crescimento populacional, torna-se hoje em dia quase impossível afastá-los das populações. Por outro lado, alguns compostos odoríferos apresentam sérios riscos para a saúde dos trabalhadores, para a conservação das infraestruturas e para a eficiência dos tratamentos. Torna-se fundamental para a concepção, projecto e exploração das infraestruturas de saneamento o conhecimento sobre a ocorrência, contenção e tratamento de odores.

Com o objectivo de se verificar as principais causas e origens de odores no sistema de saneamento básico dos SMAS de Peniche foi realizada uma revisão sobre vários aspectos associados à formação e controlo de odores. Com a finalidade de avaliar as condições de funcionamento do sistema de desodorização instalado na ETAR de Peniche foram realizadas medições das concentrações de sulfureto de hidrogénio, amoníaco, metano e cloro nas atmosferas gerais dos edifícios da ETAR. Uma monitorização global (medições das cargas odoríferas nas tubagens da extracção do sistema de desodorização) permitiu avaliar o funcionamento dos vários órgãos e a eficiência do tratamento de odores.

O controlo das condições afluentes ao sistema de saneamento básico dos SMAS de Peniche e a correcta elaboração das práticas de operação e processo evitarão o aparecimento de condições sépticas com conseqüente formação e, ou, libertação de odores. Por outro lado, a importância de se efectuar uma monitorização ao sistema de contenção, ventilação e tratamento dos odores para garantir condições de segurança e higiene no trabalho dos operários, o controlo da corrosão, a minimização dos custos operacionais e a melhoria nas eficiências do tratamento de odores.

ABSTRACT

More and more, the sewerage systems have been the subject of complaints regarding to the odours that it emanates. With the population growth, nowadays it almost becomes impossible to move it away from the populations. On the other hand, some odoriferous compounds present serious risks to workers' health, to the conservation of the infrastructures and the effectiveness of treatments. It becomes crucial to the conception, design and exploration of the infrastructures for sanitation, the knowledge of the occurrence, containment and treatment of odours.

With the aim of verifying the main causes and origins of odours in the sewer system of the SMAS of Peniche, a review was carried out on various aspects associated with training and control of odours. With the aim of assessing the conditions of function of the installed deodorization system of the ETAR of Peniche concentration measurements of hydrogen sulphide, ammonia, methane and chlorine were performed in general atmospheres of buildings, followed by a comprehensive monitoring to the ETAR (measurements of odoriferous loads in piping extraction of the deodorization system) to assess the functioning of the various organs and the efficiency of the processing of odours.

The monitoring of conditions tributaries to the sewerage system of SMAS of Peniche and the proper preparation of operating practices avoid formation of septic conditions and consequently the formation and or release of odours. On the other hand, the importance of monitoring of the containment system, ventilation and treatment of odours, to guarantee the conditions of safety of workers, the corrosion control, the minimization of operating costs and to the improvement of efficient of odour treatment.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SSB – Sistema de Saneamento Básico

EE – Estação elevatória

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ARU – Águas Residuais Urbanas

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio durante 5 dias (laboratório)

SST – Sólidos Suspensos Totais

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO – Carência Química de Oxigénio

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

CIV – Compostos Inorgânicos Voláteis

AGV – Ácidos Gordos Voláteis

PTN – Pressão e Temperatura Normais

VLE – Valor Limite de Exposição

ACGIH – American Conference Governmental Industrial Hygienist

SNC – Sistema Nervoso Central

TRS – Tracto Respiratório Superior

TRI – Tracto Respiratório Inferior

SR – Sistema Respiratório

CAA – Clean Air Act

ÍNDICE DE MATÉRIAS

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
abstract.....	iv
Simbologia e notações	v
Índice de figuras	ix
Índice de Quadros	xii
Introdução	1
Objectivos.....	2
1 Sistemas de Saneamento Básico	3
1.1 Descrição geral de uma ETAR.....	4
1.1.1 Tratamento da fase líquida	5
1.1.2 Tratamento da fase sólida	7
1.2 Tratamento biológico em ETAR	8
1.2.1 Processos de biomassa em suspensão	8
1.2.2 Processos de biomassa fixa	10
1.3 Caracterização das ARU num sistema de saneamento básico.....	10
2 Odores	13
2.1 Medição de odores.....	14
2.1.1 Métodos sensoriais.....	15
2.1.2 Métodos analíticos.....	15
2.2 Presença de odores num sistema de saneamento básico.....	16
2.2.1 Origem dos odores	16
2.2.2 fontes emissoras de odores.....	21
2.2.3 Causas da emissão de odores	25
2.2.3.1 Emissões odoríficas dos processos de tratamento da fase líquida.....	25
2.2.3.1.1 Sistema de Recolha e drenagem.....	25
2.2.3.1.2 Obra de Entrada	27
2.2.3.1.3 Tratamento preliminar.....	27
2.2.3.1.4 Tratamento Primário	28
2.2.3.1.5 Tratamento Secundário.....	28

2.2.3.1.6	Recepção e processamento de líquidos sépticos	29
2.2.3.2	Emissões odoríficas nos processos de manuseamento de lamas ..	30
2.2.3.2.1	Espessamento	30
2.2.3.2.2	Homogeneização/Armazenamento	30
2.2.3.2.3	Estabilização.....	31
2.2.3.2.4	Desidratação.....	32
2.2.3.2.5	Compostagem.....	33
2.2.3.2.6	Manuseamento, armazenamento e transporte das lamas	34
2.2.3.2.7	Gradados e Escumas	34
2.3	Factores limitantes da geração de odores	35
2.3.1	Transferência de compostos entre a fase líquida e gasosa.....	35
2.3.2	Composição da água residual	37
2.3.3	Oxigénio dissolvido.....	37
2.3.4	pH.....	38
2.3.5	Temperatura	38
2.3.6	Regime de escoamento	39
2.4	Legislação de segurança, higiene e saúde no trabalho aplicável a trabalhadores de ETAR.....	40
2.4.1	Medidas de controlo	41
2.4.2	Valores Limites de Exposição.....	41
2.5	Importância do controlo do tratamento de odores.....	45
2.5.1	Implicações ambientais	45
2.5.2	Implicações na saúde ocupacional	45
2.5.2.1	Amoníaco	46
2.5.2.2	Sulfureto de hidrogénio	47
2.5.2.3	Efeitos de corrosão	48
2.6	Controlo de odores.....	49
2.6.1	Minimização da geração de odores.....	51
2.6.1.1	Sistema de recolha e drenagem	51
2.6.1.2	Estação de tratamento	53
2.6.2	Contenção e ventilação do ar odorífico	56

2.6.3	Tratamento do ar odorífico.....	61
2.6.3.1	Processos físico-químicos.....	61
2.6.3.1.1	Absorção e oxidação química.....	61
2.6.3.1.2	Adsorção por carvão activado.....	67
2.6.3.2	Processos Biológicos.....	69
2.6.3.2.1	Biofiltração.....	69
2.6.3.2.2	Biofiltração humidificada.....	71
2.6.3.2.3	Tratamento por processos biológicos convencionais.....	73
2.6.3.3	Dispersão atmosférica.....	73
3	Descrição do Sistema de Saneamento Básico dos SMAS de Peniche.....	77
3.1	Estação Elevatória.....	77
3.2	ETAR.....	78
3.2.1	Tratamento fase líquida.....	78
3.2.2	Tratamento fase sólida.....	80
3.2.3	Tratamento de gorduras.....	80
3.2.4	Tratamento de odores.....	81
4	Parte Experimental.....	85
4.1	Material e métodos.....	85
4.2	Pontos de amostragem.....	88
4.2.1	Pontos de amostragem nas atmosferas gerais dos edifícios.....	91
4.2.2	Pontos de amostragem na tubagem.....	93
5	Resultados e discussão.....	97
5.1	Medições atmosféricas.....	97
5.1.1	Edifício da Obra de Entrada.....	98
5.1.2	Edifício dos Decantadores.....	103
5.2	Monitorização.....	107
5.2.1	medições na Linha 1.....	108
5.2.2	Medições na Linha 2.....	110
5.3	Caudais do sistema de ventilação.....	118
5.4	Eficiências do tratamento odorífico.....	121
6	Conclusões.....	124
	Bibliografia.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Diagrama genérico de uma ETAR.	4
Figura 1.2 - Representação do tratamento biológico por lamas activadas em suspensão.	9
Figura 1.3 - Representação do tratamento biológico por lamas activadas em suspensão.	9
Figura 2.1 - Processos que ocorrem no nas tubagens do sistema de recolha em condições anaeróbicas.	26
Figura 2.2 - Métodos de fornecimento de ar ou oxigénio no sistema de recolha.	53
Figura 2.3 - Exemplos de coberturas utilizadas em ETAR.	57
Figura 2.4 - Diagramas simplificados de torres de lavagem química.	63
Figura 2.5 - Esquema simplificado do movimento da zona de adsorção ao longo do tempo de funcionamento.	68
Figura 2.6 - Diagrama simplificado de uma linha de tratamento de ar odorífico por biofiltração.	70
Figura 2.7 - Diagrama simplificado de uma linha de tratamento de ar odorífico por biofiltração Humidificada.	72
Figura 3.1 - Mapa de Peniche com a localização da ETAR.	77
Figura 4.1 - Medidor de gases.	85
Figura 4.2 – Vareta extensível.	86
Figura 4.3 - Anemómetro (medidor de caudais).	86
Figura 4.4 - Tubo de Pitot.	87
Figura 4.5 - Planta da ETAR de Peniche evidenciando os órgãos de tratamento e as tubagens da Ventilação (extracção e insuflação) para o sistema de desodorização.	89
Figura 4.6 - Orifício na tubagem de ventilação.	90
FFigura 4.7 - Órgãos de tratamento e atmosferas gerais onde se realizaram as medições.	92
Figura 4.8 – Pontos de amostragem nas tubagens da ventilação (extracção e insuflação).	94

Figura 4.9 - Pontos de amostragem nas tubagens da ventilação (extracção e insuflação).....	96
Figura 5.1 – Concentração média de H ₂ S na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	98
Figura 5.2 – Concentração média de NH ₃ na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	98
Figura 5.3 – Concentração média de CH ₄ na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	99
Figura 5.4 – Concentração média de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ nas imediações da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com o VLE.....	101
Figura 5.5 – Concentração média de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ nas imediações dos contentores de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com o VLE.....	101
Figura 5.6 – Concentração média de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ nas imediações do flotador de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com VLE.....	102
Figura 5.7 – Concentração média de H ₂ S na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	103
Figura 5.8 – Concentração média de NH ₃ na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	103
Figura 5.9 – Concentração média de CH ₄ na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	104
Figura 5.10 – Concentração média de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ na atmosfera geral do edifício dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.....	104
Figura 5.11 - Carga de H ₂ S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 10h00.....	108
Figura 5.12 - Carga de NH ₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 10h00.....	108
Figura 5.13 - Carga de H ₂ S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 16h00.....	109
Figura 5.14 - Carga de NH ₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 16h00.....	109
Figura 5.15 - Carga de H ₂ S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 10h00.....	110
Figura 5.16 - Carga de NH ₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 10h00.....	111

Figura 5.17 - Carga de H ₂ S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 16h00.....	111
Figura 5.18 - Carga de NH ₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 16h00.....	112
Figura 5.19 - Eficiência do tratamento odorífico às 10h00.	121
Figura 5.20 - Eficiência do tratamento odorífico às 16h00.	121

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 - Etapas de tratamento da fase líquida numa ETAR	6
Quadro 1.2 - Etapas do tratamento da fase sólida, bem como os seus objectivos	7
Quadro 1.3 - Principais constituintes relacionados com o tratamento das águas residuais	11
Quadro 1.4 - Parâmetros que afectam a libertação/medição de odores nas águas residuais	12
Quadro 2.1 - Valores limiares dos compostos odoríficos associados a águas residuais não tratadas	14
Quadro 2.2 - Propriedades físico-químicas dos compostos normalmente encontrados nos sistemas de saneamento básico.	19
Quadro 2.3 - Fontes de odores no sistema de gestão das águas residuais.....	23
Quadro 2.4 - Processos utilizados na estabilização de lamas.....	32
Quadro 2.5 - - Origem e nível de odores em processos de desidratação.	33
Quadro 2.6 - Constante da lei de Henry para alguns compostos a 20°C.	36
Quadro 2.7 - Valores limite de exposição para salvaguarda da saúde humana para os principais compostos odoríficos encontrados em ETAR.....	43
Quadro 2.8 - Efeito na saúde humana associado à presença de amoníaco no ar....	46
Quadro 2.9 - - Efeito nos humanos associado à presença de sulfureto de hidrogénio no ar.	47
Quadro 2.10 - - Medidas para o controlo de odores num sistema de saneamento básico.....	50
Quadro 2.11 - Considerações a tomar no projecto do sistema de recolha das águas residuais para a minimização dos odores.	52
Quadro 2.12 - Aspectos associados à concepção e exploração de ETAR para a minimização de odores.....	56
Quadro 2.13 - Valores relativos ao número de renovações horárias aplicáveis em ETAR.....	59
Quadro 2.14 - Factores de segurança para maximizar o caudal de extracção.	60
Quadro 2.15 - Factores típicos de projecto para torres de lavagem química	63

Quadro 2.16 - Reagentes químicos utilizados no tratamento do ar odorífico e compostos que removem.	65
Quadro 2.17 - Reações químicas utilizadas nas ETAR para a estimativa do consumo de reagentes no tratamento de compostos odoríficos.	66
Quadro 2.18 - - Eficiências de remoção esperadas para torres de lavagem química.	66
Quadro 2.19 - Eficiências associados ao tratamento de gases odoríficos através da biofiltração	71
Quadro 2.20 - Eficiências associados ao tratamento de gases odoríficos através da biofiltração humidificada.....	72
Quadro 2.21 - - Tecnologias aplicáveis para o controlo de odores nas diversas operações e processos de uma ETAR.....	75
Quadro 5.1 - Caudais de extracção e insuflação no edifício da obra de entrada	118
Quadro 5.2 - Caudais de extracção e insuflação no edifício dos decantadores.....	118
Quadro 5.3 - Comparação dos caudais obtidos com os caudais de projecto da Linha 1	119
Quadro 5.4 – Comparação dos caudais obtidos com os caudais de projecto da Linha 2	119

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 2.1 – Transferência de um gás odorífico de fase líquida para a fase gasosa	35
Equação 2.2 – Lei de Henry	36
Equação 2.3 – Correspondências dos VLE.....	42
Equação 2.4 – Correspondências dos VLE.....	42
Equação 2.5 – Aproximação ao caudal de ar do sistema de ventilação	59
Equação 2.6 – Caudal de pressurização do sistema de ventilação	60
Equação 5.1 – Correspondência de mg/m^3 para mg/h	107
Equação 5.2 – Balanço de massa na Linha2.....	110

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos	131
Anexo 1	131
Anexo 2	142
Anexo 3	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A3.1 - Saída da Torre Alcalina, fim do tratamento odorífico (excepção aos pontos de amostragem).....	149
Figura A3.2 – Corrosão imposta especialmente devido ao H ₂ S.....	150
Figura A3.3 - Condições operatórias de alguns órgãos da ETAR.....	150
Figura A3.4 - Extração das escorrências da centrifugadora.....	150
Figura A3.5 – Escumas na obra de entrada.....	150

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro A1.1 – Valores de concentração de H ₂ S medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.....	131
Quadro A1.2 - Valores de concentração de H ₂ S medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.....	132
Quadro A1.3 - Valores de concentração de NH ₃ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.....	133
Quadro A1.4 - Valores de concentração de NH ₃ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.....	134
Quadro A1.5 - Valores de concentração de CH ₄ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.....	135
Quadro A1.6 – Valores de concentração de CH ₄ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.....	136

Quadro A1.7 – Concentrações de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ no edifício da obra de entrada onde normalmente os operários se encontram, às 10h00.....	137
Quadro A1.8 - Concentrações de H ₂ S, NH ₃ e CH ₄ no edifício da obra de entrada onde normalmente os operários se encontram, às 16h00.....	137
Quadro A1.9 – Valores de concentração de H ₂ S	138
Quadro A1.10 - Valores de concentração de H ₂ S	138
Quadro A1.11 - Valores de concentração de NH ₃	139
Quadro A1.12 - Valores de concentração de NH ₃	139
Quadro A.13 - Valores de concentração de CH ₄	140
Quadro A1.14 - Valores de concentração de CH ₄	140
Quadro A1.15 - Atmosfera geral do edifício dos decantadores, 10h00.....	141
Quadro A1.16 - Atmosfera geral do edifício dos decantadores, 16h00.....	141
Quadro A1.17 - Concentrações medidas na linha 1 durante a monitorização (10h00).	143
Quadro A1.18 - Concentrações medidas na linha 1 durante a monitorização (16h00).	144
Quadro A1.19 - Concentrações medidas na linha 2 durante a monitorização (10h00).	145
Quadro A1.20 – Concentrações medidas na linha 2 durante a monitorização (16h00).	146
Quadro A1.21 – Concentrações de H ₂ S medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.....	147
Quadro A1.22 - Concentrações de NH ₃ medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.....	147
Quadro A1.23 - Concentrações de H ₂ S medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.....	148
Quadro A1.24 - Concentrações de NH ₃ medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.....	148

INTRODUÇÃO

Nas suas actividades quotidianas o Homem gera efluentes líquidos, resíduos sólidos bem como emissões gasosas para a atmosfera. Os efluentes líquidos (águas residuais) provêm na sua maioria da água utilizada pelas comunidades em diversas aplicações produzindo as águas cinzentas e águas negras e podem também estar presentes águas subterrâneas, de superfície e pluviais.

As águas residuais contêm numerosos microrganismos patogénicos que coabitam no tracto intestinal dos humanos, bem como nutrientes, que podem estimular o crescimento de plantas aquáticas, ou mesmo compostos tóxicos. Quando a água residual se torna séptica, a decomposição da matéria orgânica que contém, potencia a produção de gases odoríficos.

O tratamento de águas residuais tem assumido um papel de fundamental importância no que se refere a aspectos de saúde pública e controle da poluição ambiental. Ao considerarmos os elementos constituintes nos despejos urbanos e industriais, devemos nos manter sempre em alerta de que além da carga microbiológica dos mesmos, há um grande número de poluentes químicos que afectam directa ou indirectamente a saúde humana e por sua vez a libertação de odores.

A emissão de odores desagradáveis a partir dos Sistemas de Recolha e Colheita e das Estações de Tratamento de Águas Residuais constitui uma questão cada vez mais relevante devido à frequente necessidade de implantar estas instalações junto de aglomerados populacionais.

Deste modo, torna-se necessário ao nível do projecto preconizar as disposições necessárias para minimizar as emissões de odores desagradáveis prevendo o tratamento do ar contaminado e ao nível da operação efectuar o controlo adequado das principais fontes de emissão de odores.

OBJECTIVOS

Este trabalho pretende contribuir para o estudo do controlo de odores no sistema de saneamento básico dos SMAS de Peniche, realizando-se a avaliação da formação e da libertação de odores, bem como a verificação da eficiência dos sistemas de contenção, ventilação e tratamento. Com isto pretende-se propor as alterações a implementar de modo a minimizar ou mesmo eliminar a libertação de odores para a atmosfera envolvente contribuindo para uma melhor qualidade do ar na zona de Peniche.

1 SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO

Um sistema de saneamento básico (SSB) corresponde a um sistema de recolha, transporte e tratamento de águas residuais (rede de drenagem e uma estação de tratamento das águas residuais, designada por ETAR).

Segundo o artigo 116º do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 Agosto – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – os sistemas de drenagem podem classificar-se em:

- Separativos, contêm uma rede dedicada a águas residuais domésticas e industriais e outra destinada à drenagem de águas pluviais ou similares;
- Unitários, são constituídos por uma única rede de drenagem destinada às águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- Mistos, constituídos pela conjugação dos dois anteriores, em que a rede de colectores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo.
- Pseudo-Separativos, nestes a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao colector de águas residuais domésticas, em condições excepcionais, podem ser admitidas.

O sistema de drenagem, independentemente do tipo, é constituído por uma rede de colectores, caixas de visita, estações e condutas elevatórias, e um conjunto de órgãos acessórios que asseguram o funcionamento do sistema. A escolha do tipo de sistema é condicionada por diversos factores técnicos e económicos, e vai influenciar a linha de tratamento da ETAR e a dimensão dos seus órgãos. Os sistemas separativos, onde a carga inorgânica tende a ser mais reduzida, permitem que as condições afluentes à ETAR sejam mais regulares. Por outro lado, os sistemas unitários, como recolhem também águas pluviais, vão conduzir a um caudal não só mais elevado (principalmente no Inverno) como mais irregular, tanto em termos de volume de água como de carga orgânica e inorgânica [Maria Pereira, 2008].

Uma ETAR é uma estação de tratamento de águas residuais urbanas (ARU), como águas residuais domésticas e industriais ou a mistura destas com águas de

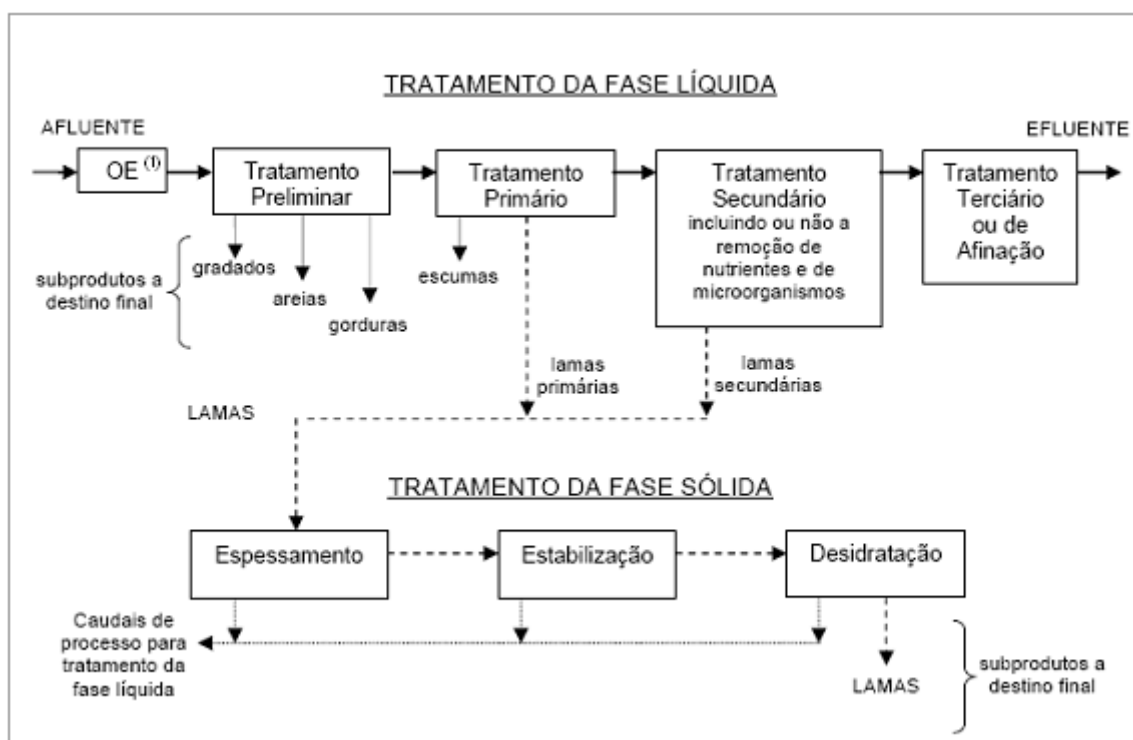
escoamento pluvial, cujo principal objectivo é o seu tratamento, permitindo uma eventual reutilização das mesmas, através de um processo sequencial e faseado.

O tratamento das ARU é normalmente efectuado por processos biológicos, podendo também por vezes incluir tratamentos por processos químicos. Existem diversos tipos de tratamento de ARU por processos biológicos, incluindo lamas activadas, leitos percoladores e lagunagem, entre outros. Devido à importância que têm nas ETAR, estes são descritos com mais pormenor no ponto 1.2.2.

1.1 DESCRIÇÃO GERAL DE UMA ETAR

As características do afluente, quer quantitativas, quer qualitativas, a sua localização (clima e condições atmosféricas) e as características do meio receptor, influenciam as várias tecnologias que podem ser utilizadas nas ETAR'S.

De uma forma geral as ETAR têm uma linha processual idêntica à apresentada na figura 1.1, podendo não envolver um ou outro tratamento, consoante as necessidades [Rosa Antunes, 2006].



⁽¹⁾ – Obra de entrada (zona de recepção do afluente).

Figura 1.1.1 - Diagrama genérico de uma ETAR, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Os principais objectivos do tratamento das águas residuais incluem: a conversão da matéria orgânica em produtos finais oxidados e estáveis que podem ser valorizados na natureza; a protecção da saúde humana e a certificação que as águas residuais tratadas não contribuem para a deterioração dos meios receptores, podendo eventualmente ser reutilizadas [N.F.GRAY, 2004].

O tratamento das ARU é normalmente concebido de forma a socorrer-se de processos naturais de depuração e remover outros contaminantes que não sejam alvo destes processos. Engloba uma fase líquida que processa o tratamento do efluente, e uma fase sólida que processa o tratamento dos subprodutos gerados na fase líquida [Maria Pereira, 2008].

Seguidamente resumem-se os diferentes tratamentos que se aplicam à fase líquida e à fase sólida, bem como as operações e processos que lhes estão associados.

1.1.1 TRATAMENTO DA FASE LÍQUIDA

Hoje em dia, operações unitárias (métodos de tratamento em que predominam as forças físicas) e processos unitários (métodos de tratamento em que a remoção de contaminantes é promovida por reacções químicas ou biológicas) são agrupados para produzir várias fases de tratamento conhecidas como tratamento preliminar, primário, secundário (com ou sem remoção de nutrientes) e terciário.

No tratamento preliminar, os sólidos grosseiros (incluindo objectos grandes, trapos e areias) são removidos por gradagem/tamisagem para evitar a danificação do equipamento nos processos posteriores. Por outro lado, as gorduras e areias são também retiradas através de desarenadores/desengorduradores.

No tratamento primário, uma operação física, normalmente de sedimentação, é usada para remover os materiais flutuantes e sedimentados encontrados na água residual. Nesta fase de tratamento poderão ainda ser adicionados compostos químicos para melhorar a remoção dos sólidos suspensos e, em menor extensão, sólidos dissolvidos.

No tratamento secundário, são usados processos químicos e biológicos para remover a fracção remanescente da matéria orgânica.

No tratamento terciário, podem ser usadas operações e processos para remover quer as substâncias suspensas, quer as substâncias dissolvidas que não foram removidas no tratamento secundário (nutrientes, CBO₅, sólidos suspensos totais (SST)) e, se necessário, remover os microrganismos patogénicos. O recurso a este tratamento só se realiza em alguns casos, especialmente quando a descarga do efluente é efectuada em zonas sensíveis ou em locais com usos específicos (lagos, zonas balneares, entre outras) [METCALF&EDDY, 2003; Maria Pereira, 2008].

No quadro 1.1 resumem-se o conjunto das diferentes etapas de tratamento, bem como, as operações e processos unitários utilizados nas mesmas.

Quadro 1.1 - Etapas de tratamento da fase líquida numa ETAR, adaptado de [Maria Pereira, 2008]

ETAPAS DE TRATAMENTO	DESCRIÇÃO	OPERAÇÕES E PROCESSOS	SUBPRODUTO GERADO
Preliminar	Remoção de sólidos grosseiros como trapos, paus, pedras, areia, óleos e gorduras, que possam danificar os equipamentos e os órgãos a jusante.	Gradagem/tamização Desarenação Homogeneização e armazenamento Separação de óleos e gorduras	Gradados, Areias e Gorduras
Primário	Remoção de uma parte dos materiais flutuantes e sedimentáveis, nomeadamente sólidos suspensos e matéria orgânica.	Químico: Neutralização Físico: Flotação, Decantação e Filtração	Lamas Primárias e Gorduras
Secundário	Remoção da matéria orgânica por processos biológicos. Nos processos em que há formação de flocos é necessária uma operação de decantação para remoção dos flocos formados que incorporam a matéria orgânica removida.	Lamas activadas Leitos Percoladores Discos Biológicos Lagoas de Estabilização Digestão anaeróbia Decantação Secundária (quando necessária)	Lamas secundárias ou biológicas
Terciário	Remoção adicional do material dissolvido ou suspenso ainda presente após o tratamento secundário, usando combinações de operações e processos. Remoção/inactivação de microrganismos	Coagulação Decantação Filtração Adsorção sobre carvão Troca iónica Osmose inversa Desinfecção	-

1.1.2 TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA

O tratamento da fase sólida inclui uma sequência de operações e processos que permitem o tratamento dos subprodutos gerados no tratamento da fase líquida.

Relativamente aos gradados e areias, após serem retirados da fase líquida, são normalmente descarregados em contentor e levados a destino final.

No que se refere às gorduras, ou são tratadas conjuntamente com as lamas ou são encaminhadas para um novo sistema de gradagem e degradação num tanque por acção biológica que pode ser anaeróbio ou aeróbio.

O principal objectivo do tratamento de lamas é por um lado reduzir o seu teor em água e, por outro lado, reduzir a quantidade de nutrientes presentes. A consequente redução do volume de lamas irá facilitar o seu manuseio e transporte diminuindo os custos até destino final e a redução do teor em água irá aumentar o seu poder calorífico, reduzir a sua capacidade de fermentação (estabilização) e ainda irá reduzir os odores diminuindo o potencial de putrefacção possibilitando a sua compostagem ou deposição em aterro [Maria Pereira, 2008; METCALF&EDDY, 2003].

As várias etapas de tratamento da fase sólida são resumidas no quadro 1.2.

Quadro 1.2 - Etapas do tratamento da fase sólida, bem como os seus objectivos, adaptado de [Andreia Oliveira, 2008]

OPERAÇÃO/PROCESSO	OBJECTIVO
Espessamento Gravítico (Flotação)	Aumentar a concentração de sólidos provenientes do decantador, com a consequente redução do volume de lamas a transportar.
Estabilização	Reduzir os microrganismos patogénicos e controlar/limitar o potencial de putrefacção da matéria orgânica através do bloqueio das reacções biológicas, com a consequente eliminação de cheiros.
Condicionamento	Melhorar a eficiência dos processos de desidratação mecânica, através da destabilização dos colóides e do aumento da dimensão dos flocos.
Desidratação	Remover a água presente nas lamas provenientes dos decantadores e/ou espessadores.

1.2 TRATAMENTO BIOLÓGICO EM ETAR

Os tratamentos biológicos em ETAR podem ocorrer na presença de oxigénio (processo aeróbio) ou na ausência de oxigénio (processo anaeróbio). Em qualquer um dos casos o tratamento pode ser dividido em duas categorias principais: tratamento por biomassa suspensa e tratamento por biomassa fixa (biofilme). O correcto projecto e funcionamento destes processos requer o conhecimento dos tipos de microrganismos envolvidos, das reacções específicas que estes realizam, das condições ambientais que afectam a sua performance, das suas necessidades nutricionais e das cinéticas das suas reacções.

1.2.1 PROCESSOS DE BIOMASSA EM SUSPENÇÃO

Os processos por biomassa em suspensão são processos biológicos de tratamento nos quais os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica ou outros constituintes presentes nas águas residuais são mantidos em suspensão no líquido. Nos processos aeróbios as principais vertentes incluem arejamento rápido (alta carga), convencional (média carga) ou prolongado (baixa carga) e nos processos anaeróbios utilizam-se processos de lagunagem.

O objectivo destes processos é a remoção da matéria orgânica da água residual, que se encontra sob a forma de partículas em solução, em dispersão coloidal ou em suspensão. É um processo que se caracteriza pela ocorrência do contacto entre a matéria orgânica e os microrganismos aeróbios ou anaeróbios, responsáveis pelos processos de oxidação. Os flocos biológicos, também denominados por lamas activas, resultam de processos de floculação de partículas coloidais, orgânicas e inorgânicas e de células vivas [Andreia Oliveira, 2008].

O reactor onde se realizam os processos aeróbios denomina-se tanque de arejamento (TA), que para garantir condições aeróbias é promovido de arejamento por via artificial (p.e. através de agitadores mecânicos e, ou sistemas de injeção de ar difuso). O arejamento das lamas activadas é essencial para manter o regime de mistura de modo a limitar a sedimentação de lamas, evitar a presença de zonas mortas e ainda promover o contacto entre a água residual e os microrganismos,

permitindo a formação de novas células e a respiração endógena (degradação da matéria orgânica).

Após permanecer no reactor biológico o tempo de retenção hidráulico para o qual foi dimensionado, o conteúdo do reactor passa para um decantador secundário onde se dá a separação entre a fase sólida (lamas activadas) e a fase líquida (água residual tratada). Uma parte das lamas é recirculada para o tanque de arejamento, de forma a manter-se uma concentração de microrganismos óptima para as condições de funcionamento. Pelo facto de se produzirem em contínuo mais células do que a quantidade necessária, é necessário purgar uma fracção de lamas, designadas de lamas em excesso.

As figuras 1.2 e 1.3 representam o funcionamento do tratamento biológico por lamas activadas em suspensão.

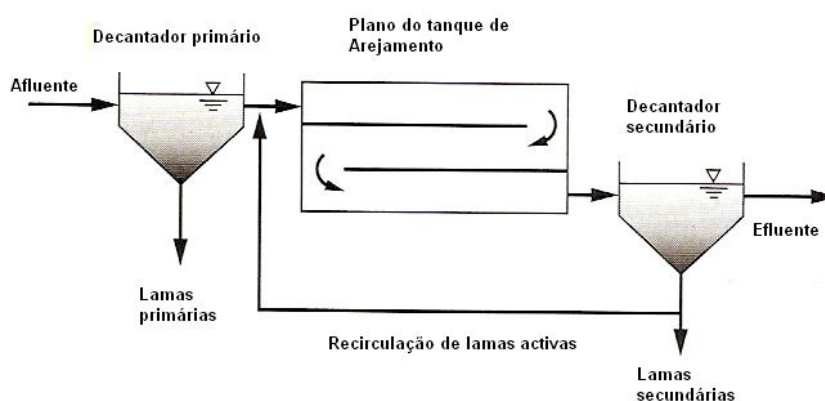


Figura 1.1.2 - Representação do tratamento biológico por lamas activadas em suspensão, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

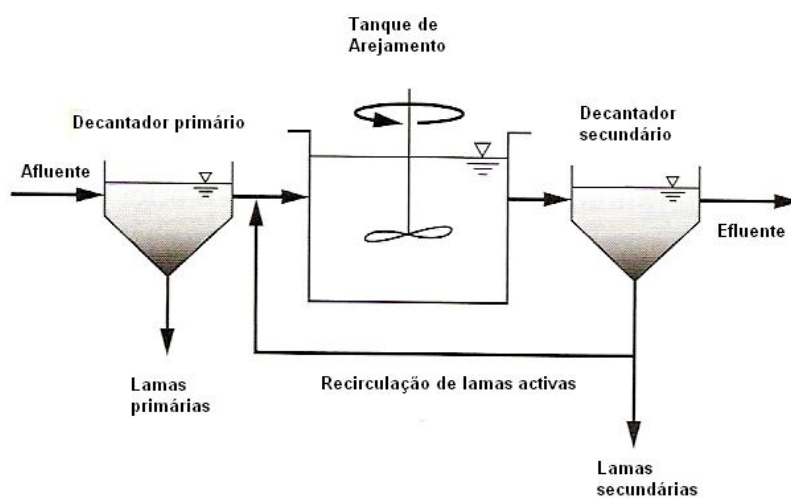


Figura 1.1.3 - Representação do tratamento biológico por lamas activadas em suspensão, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

1.2.2 PROCESSOS DE BIOMASSA FIXA

Os processos de biomassa fixa são processos biológicos de tratamento nos quais, os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica ou outros constituintes presentes na água residual estão fixados a um meio de suporte inerte, que pode ser rocha, areia ou materiais sintéticos e que deve providenciar a maior área superficial possível e espaço livre para ventilação. Os biofiltros, os leitos percoladores e os discos biológicos são exemplos de processos biológicos por biomassa fixa. Dos processos por biomassa fixa os leitos percoladores são um dos mais utilizados no tratamento das ARU.

À semelhança do que se passa nos sistemas de biomassa em suspensão, também nestes sistemas, a matéria orgânica é removida por oxidação biológica e ocorre formação de novas células.

No processo de leitos percoladores, após o tratamento preliminar, o efluente passa pelo decantador primário até chegar ao leito percolador ao qual afluente através de um distribuidor rotativo e vai criar no leito um filme biológico constituído por um aglomerado de bactérias que fazem a decomposição da matéria orgânica. Quando o efluente é escoado pode ser feita a recirculação em torno do leito percolador ou a descarga no meio receptor. No entanto, a recirculação deve ser feita de preferência a partir do efluente tratado do decantador secundário, pois neste caso, a matéria orgânica encontra-se mais diluída e, por conseguinte, não ocorre o risco de o leito percolador sofrer colmatção dos espaços vazios de enchimento [Andreia Oliveira, 2008; Maria Pereira, 2008]

1.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ARU NUM SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO

A compreensão da natureza das águas residuais é essencial para o projecto e operação de instalações de recolha e tratamento e para a engenharia de manutenção da qualidade ambiental.

Os constituintes a considerar no tratamento das águas residuais encontram-se resumidos no quadro 1.3.

Quadro 1.3 - Principais constituintes relacionados com o tratamento das águas residuais, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003]

CONSTITUINTE	IMPORTÂNCIA
Sólidos suspensos	Sólidos suspensos podem levar ao desenvolvimento de depósitos de lamas e condições anaeróbicas
Compostos orgânicos biodegradáveis	Compostos principalmente por proteínas, hidratos de carbono e gorduras. Normalmente são medidos em termos de CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio) e CQO (Carência Química de Oxigénio). A sua estabilização biológica pode levar ao consumo das fontes naturais de oxigénio e desenvolvimento de condições sépticas
Organismos patogénicos	Doenças transmissíveis podem ser transmitidas pelos organismos patogénicos presentes na água residual
Nutrientes	Tanto o azoto como o fósforo, juntamente com o carbono, são nutrientes essenciais ao crescimento. Podem originar o crescimento de plantas aquáticas indesejáveis
Poluentes prioritários	Muitos dos compostos encontrados nas águas residuais são compostos orgânicos e inorgânicos, muitos deles tóxicos, carcinogénicos ou mutagénicos.
Orgânicos refratários	Estes compostos orgânicos tendem a ser resistentes aos métodos tradicionais de tratamento das águas residuais. Exemplos típicos incluem surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas
Metais pesados	Metais pesados apresentam-se nas águas residuais devido às actividades comerciais e industriais e dado a sua toxicidade haverá necessidade de os remover no caso de se pretender reutilizar a água residual.
Inorgânicos dissolvidos	Constituintes inorgânicos tais como cálcio, sódio e sulfato são adicionados às águas domésticas originais para permitir o seu reuso, mais tarde, estes compostos têm de ser retirados

Existem também vários parâmetros que afectam a formação/libertação dos compostos odoríficos presentes nas águas residuais para a atmosfera. O quadro 1.4 apresenta-os de forma sucinta.

Quadro 1.4 - Parâmetros que afectam a libertação/medição de odores nas águas residuais, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

PARÂMETRO	COMPOSTOS ODORÍFICOS	PRODUÇÃO DE ODORES		LIBERTAÇÃO DE ODORES
		Via química	Via biológica	
Temperatura	-	-	√	√
pH	-	√	-	√
Potencial redox	-	√	-	-
Oxigénio dissolvido	-	-	√	-
CBO ₅	-	-	√	-
Relação CBO/CQO	√	-	-	√
Sulfuretos dissolvidos	√	-		√
Nitratos dissolvidos	√	-	√	√
Metais dissolvidos	√	√	-	√
Agentes oxidativos	√	√	√	√

As características das ARU são um dos factores responsável pela presença de odores nos sistemas de saneamento básico, pois consoante a quantidade e o carácter dos compostos presentes, bem como, os parâmetros das ARU, estas terão mais ou menos potencial para a produção e libertação de odores.

2 ODORES

O odor pode ser definido como um estímulo das células olfactivas na presença de compostos específicos incluindo compostos orgânicos voláteis (COV) e compostos inorgânicos voláteis (CIV). Na generalidade o problema mais comum com os odores é causado por uma mistura de compostos voláteis com valores limiares de percepção muito baixos e que estão em baixas concentrações no ar.

Segundo [Waldir Schirmer, 2004], os odores resultam das sensações resultantes da interacção de moléculas orgânicas ou inorgânicas voláteis de diversas origens com o sistema olfactivo do organismo, provocando impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro. Compostos odoríferos podem também ser sentidos quando absorvidos pela mucosa da boca ou da garganta.

De um modo geral, a causa dos odores está associada à presença de compostos odoríferos no ar, em consequência de emissões gasosas de compostos químicos [Rosa Antunes, 2006].

Geralmente, a qualidade do odor está associada ao tipo de ligações químicas e o potencial odorífero está relacionado com a massa molar, na medida em que quanto menor for a massa molar do composto maior será a sua volatilidade e consequentemente maior será a probabilidade de ser detectado [WEF/ASCE, 1995].

Existem muitas substâncias que são detectadas no ar como odores. Considerando a percepção individual de um odor, é facilmente comprovado que cada composto tem uma concentração determinada em que cada indivíduo consegue sentir o odor. A concentração no ar à qual a pessoa percebe o odor de uma substância particular é chamada o valor limiar de percepção do odor. Cada substância volátil particular tem o seu próprio valor limiar de percepção [WEF, 2004].

O quadro 2.1 apresenta os valores limiares de percepção para os compostos odoríferos específicos associados a águas residuais não tratadas.

Quadro 2.1 - Valores limiares dos compostos odoríficos associados a águas residuais não tratadas, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003]

COMPOSTO ODORÍFICO	LIMIAR DE PERCEÇÃO DO ODOR ppm_v⁽¹⁾
Amoníaco	46,8
Cloro	0,314
Clorofenol	0,000180
Mercaptano de crotilo	0,0000290
Sulfureto dimetílico	0,000100
Sulfureto de difenilo	0,00470
Etil mercaptano	0,000190
Sulfureto de hidrogénio	0,000470
Indole	0,000100
Metil amina	21,0
Metil mercaptano	0,00210
Esquatole	0,0190
Dióxido de enxofre	0,00900
Tiocresol	0,0000620
Trimetil amina	0,000400

(1) - Partes por milhão em volume

2.1 MEDIÇÃO DE ODORES

O crescente nível de urbanização e a consequente ocupação do espaço que implica que as ETAR se localizem nas proximidades ou mesmo integradas em zonas urbanas habitacionais e as atmosferas agressivas das ETAR, tanto a nível de exposição dos trabalhadores como a nível da corrosão, são fenómenos que tornam imperativo o estabelecimento de meios de redução da formação/libertação dos compostos odoríficos através da aplicação de tecnologias de controlo de odores seleccionadas em função da dimensão do problema, que só é possível avaliar através de uma medição de odores. [Rosa Antunes, 2006].

Desde as versões mais recentes do “Clean Air Act” (CAA) que estabelecem as concentrações máximas de segurança dos poluentes, os cientistas e engenheiros têm desenvolvido métodos de quantificação das concentrações dos poluentes no ar e das taxas de libertação destes compostos das suas fontes de geração para o ar [WEF, 2004].

A avaliação do odor integra a quantificação de compostos odoríficos presentes no ar, recorrendo a métodos analíticos, e a quantificação do odor, recorrendo a métodos sensoriais [METCALF&EDDY, 2003].

2.1.1 MÉTODOS SENSORIAIS

Os métodos sensoriais baseiam-se no efeito da percepção do composto odorífico pelo sistema olfactivo humano e recorrem a pessoas (assessores humanos) para avaliar e caracterizar a resposta humana à presença de compostos químicos odoríficos no ar inalado. De acordo com estes métodos é possível avaliar o odor através dos seguintes parâmetros: detectabilidade (concentração limite de detecção); intensidade (percepção do odor ou concentração limite de reconhecimento); tom hedónico (grau de agradabilidade ou desagradabilidade); qualidade; e potencial para o incómodo. A determinação de cada um destes parâmetros resulta da aplicação de diferentes metodologias, correspondendo a mais comum à medição da concentração do odor (detecção) através de olfactometria. A olfactometria mede a concentração de compostos odoríficos expressa em unidades de odor por metro cúbico de ar (ou/m³) baseando-se na recolha de amostras e na sua diluição em vários graus para posterior inalação por um conjunto de assessores humanos [Rosa Antunes, 2006].

2.1.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos incluem a avaliação no local e a avaliação em laboratório. A avaliação no local pode ser concretizada através de equipamento de medição em contínuo ou pontual recorrendo a instrumentos fixos ou portáteis, para um ou mais compostos químicos. Por outro lado, a avaliação em laboratório inclui a aplicação de cromatografia gasosa e de espectrometria de massa, implicando a recolha de

amostras na fonte e o seu transporte até ao laboratório. O tipo de metodologia de amostragem empregue depende do tipo de análise a efectuar sobre a amostra e da concentração necessária à obtenção de resultados representativos. Se a análise se realizar por espectrometria de massa é necessário providenciar amostras concentradas, dado que os compostos odoríficos encontram-se normalmente em concentrações abaixo do limite de detecção dos espectrómetros (da ordem de partes por bilião) [Gregory Wight, 1994; Rosa Antunes, 2006].

Em “Fundamentals of air sampling” de [Gregory Wight, 1994] e em “The Practical Handbook of Compost Engineering” de [Roger Haug, 1993] encontram-se identificados e descritos vários métodos analíticos de determinação de compostos gasosos, quer recorrendo a instrumentos portáteis quer recorrendo a análises laboratoriais.

2.2 PRESENÇA DE ODORES NUM SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO

2.2.1 ORIGEM DOS ODORES

As substâncias odoríficas que são emitidas dos processos de tratamento e recolha de águas residuais incluem gases inorgânicos e orgânicos. Os gases inorgânicos incluem o sulfureto de hidrogénio e o amoníaco. Apesar de ambas as classes dos compostos serem tipicamente produzidos como resultado da actividade biológica, os vapores orgânicos podem também ser originados directamente através de descargas industriais. A origem de muitos desses compostos resulta da decomposição anaeróbia da matéria orgânica contendo azoto e enxofre, que por sua vez, pode ser provocada ou aumentada por descargas com elevadas temperaturas, elevadas cargas orgânicas, ou com compostos químicos reduzidos, pois isto conduz à diminuição de oxigénio dissolvido na água residual.

As águas residuais frescas (sem passarem por fases anaeróbicas) contêm odores distintivos, um pouco desagradáveis, que são menos censuráveis que os odores das águas residuais que tenham sofrido decomposição anaeróbica. Contudo,

os odores podem também ser gerados pela decomposição aeróbia e pelas operações e processos de processamento de sólidos que envolvam tratamento térmico [METCALF&EDDY, 2003; WEF/ASCE, 1995].

O odor mais característico da septicidade das águas residuais é o sulfureto de hidrogénio, que é produzido por microrganismos anaeróbicos que reduzem os sulfatos a sulfuretos. As águas residuais industriais podem conter compostos odoríficos ou compostos que produzam odores durante o seu processo de tratamento. [METCALF&EDDY, 2003]

Segundo a [WEF/ASCE, 1995; Roger Haug, 1993], os gases provenientes das águas residuais geralmente incluem sulfureto de hidrogénio, amoníaco, dióxido de carbono e metano. Desses só o sulfureto de hidrogénio e o amoníaco são odoríficos. Frequentemente os gases emitidos incluem também compostos altamente odoríficos como mercaptanos e aminas como indole e esquatole (COV). Dependendo do tipo de compostos químicos presentes nas descargas industriais, outros compostos odoríficos podem incluir ácidos orgânicos, de cadeia carbonada curta ou longa (gordos), aldeídos, álcoois, alcanos, cetonas e esterres.

Uma água residual urbana medianamente carregada apresenta uma composição propícia à formação de odores dado que inclui proteínas, hidratos de carbono, óleos, gorduras e ureia [METCALF&EDDY, 2003] cuja hidrólise, oxidação ou decomposição microbiológica podem originar compostos odoríficos [WEF/ASCE, 1995]. Por exemplo, a decomposição anaeróbia de hidratos de carbono conduz a ácidos gordos voláteis (AGV) e a degradação das proteínas inclui a formação de mercaptanos. O amoníaco tem a sua principal origem na decomposição da ureia, um dos constituintes da urina [METCALF&EDDY, 2003]. Por outro lado, a água residual contém entre 3 a 6 mg/L de enxofre principalmente decorrentes de matérias proteicas, 4 mg/L de sulfatos derivados de detergentes domésticos e ainda 30 – 60 mg/L de enxofre inorgânico provenientes das indústrias, pelo que, os teores em enxofre se apresentam em quantidade suficiente para promover a formação de odores, nomeadamente através da redução anaeróbia dos sulfatos a sulfuretos [Laura Capelli, Selena Sironi, Renato Del Rosso, Paolo Céntola, 2009].

No quadro 2.2 apresentam-se as propriedades químicas e físicas dos compostos encontrados normalmente nos sistemas de saneamento básico de águas residuais. De salientar que a maioria destes compostos odoríficos são gasosos em condições normais de pressão e temperatura [WEF/ASCE, 1995].

Quadro 2.2 - Propriedades físico-químicas dos compostos normalmente encontrados nos sistemas de saneamento básico, adaptado de [Rosa Antunes, 2006; WEF/ASCE, 1995].

	Composto	Fórmula química	Massa molar (g/mol)	Densidade (g/m ³)	Pressão de vapor (mm Hg, 25°C)	Volatilidade (ppm _v , 25°C)	Ponto de ebulição (°C, 1 atm)	Descrição do odor característico
Compostos azotados	Amoníaco ⁽¹⁾	NH ₃	17,03	-	-	gás	-33,34	Acre, irritante
	Metilamina	CH ₃ NH ₂	31,06	1,15	1520,0	gás	-6,4	Peixe em putrefacção
	Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	45,08	1,15	1057,35	gás	17,0	Peixe em putrefacção
	Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	45,08	1,15	1520,0	gás	7,0	Peixe em putrefacção
	Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	59,11	-	-	gás	2,9	Peixe em putrefacção
	Butilamina	C ₄ H ₉ NH ₂	72,13	0,7327	72	93000	77,9	-
	Dietilamina	(C ₂ H ₅) ₂ NH	73,14	-	192 (20°C)	-	55,5	-
	Piridina	C ₅ H ₅ N	79,10	0,978	20,00	27000	115,0	Pungente (irritante)
	Indol	C ₆ H ₄ (CH) ₂ NH	117,15	1,220	-	360	254,0	Fecal, repulsivo
	Escatol	C ₈ H ₅ CH ₃ NH	131,18	-	-	200	265,0	Fecal, repulsivo
Compostos sulfurados	Sulfureto de hidrogénio ⁽¹⁾	H ₂ S	34,08	1,41	15200,00	gás	-59,6	Ovos podres
	Dióxido de enxofre ⁽¹⁾	SO ₂	64,06	-	-	gás	-	Pungente (irritante)
	Sulfureto de dimetilo	(CH ₃) ₂ S	62,14	1,26	420,0	830000	37,0	Vegetais em decomposição
	Disulfureto de dimetilo	(CH ₃) ₂ S ₂	94,20	1,046	29,49	-	110,0	Putrefacção
	Sulfureto de metilo	CH ₃ SH	48,11	0,999	1728,82	gás	6,0	Couve ou alho em decomposição
	Sulfureto de etilo	C ₂ H ₅ SH	62,14	-	-	710000	35,0	Couve em decomposição
	Sulfureto de n-propilo	C ₃ H ₇ SH	76,16	-	-	22000	-	Pútrido
	Sulfureto de n-butilo	C ₄ H ₉ SH	90,19	-	-	-	-	-
	Tiofenol	C ₆ H ₅ SH	110,18	-	-	-	-	Alhos em decomposição

Composto		Fórmula química	Massa molar (g/mol)	Densidade ⁽³⁾ (g/m ³)	Pressão de vapor ⁽⁴⁾ (mm Hg, 25°C)	Volatilidade ⁽⁴⁾ (ppm _v , 25°C)	Ponto de ebulição ⁽³⁾ (°C, 1 atm)	Descrição do odor característico
Ácidos gordos voláteis (AGV)	Fórmico	H COOH	46,03	1,22	42,00	-	100,7	-
	Acético	CH ₃ COOH	60,05	1,05	15,40	-	118,0	Vinagre
	Propiónico	C ₂ H ₅ COOH	74,08	0,97	10,00	-	-	-
	Butírico	C ₃ H ₇ COOH	88,11	0,97	0,84	-	162,0	Ranço
	Valérico	C ₄ H ₉ COOH	102,13	0,942	0,15 (20°C)	-	185,0	Suor
Aldeídos e Cetonas	Formaldeído	HCHO	30,03	0,97	3500,0	gás	-14,0	-
	Acetaldeído	CH ₃ CHO	44,05	0,788	870,0	gás	21,0	Pungente (irritante); afrutado
	Butiraldeído	C ₃ H ₇ CHO	72,11	0,97	0,14	-	76,0	Suor, ranço
	Acetona	CH ₃ CO CH ₃	58,08	0,79	266,0	-	56,0	Frutado
	Butanona	C ₂ H ₅ CO CH ₃	72,11	-	-	-	80,0	Maça verde

Notas: (1) Os compostos assinalados são compostos inorgânicos, sendo os restantes orgânicos.

(2) *Chemical Abstract Service Registry Number*.

(3) Adaptado de [Rosa Antunes].

(4) Adaptado de [WEF/ASCE, 1995].

2.2.2 FONTES EMISSORAS DE ODORES

Num sistema de saneamento básico, as principais fontes emissoras de odores incluem: as redes de colectores, os órgãos de pré-tratamento, os decantadores primários, as lagoas anaeróbias e os espessadores, digestores e as operações de desidratação de lamas.

É fundamental evitar a acumulação de sólidos nos órgãos de tratamento, controlando convenientemente as cargas e os tempos de retenção hidráulica.

A intervenção na operação das fontes de emissão, quando não existe tratamento de odores, é por vezes a única estratégia possível para os diminuir.

De acordo com [METCALF&EDDY, 2003], numa ETAR convencional, as operações na obra de entrada e no tratamento preliminar têm o maior potencial para a libertação de odores, especialmente em instalações às quais estejam associados longos sistemas de recolha onde condições anaeróbicas possam ser criadas. Descargas secundárias, nomeadamente as associadas ao processamento de lamas são também uma principal fonte de odores, especialmente nas estruturas de controlo ou nas câmaras misturadoras onde essas correntes são descarregadas. Relativamente à fase sólida as fontes mais significativas de odores são as instalações de espessamento de lamas, digestores anaeróbios, e instalações elevatórias de lamas. O maior potencial para os odores é quando as lamas por estabilizar estão a ser tratadas (ex., transferência, homogeneização, ou armazenamento). A desidratação de lamas também produz odores significativos [G.Moussavi, K. Naddafi, A. Mesdaghinia, M. A. Deshusses, 2007].

A descarga e processamento dos conteúdos de limpa - fossas podem também contribuir para a formação/libertação de odores.

Em termos gerais, a [Rosa Antunes, 2008] diz ainda que, o sulfureto de hidrogénio é o composto de maior ocorrência em ETAR no ar da ventilação de locais com água residual bruta, na obra de entrada e tratamento preliminar, na decantação primária e nos gases da digestão das lamas. Por outro lado, a ocorrência de amoníaco é normalmente associada às operações de processamento de lamas.

As principais fontes de odores na exploração de um sistema de saneamento básico e o potencial relativo para a sua libertação são apresentados no quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Fontes de odores no sistema de gestão das águas residuais, adaptado de [METCALF & EDDY,2003; WEF/ASCE, 1995].

LOCALIZAÇÃO	FONTE/CAUSA	POTENCIAL ODORÍFICO
Sistema de recolha e drenagem	Acumulação de compostos odoríferos libertados da água residual	Alto
Obra de Entrada	Libertação de compostos odoríferos gerados no sistema de recolha e drenagem devido à turbulência nos canais e em pontos de transição	Alto
Gradagem	Matéria putrescível removida nas grades	Alto
Pré - arejamento	Libertação de compostos odoríferos gerados no sistema de recolha e drenagem	Alto
Remoção de areia	Matéria orgânica removida com a areia	Alto
Tanques de equalização	Superfície dos tanques/Condições sépticas devido à acumulação de escumas e sólidos depositados	Alto
Fossas sépticas	Libertação de compostos odoríferos a partir das fossas sépticas, sobretudo se estiver a ocorrer a transferência	Alto
Retorno das escorrências^a	Fluxo de retorno do processo de tratamento de lamas	Alto
Decantação primária	Superfície dos decantadores, turbulência no escoamento, escumas e matéria putrescível tanto flutuantes como depositadas, criando condições sépticas	Alto/Moderado
Processos biológicos por biomassa fixa	Septicidade devido ao oxigénio insuficiente, colmatação do meio filtrante e elevada carga orgânica	Moderado/Alto
Tanques de Arejamento	Lamas recirculadas em estado séptico, caudais de escorrências odoríficas, elevada carga orgânica, mistura deficiente, oxigénio dissolvido insuficiente, deposição de sólidos	Baixo/Moderado
Decantadores Secundários	Sólidos suspensos/Excessiva retenção de sólidos	Baixo/Moderado
Espessamento, tanques de retenção de sólidos	Sólidos suspensos, retenção das espumas e lamas exageradas, depósitos de sólidos, aumento da temperatura, turbulência	Alto/Moderado

Digestão aeróbia	Mistura incompleta no reator	Baixo/Moderado
Digestão anaeróbia	Pode dar-se a formação e libertação de gás sulfídrico, concentração elevada de sulfatos nos sólidos	Moderado/alto
Armazenamento das lamas	Mistura deficiente ou inexistente e formação de escumas	Moderado/Alto
Desidratação mecânica	Libertação de compostos odoríficos a partir dos sólidos desidratados devido ao teor em matéria putrescível. A adição de químicos promove a libertação de amoníaco	Moderado/Alto
Transfega de lama	Libertação de compostos odoríficos durante a transferência das lamas armazenadas para os veículos de transporte	Alto
Instalações de compostagem	Sólidos compostados devido ao arejamento insuficiente e, ou à ventilação inadequada	Alto
Estabilização química	Sólidos estabilizados/produção de amónia devido à reacção com cal	Moderado
Incineração	Emissões de ar/temperatura insuficiente para destruir todos os compostos odoríficos	Baixo
Leitos de secagem de lama	Sólidos desidratados devido ao excesso de matéria putrescível e, ou à estabilização insuficiente	Moderado

^a As escorrências podem incluir fluxos de retorno dos digestores, decantadores e da desidratação, ou água de lavagem em recirculação

2.2.3 CAUSAS DA EMISSÃO DE ODORES

Neste subcapítulo pretende-se resumir os principais mecanismos da emissão de odores, associados às operações e processos de tratamento potencialmente odoríficos.

Os odores das águas residuais, bem como, os seus resíduos, tornam-se muito mais intensos e desenvolvem concentrações mais elevadas de compostos odoríficos quando o oxigénio é consumido e condições anaeróbicas são induzidas. Por esta razão, a maioria da discussão à volta da geração de odores em ETAR foca-se nas condições anaeróbicas que se possam desenvolver no sistema de recolha a montante das ETAR e nas várias unidades de processo.

2.2.3.1 EMISSÕES ODORÍFICAS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA FASE LÍQUIDA

2.2.3.1.1 SISTEMA DE RECOLHA E DRENAGEM

O potencial para libertação de odores no sistema de recolha e drenagem é elevado e segundo [WEF, 2004; Rosa Antunes, 2006], existem diversos factores que conduzem a condições anaeróbicas no sistema de recolha, e conseqüentemente, a uma maior formação de odores, bem como à sua libertação para a atmosfera das tubagens, causando um aumento da pressão.

Alguns desses factores são:

- Sifões invertidos, em que a passagem livre do ar é bloqueada;
- Estruturas que originam queda de água (turbulência), onde a água residual que está a entrar desloca o ar;
- Descargas dos emissários em pressão;
- Redução dos diâmetros das tubagens;
- Interceptores gravíticos grandes construídos a declive mínimo;
- Tempos de detenção longos;
- Velocidades de escoamento reduzidas, permitindo a deposição de sólidos.

Essencialmente, qualquer ponto que permita a troca de ar entre os sistemas de recolha (estações elevatórias e tubagens) e o exterior pode criar problemas de odor [WEF/ASCE, 1995].

De acordo com vários investigadores, (Boon e Lister, 1975; Hvitved-Jacobsen et al., 1999; Nielsen and Hvitved-Jacobsen, 1988; Pomeroy e Parkhurst, 1977; Thistlethwayte, 1972), numerosos compostos odoríficos, especialmente o sulfureto de hidrogénio, são produzidos no sistema de recolha. A figura 2.1 demonstra o processo de libertação desses compostos.

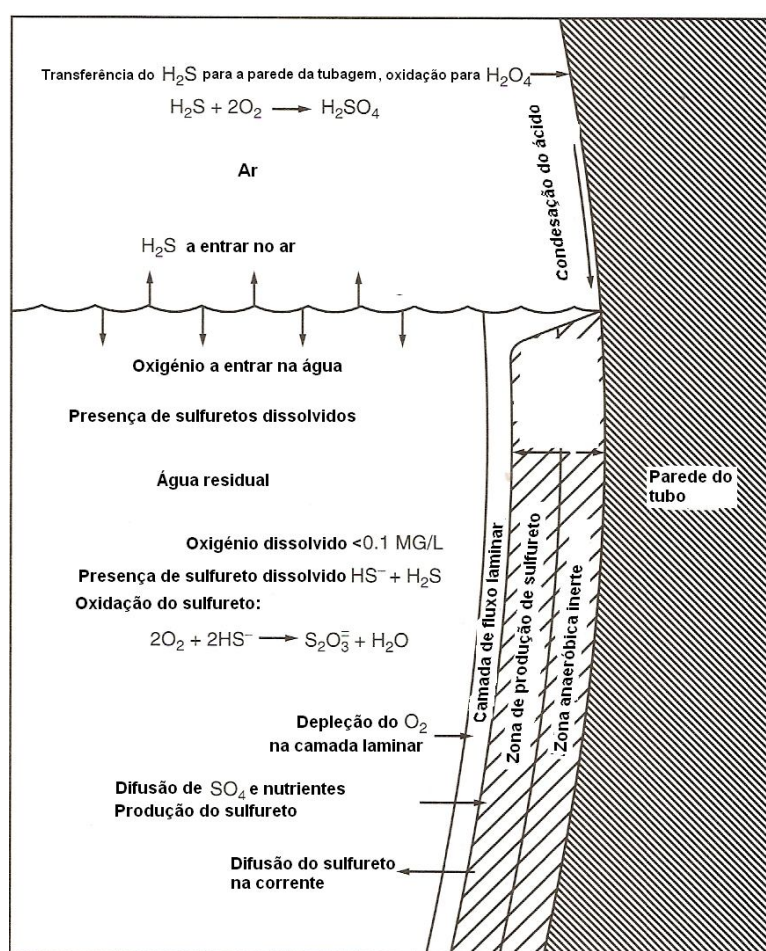


Figura 2.1 - Processos que ocorrem no nas tubagens do sistema de recolha em condições anaeróbicas.

2.2.3.1.2 OBRA DE ENTRADA

A ocorrência de odores na obra de entrada deve-se à libertação dos gases sob pressão provenientes do sistema de recolha, ou seja, os gases formados nas tubagens do sistema de recolha, permanecem na atmosfera das tubagens pressurizadas, ou no líquido, e quando estes chegam à obra de entrada são forçados a sair pelas zonas desta secção que estiverem em contacto com a atmosfera exterior (aberturas), libertando assim o odor. Existe também a volatilização dos compostos odoríficos contidos na água residual afluyente devido ao regime de escoamento turbulento (que promove a libertação de parte dos compostos odoríficos contidos na água residual) [Rosa Antunes, 2006]. Deste modo, segundo [METCALF&EDDY, 2003], a ocorrência de odores na obra de entrada pode ser devido a:

- Descargas de águas sépticas ou potencialmente sépticas, e, ou descargas industriais para o sistema de drenagem ou directamente na obra de entrada;
- Recirculação de caudais processuais internos à obra de entrada, com composição potencialmente odorífica (carga orgânica elevada), que resultam, por exemplo, das operações de tratamento de lamas;
- Ligação demasiado longa do sistema de recolha à Estação de tratamento de modo a poder estabelecer condições anaeróbias.

2.2.3.1.3 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar pode incluir diversas unidades de operação, como grades ou tamisadores, desarenadores, tanque de pré - arejamento, canais afluentes, caixas distribuidoras e tanques de equalização. As características das emissões gasosas destes processos estão fortemente dependentes das características da água residual afluyente (presença de compostos odoríficos na fase líquida ou possibilidade da sua formação a partir de material orgânico acumulado nos diversos órgãos de tratamento), do tempo de detenção no sistema de recolha, do nível de turbulência e das características e volume das recirculações efectuadas.

As principais causas para a libertação de odores para a atmosfera incluem a volatilização a partir da fase líquida (aumentada em zonas de turbulência) e, ou o arejamento nos órgãos de tratamento [Rosa Antunes, 2006; WEF, 2004].

2.2.3.1.4 TRATAMENTO PRIMÁRIO

Os decantadores primários podem ser uma grande fonte de emissão de odores, particularmente se a água residual afluyente contiver níveis significantes de sulfatos dissolvidos. Os canais de entrada, os poços de alimentação e a descarga sobre os descarregadores de saída do efluente da decantação primária representam significativamente as emissões totais dos decantadores. Mais uma vez, isto é devido a níveis de turbulência elevados que promovem a transferência dos compostos odoríficos dissolvidos no líquido para a atmosfera.

As práticas operacionais podem também afectar as emissões odoríficas dos decantadores primários. Níveis de lamas elevados (> 0,6 m, correspondente a tempos de residência elevados) podem resultar na geração de compostos de enxofre reduzidos nas lamas sedimentadas, com consequente aumento de emissões odoríficas tanto das superfícies do líquido como nos descarregadores. A presença de escumas junto aos deflectores pode também ser considerado um factor que contribui para o aparecimento de odores.

De modo idêntico ao que acontece no tratamento preliminar, os compostos odoríficos são libertados para a atmosfera por volatilização a partir da interface sólido-ar (degradação das escumas) e volatilização a partir da interface líquido-ar [WEF, 2004; Rosa Antunes, 2006].

2.2.3.1.5 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Os processos de tratamentos biológicos de águas residuais tipicamente geram menos odores que os dos tratamentos preliminar e primários ou dos processos de manuseamento de lamas.

O processo de lama activada, como já referido, é o tratamento biológico de águas residuais mais comum em uso. As emissões odoríficas dos tanques de lama activada são directamente afectadas pelo tipo de arejamento. Arejadores mecânicos

com níveis de turbulência elevados produzem bolhas de maiores dimensões e conseqüentemente taxas de emissões mais elevadas que os de menor turbulência.

Em reactores com biomassa em suspensão a ocorrência de odores pode dever-se à deposição de sólidos, resultante de uma agitação insuficiente ou deficiente e de o estabelecimento de zonas anóxicas causadas por um arejamento fraco ou deficiente. É de salientar que o arejamento é bom por um lado, pois, fornece o oxigénio, mas ao mesmo tempo origina a lavagem (stripping) dos gases, aumentando assim as emissões odoríficas. Em reactores com biomassa fixa a ocorrência de odores está normalmente associada ao crescimento desigual de biofilme e ao estabelecimento de condições anóxicas (arejamento insuficiente ou ineficiente e, ou problemas na distribuição da água residual no meio).

Os decantadores secundários têm, normalmente taxas de emissões odoríficas baixas, podendo, no entanto, tornar-se mais agressivos se se verificar a ocorrência de problemas nos processos de estabilização aeróbios a montante ou a retenção das lamas decantadas por tempos elevados [WEF, 2004; Rosa Antunes, 2008].

2.2.3.1.6 RECEPÇÃO E PROCESSAMENTO DE LÍQUIDOS SÉPTICOS

A ocorrência de odores associada à recepção e ao processamento de líquidos sépticos (por exemplo, o conteúdo dos limpa fossas) está associada ao seu elevado teor em compostos odoríficos e ao frequente regime de turbulência a que este fluxo é sujeito (descarga para a obra de entrada ou para algum órgão de tratamento), bem como, aos efeitos que a sua incorporação incontrolada na fase líquida pode ter enquanto sobrecarga para os processos de tratamento [Rosa Antunes, 2006].

2.2.3.2 EMISSÕES ODORÍFICAS NOS PROCESSOS DE MANUSEAMENTO DE LAMAS

2.2.3.2.1 ESPESSAMENTO

O tratamento das lamas primárias por intermédio de espessadores gravíticos pode ser uma fonte considerável de odores, não só através dos sólidos sedimentados como também das gorduras e escumas que se acumulam à superfície.

Os processos como flotação com ar dissolvido, usados no tratamento das lamas biológicas são tipicamente menos odoríficas devido às características do material a ser tratado. As lamas biológicas, especialmente as provenientes dos reactores de lamas activadas, têm um odor com uma intensidade menor que as lamas primárias. Contudo, se as lamas biológicas são armazenadas nos decantadores ou nos tanques de armazenamento por demasiado tempo, permitindo que se tornem sépticas, as emissões odoríficas a partir destes processos aumentam. [WEF, 2004]

2.2.3.2.2 HOMOGENEIZAÇÃO/ARMAZENAMENTO

Dependendo das características e da maior ou menor tendência para a septicidade, as lamas, de um modo geral, emitem odores. A septicidade das lamas é potenciada pela formação de compostos odoríficos devido à dificuldade em manter as lamas em condições aeróbias e, também, pela libertação dos compostos odoríficos por volatilização devido ao contacto com a atmosfera e durante as operações de manuseamento e de transporte das lamas (turbulência) [Rosa Antunes, 2006].

Processos de homogeneização ou armazenamento podem não só ser uma fonte de odores, como as suas características de operação podem afectar o carácter e a intensidade das emissões odoríficas dos processos seguintes de desidratação, estabilização e eliminação de lamas.

Tempos de armazenamento superiores a 24 horas podem causar um aumento significativo em compostos de sulfato reduzidos. Isto não só aumenta as emissões

odoríficas dos tanques de homogeneização/armazenamento como também aumenta as emissões odoríficas dos processos de desidratação subsequentes [WEF, 2004].

2.2.3.2.3 ESTABILIZAÇÃO

Existem muitos processos para a estabilização de lamas, com novos processos a serem desenvolvidos e comercializados. Dependendo da natureza do processo, o carácter e intensidade das emissões odoríficas podem ter uma variação elevada [WEF, 2004]. Em baixo apresenta-se um resumo dos tipos genéricos de estabilização e as características das emissões odoríficas resultantes.

Os odores provenientes da digestão aeróbia quando realizada com concentrações suficientes de oxigénio dissolvido são semelhantes aos dos tanques de arejamento, apesar de um pouco mais intenso. Dependendo das características das lamas alimentadas, pode ocorrer a lavagem (stripping) de compostos de sulfato reduzido. Alguns digestores aeróbios são operados como decantadores, nos quais o fornecimento de ar é desligado, permitindo a sedimentação dos sólidos durante algumas horas e a remoção do sobrenadante. Quando o fornecimento de ar é repostado, podem ocorrer emissões intensas de odores durante curtos espaços de tempo, como os sulfuretos que se formaram durante a decantação e são libertados da solução durante os primeiros minutos em que o arejamento é retomado.

Por outro lado, a digestão anaeróbia ocorre, normalmente em reactores fechados, sendo limitada a oportunidade dos odores escaparem. Contudo, devido às condições em que as lamas são digeridas, altos níveis de H_2S e outros sulfuretos e amoníaco podem estar presentes no gás do digestor. A concentração e a intensidade do odor podem ser altas, e a libertação de pequenas quantidades deste gás pode dar origem a maus cheiros. Os pontos de escape dos gases odoríficos incluem a generalidade dos pontos associados a selos hidráulicos. Fugas ou pressão imprópria nas válvulas de libertação podem também ser uma fonte significativa de odores nos digestores anaeróbios.

A estabilização das lamas por adição de materiais alcalinos, como a cal ou resíduos de fornos de cimento é considerado um processo que produz produtos

menos odoríficos comparativamente a outros processos de estabilização de lamas. Contudo, altos níveis de amoníaco e aminas podem ser libertados durante o processo (devido ao aumento do pH) enquanto os sulfuretos continuam presentes nas lamas e produtos finais. O odor destes sulfuretos pode ser mascarado pelo odor do amoníaco. Concentrações de amoníaco no gás de exaustão são significativamente superiores se os materiais alcalinos forem adicionados às lamas digeridas anaeróbiamente. Trimetilamina, a base azotada com um odor desagradável a peixe, pode ser associado a processos de estabilização alcalina. Contudo, a presença de trimetilamina pode também resultar do uso de um polímero no processo de desidratação por quebra da cadeia do polímero a temperaturas e pH elevados.

Existem ainda outros processos utilizados na estabilização de lamas, as suas emissões são descritas de uma forma sucinta no quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Processos utilizados na estabilização de lamas, adaptado de [WEF, 2004].

PROCESSO	ORIGEM DAS EMISSÕES	EMISSÕES ODORÍFICAS
Digestão Termofílica Aeróbia	Gás de exaustão	Concentrações elevadas de compostos odoríficos, tais como, sulfuretos, amoníaco e aminas.
Oxidação Wet-Air	Descargas de lamas a alta temperatura dos reactores para os tanques de decantação.	Odores intensos tais como, aldeídos e cetonas são resultado da oxidação parcial dos compostos orgânicos.

2.2.3.2.4 DESIDRATAÇÃO

Actualmente em uso, a maioria dos processos de desidratação são sistemas mecânicos como os filtros de banda ou centrífugas. As características do odor libertado destes processos são função das características das lamas alimentadas.

As centrífugas podem libertar elevados níveis de odor. Apesar do odor intenso, o volume de ar emitido da ventilação é baixo. Uma vantagem das centrífugas é que, o aparelho é selado, para que a captura de odores possa ser cumprida com um volume de ar relativamente baixo, resultando num menor volume de ar odorífico a

ser tratado. Algumas investigações têm referido que a nova geração de centrifugadoras de alto rendimento podem causar odores mais significativos a partir da lama desidratada [ASCE/WEF, 1995].

No quadro 2.5 são apresentados, de uma forma resumida, emissões odoríficas de outros processos de desidratação.

Quadro 2.5 - - Origem e nível de odores em processos de desidratação, adaptado de [WEF, 2004].

PROCESSO	ORIGEM DO ODOR	NÍVEL DO ODOR
Filtro de banda	Descarga turbulenta do filtrado abaixo da prensa. Elevada área superficial das lamas alimentadas exposta à atmosfera.	Odor elevado
Filtro de pressão	Condicionamento com lima e cloreto férrico. pH elevado.	Odor pouco significativo
Leitos de secagem	Elevada área superficial do material odorífero exposta à atmosfera	Odor elevado

2.2.3.2.5 COMPOSTAGEM

Quando os processos de compostagem foram inventados, nos anos setenta, ainda não se dava importância aos odores. O processo era natural e o produto resultante podia ser usado como condicionador de solos. Mais tarde, quando foi implementado nas Estações de Tratamento de Águas Residuais, rapidamente as emissões odoríficas deste processo causaram queixas pelas populações. Muitas das instalações de compostagem foram fechadas devido aos odores emanados. Ainda hoje, as instalações de compostagem continuam a lutar contra o problema de odores, e o custo do controlo de odores aumenta o custo global do processamento de sólidos.

Existem vários processos de compostagem, entre os quais, compostagem em pilha (monte), estática arejada (forçada), pilha não arejada (vento) e reactores fechados ou praticamente fechados. Todos estes processos libertam odores

aquando da mistura, gradagem, cura e operações de carregamento e manuseamento de lamas [Roger Haug, 1993; WEF, 2004].

Existem ainda outros processos de manuseamento das lamas, nomeadamente a secagem térmica e a incineração, em que ambos apresentam odores, especialmente por volatilização directa das lamas devido às temperaturas elevadas.

2.2.3.2.6 MANUSEAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DAS LAMAS

As emissões odoríficas dos órgãos de manuseamento de lamas, das tremonhas de armazenamento e dos camiões, são função das características do material a ser manuseado. Os sólidos estabilizados, por exemplo, têm tipicamente menos odor que as lamas brutas. O grau de agitação e a temperatura das lamas são também factores importantes [WEF, 2004].

2.2.3.2.7 GRADADOS E ESCUMAS

Os gradados e as escumas são alguns dos subprodutos das estações de tratamento de águas residuais que contém odores ofensivos. Contém frequentemente fracções significativas de matéria orgânica responsáveis pela emissão de odores, particularmente durante o armazenamento. Novos dispositivos que providenciam lavagem e compactação desses materiais, reduzem o conteúdo de matéria orgânica e água, permitindo uma menor decomposição e uma menor produção de odores durante o armazenamento. Apesar de estas operações causarem condições de odor localizado, raramente contribuem de grande forma para as emissões odoríficas totais da ETAR. Algumas vezes é adicionada cal como uma medida temporária para reduzir as emissões odoríficas.

As escumas e as gorduras provenientes dos decantadores e espessadores podem ser uma fonte de odores, particularmente se forem permitidos permanecer na superfície dos tanques ou mantidos por períodos prolongados. [WEF, 2004].

2.3 FACTORES LIMITANTES DA GERAÇÃO DE ODORES

2.3.1 TRANSFERÊNCIA DE COMPOSTOS ENTRE A FASE LÍQUIDA E GASOSA

A presença de compostos odoríficos na fase líquida está directamente relacionada com a ocorrência de odores, pois, pode ocorrer a sua libertação para a fase gasosa. É desejável que os compostos na fase líquida sejam posteriormente oxidados, por via química ou biológica, a compostos potencialmente menos odoríficos [Rosa Antunes, 2006]. Em ETAR, os principais mecanismos associados à transferência dos compostos entre as fases líquida e gasosa incluem a volatilização e a lavagem (“gas stripping”, na terminologia anglo saxónica) [METCALF&EDDY, 2003]. A volatilização designa o processo de libertação de compostos dissolvidos a partir de uma superfície líquida para a atmosfera [WEF/ASCE, 1995] enquanto a lavagem designa o processo de transferência devido à introdução de um gás num líquido.

A transferência de um gás odorífico de fase líquida para a fase gasosa é descrita pela equação de transferência de massa seguinte:

$$r_v = K_L a (C - C^*) \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde,

r_v = Taxa de volatilização (mg/h);

K_L = Coeficiente de transferência de massa (m/h);

a = Área interfacial específica para transferência de massa (m^2);

C = Concentração do composto volátil em água (mg/m^3);

C^* = Concentração do composto volátil em água em equilíbrio com a fase gasosa (mg/m^3).

Os compostos odoríficos na fase gasosa tendem a seguir a lei de Henry, representada pela equação 2.2, que diz que, em condições normais de pressão e temperatura (PTN) e a temperatura constante, a pressão parcial do gás acima da superfície do líquido é directamente proporcional à concentração molecular do gás dissolvido no líquido. Como a constante da lei de Henry é conhecida para vários compostos dissolvidos em água, a relação dada pela lei de Henry revela-se útil na estimativa da concentração desses compostos nas emissões das águas residuais [WEF/ASCE, 1995]. Apresentam-se no quadro 2.6 valores de constante de Henry para alguns compostos.

$$p_g = \frac{H}{P_T} \times x_g \quad \text{Equação 2.2}$$

Em que,

p_g = Fração molar do gás no ar (mole gás/(mole ar + mole gás));

x_g = Fração molar do gás na água (mole gás/(mole água + mole do gás));

H = Constante da lei de Henry (atm (mole gás/mole ar) / (mole gás/mole água));

P_T = Pressão total

Quadro 2.6 - Constante da lei de Henry para alguns compostos a 20°C.

PARÂMETRO	CONSTANTE DE HENRY (atm)
Ar	66,4
Amoníaco	0,750
Dióxido de carbono	1420
Monóxido de carbono	53,6
Cloro	579
Dióxido de cloro	1500
Hidrogénio	68,3
Sulfureto de hidrogénio	483,0
Metano	37,60
Azoto	80,4
Oxigénio	41,10
Ozono	5,30
Dióxido de enxofre	36,00

Deste modo, a transferência entre as fases é tanto maior quanto mais afastada do equilíbrio estiver a concentração numa das fases, sendo afectada pela composição e concentração dos compostos na fase líquida e pela pressão parcial dos compostos na fase gasosa [Rosa Antunes, 2006]. Estes mecanismos de transferência entre fases são também afectados principalmente pelo pH, concentração total do composto, pressões parciais, temperatura e pelas condições de turbulência das águas residuais. Mais comumente, a taxa de geração dos compostos odoríficos, a turbulência da corrente de água residual, e as taxas de ventilação de ar controlam fisicamente as concentrações dos gases odoríficos [WEF/ASCE, 1995].

2.3.2 COMPOSIÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL

A composição da água residual é um dos factores impulsionadores ou limitantes da ocorrência de odores dado que a presença de compostos odoríficos em solução resulta da composição original da água residual, das alterações químicas e bioquímicas que tenham ocorrido durante o seu transporte e do processo de tratamento.

Estes compostos odoríficos têm tendência para serem libertados para a atmosfera no sentido de ser estabelecido o equilíbrio entre as concentrações na fase líquida e na fase gasosa, respeitando a Lei de Henry.

2.3.3 OXIGÉNIO DISSOLVIDO

Uma água residual contendo uma concentração elevada de oxigénio dissolvido leva mais tempo a atingir condições de falta de oxigénio. Condições anaeróbias permitem a produção de subprodutos odoríficos, provenientes da decomposição anaeróbica [WEF/ASCE, 1995], na medida em que, na biodegradação através de processos aeróbios, presença de oxigénio, os compostos libertados são, predominantemente, o dióxido de carbono e vapor de água, enquanto na degradação anaeróbica, ausência de oxigénio, os compostos maioritariamente libertados são o sulfureto de hidrogénio e o metano.

2.3.4 PH

Como a maioria dos compostos associados ao odor são ácidos fracos ou bases fracas, como, o sulfureto de hidrogénio, outros sulfuretos e aminas, o pH da água residual pode afectar, significativamente, o potencial de libertação desses compostos para a atmosfera. Para uma água residual com um pH baixo (<7) é mais provável que os ácidos fracos sejam libertados, devido à maior proporção de material não ionizado. Contrariamente, um aumento no pH (>7) resulta num aumento da proporção de constituintes básicos dissolvidos, como o NH₃ e aminas, encontrando-se não ionizados o que aumenta a sua volatilidade.

Deste modo, numa água residual com valores de pH abaixo de 7,5 os sulfuretos libertam-se na sua forma gasosa, enquanto acima de 7,5 os sulfuretos mantêm-se em solução. Por outro lado, quando a água residual apresenta um pH abaixo de 9,0 o amoníaco mantêm-se protonado e em solução, enquanto se o valor de pH for superior a 9,0 o amoníaco dissolvido liberta-se [Rosa Antunes, 2006].

2.3.5 TEMPERATURA

As taxas das reacções biológicas são dependentes da temperatura. Na gama de temperaturas a que se encontram a maioria das águas residuais, a taxa de captação biológica e a utilização de oxigénio, em regra duplicam a cada 10 °C de aumento da temperatura. Contrariamente, a velocidade da reacção biológica baixa para metade pela diminuição de 10 °C na temperatura. Deste modo, a temperatura das águas residuais tem um efeito directo na taxa em que são atingidas condições anóxicas, e quando estas são alcançadas, na velocidade a que os subprodutos da decomposição anaeróbica são produzidos. Deste modo, em águas residuais com temperaturas entre 10°C e 16°C a produção e libertação de odores é menos provável do que em águas residuais com temperaturas superiores, pelo que é importante o controlo de descargas de efluentes com temperaturas elevadas.

Um segundo efeito da temperatura está relacionado com a solubilidade do oxigénio na água residual e com a sua taxa de transferência para a água residual. Um aumento na temperatura baixa a solubilidade do oxigénio e dificulta a sua transferência para a água residual. Estes efeitos, juntos com a captação mais rápida do oxigénio, fazem da temperatura um factor importante na determinação do potencial de produção de odor [WEF/ ASCE, 1995].

2.3.6 REGIME DE ESCOAMENTO

A drenagem das águas residuais na ETAR é caracterizada por infra-estruturas que aumentam o gradiente de velocidade, como sejam mudanças de direcção, quedas acentuadas e descarregadores, tendo repercussões no regime de turbulência do escoamento. Quanto mais turbulento for o regime de escoamento, maior é a interface entre o líquido e a atmosfera, potenciando a transferência de compostos entre estas duas fases (líquida e gasosa). Por outro lado, a transferência será tanto maior quanto maior for a diferença entre a concentração dos compostos na fase líquida e na fase gasosa [Rosa Antunes, 2006].

Condições do fluxo que minimizem a turbulência irão limitar a libertação de compostos voláteis orgânicos e inorgânicos. Contudo, essas mesmas condições irão minimizar a transferência de oxigénio para a fase da solução, resultando numa concentração mais baixa de oxigénio dissolvido e, conseqüentemente, numa produção mais rápida de sulfureto de hidrogénio e outros subprodutos reduzidos, como, mercaptanos, aminas, e ácidos orgânicos.

Deste modo, um regime de escoamento turbulento constitui, por um lado, um aspecto positivo dado que favorece o fornecimento de oxigénio à água residual e contraria o estabelecimento de condições anaeróbias e, por outro lado, um aspecto negativo dado que favorece a libertação de compostos odoríficos para a atmosfera. A libertação de quantidades significativas de compostos odoríficos para a atmosfera decorre da sua existência em solução, pelo que, nestas circunstâncias é frequente adoptar medidas de dissipação da energia do escoamento, incluindo tubagens de entrada a cota geométrica inferior à superfície livre do líquido e transições hidráulicas suaves [WEF/ASCE, 1995].

2.4 LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE NO TRABALHO APLICÁVEL A TRABALHADORES DE ETAR

Segundo o Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, mais especificamente a portaria nº 762/2002, a entidade gestora deve garantir aos trabalhadores as condições de segurança, higiene e saúde em todos os aspectos relacionados com o trabalho.

Os factores que constituem risco específicos inerentes às actividades de exploração dos sistemas de águas residuais, resultam designadamente das seguintes situações:

a) Insuficiência de oxigénio atmosférico;

A exposição de trabalhadores a atmosferas susceptíveis de apresentar insuficiência de oxigénio só é permitida quando seja garantido um teor volumétrico de oxigénio igual ou superior a 17%, salvo se for utilizado equipamento de protecção adequado, devendo ter-se presente que teores abaixo de 12% são muito perigosos e inferiores a 7% são fatais.

b) Existência de gases ou vapores perigosos;

Relativamente à presença de gases ou vapores perigosos nos sistemas de águas residuais, a entidade responsável deve ter em conta, no que respeita a gases e vapores perigosos, as concentrações limite a partir das quais a segurança e a saúde dos trabalhadores sejam postas em risco, sendo que para o gás sulfídrico não devem ser excedidas concentrações de 10 ppm e de 30 ppm para exposições diárias respectivamente de oito horas e de trinta minutos e nunca deve ser excedida a concentração de 50 ppm. Para o metano para além do perigo de asfixia, se a sua concentração for suficientemente elevada para excluir o oxigénio normal da atmosfera do local de trabalho, o perigo de formação de misturas explosivas com o ar ocorre para teores volumétricos compreendidos entre 5,3% e 14%, os quais devem, portanto, ser evitados.

2.4.1 MEDIDAS DE CONTROLO

Os trabalhadores devem utilizar, sempre que necessário, equipamento de protecção adequado, designadamente protectores auriculares, máscaras antigás, luvas, capacetes, vestuário e botas apropriadas para pisos escorregadios.

Os locais de trabalho confinados e mal arejados devem dispor de ventilação forçada que garanta condições atmosféricas apropriadas, a confirmar por meio de instrumentos e métodos de detecção ou medição de gases ou vapores perigosos e de défice de oxigénio.

A avaliação da exposição profissional a agentes químicos inclui a determinação da concentração desses agentes no ar dos locais de trabalho e a comparação dos valores encontrados com valores de referência que representam níveis de exposição aceitáveis.

2.4.2 VALORES LIMITES DE EXPOSIÇÃO

Em Portugal, os valores limite de exposição devem respeitar a Norma Portuguesa NP1796:2007, onde está definido, para vários agentes químicos os valores limite de exposição (VLE) que representam a concentração máxima de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde. Este parâmetro toma como base os valores limite propostos pela American Conference Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) na sua edição de 2006.

Nesta norma são apresentadas categorias de VLE associados aos tempos de exposição, definidas como:

Valor Limite de Exposição – Média Ponderada (VLE – MP)

Concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.

Valor Limite de Exposição – Curta Duração (VLE – CD)

Concentração à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar repetidamente expostos por curtos períodos de tempo, desde que o valor de VLE - MP não seja excedido e sem que ocorram efeitos adversos, tais como:

- 1) Irritação;
- 2) Lesões crônicas ou irreversíveis dos tecidos;
- 3) Efeitos tóxicos dependentes da dose ou taxa de absorção;
- 4) Narcose que possa aumentar a probabilidade de ocorrência de lesões acidentais, auto-fuga diminuída ou reduzir objectivamente a eficiência do trabalho.

O VLE-CD é definido como uma exposição VLE-MP de 15 minutos que nunca deve ser excedida durante o dia de trabalho, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor limite. Exposições superiores ao VLE - MP e inferiores ao VLE - CD não devem exceder os 15 minutos e não devem ocorrer mais do que 4 vezes por dia. Estas exposições devem ter um espaçamento temporal de 60 minutos, pelo menos.

Valor Limite de Exposição – Concentração Máxima (VLE – CM)

Concentração que nunca deve ser excedida durante qualquer período da exposição.

Os VLE para gases e vapores são normalmente expressos em partes de composto por milhão de partes de ar, em volume (ppm). As concentrações das partículas são expressas em massa por volume de ar (mg/m^3).

A correspondência entre os valores expressos nas duas unidades de medida é demonstrada a seguir:

$$VLE(\text{mg} / \text{m}^3) = \frac{VLE(\text{ppm}) \times \text{massa molecular relativa do composto}}{24,45} \quad \text{Equação 2.3}$$

$$VLE(\text{ppm}) = \frac{VLE(\text{mg} / \text{m}^3) \times 24,45}{\text{massa molecular relativa do composto}} \quad \text{Equação 2.4}$$

O valor 24,45 é o volume molar do ar em dm^3 nas condições de pressão e temperatura normais ($t = 25^\circ\text{C}$ e $p = 760 \text{ mm Hg}$).

Os valores de VLE, bem como, as massas molares para os principais compostos encontrados nos sistemas de saneamento básico estão representados no quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Valores limite de exposição para salvaguarda da saúde humana para os principais compostos odoríficos encontrados em ETAR, adaptado da NP1796:2007; [Rosa Antunes] e de [WEF/ASCE, 1995].

COMPOSTO	VLE			M_r^1	EFEITO CRÍTICO	
	MP	CD	CM			
Compostos azotados	Amoníaco	25	35	-	17,03	Lesão ocular ; irritação do TRS ²
	Metilamina	5	15	-	31,06	Irritação ocular, do TRS e cutânea
	Etilamina	5	15	-	45,08	Irritação ocular e cutânea; lesão ocular
	Dimetilamina	5	15	-	45,08	Irritação do TRS; lesão GI ³
	Trimetilamina	5	15	-	59,11	Irritação do TRS
	Butilamina	-	-	5	73,14	Cefaleias; irritação ocular e do TRS
	Dietilamina	5	15	-	73,4	Irritação ocular e do TRS
	Diamina de metilo	-	-	-	-	-
	Piridina	1	-	-	79,10	Irritação cutânea; lesão hepática e renal
	Indole	10	-	-	117,1	Irritante para fígado e rins
	Escatole	-	-	-	131,18	-
Compostos sulfurados	Sulfureto de hidrogénio	10	15	-	34,08	Irritante; lesão do SNC ⁴
	Dióxido de enxofre	2	5	-	64,07	Irritação do TRS e TRI ⁵
	Sulfureto de dimetilo	10	-	-	62,14	Irritação do TRS
	Disulfureto de metilo	-	-	-	-	-
	Sulfureto de	0,5	10	-	48,11	Irritante; lesão

	metilo					do SNC
	Sulfureto de etilo	0,5	-	-	62,14	Irritante; lesão do SNC
	Sulfureto de n-propilo	-	-	-	76,16	-
	Sulfureto de n-butilo	0,5	-	-	90,19	Irritante; lesão do SNC e SR ⁶
	Tiofenol	0,5	-	-	110,18	Irritante; dermatose
AGV	Fórmico	5	10	-	46,02	Irritação ocular, do TRS e cutânea
	Acético	10	15	-	60,00	Irritação ocular e do TRS; função respiratória
	Propiónico	10	-	-	74,08	Irritação ocular, do TRS e cutânea
	Butírico	-	-	-	88,11	-
	Valérico	-	-	-	102,13	-
Aldeídos e cetona	Formaldeído	-	-	0,3	30,03	Irritação ocular e do TRS
	Acetaldeído	-	-	25	44,05	Irritante
	Butiraldeído	-	-	-	72,11	-
	Acetona	500	750	-	58,08	Irritação ocular e do TRS; afecção do SNC; efeitos hematológicos
	Butanona	200	300	-	72,11	Irritante

¹ – Massa molecular relativa;

² – Tracto respiratório superior;

³ – Gastrointestinal;

⁴ – Sistema nervoso central;

⁵ – Tracto respiratório inferior;

⁶ – Sistema respiratório.

2.5 IMPORTÂNCIA DO CONTROLO DO TRATAMENTO DE ODORES

De acordo com [WEF, 2004], as emissões gasosas das estações de tratamento de águas residuais contém compostos que podem causar:

- implicações ambientais;
- implicações na saúde ocupacional;
- corrosão de infra-estruturas.

2.5.1 IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Por norma, os odores provenientes de uma estação de tratamento de águas residuais têm um impacto na sociedade maioritariamente psicológico mas também podem causar stress, perda de apetite, vómitos e náuseas, perturbações mentais, e em situações mais extremas, podem mesmo originar deterioração do orgulho pessoal e comunitário, interferir nas relações humanas e reter o crescimento habitacional da zona, afectando-a a nível sócio-económico [METCALF&EDDY, 2003].

2.5.2 IMPLICAÇÕES NA SAÚDE OCUPACIONAL

As implicações dos odores provenientes de sistemas de saneamento básico incluem também um potencial problema de saúde e de segurança dos trabalhadores locais referindo-se principalmente à exposição destes em espaços confinados.

Quando a presença dos odores é permanente (trabalhadores das ETAR), as consequências passam a ter efeitos na saúde. Estes efeitos compreendem dor de cabeça, náusea, irritação dos olhos e garganta, tosse, dificuldade respiratória, danificação do sistema nervoso central ou mesmo morte nos casos mais extremos. Todos estes sintomas são resultados da inalação de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis, ácidos gordos voláteis, cetonas, amins, etc. Em geral é dada atenção especial ao amoníaco e ao sulfureto de hidrogénio, pois estes são uns dos

de maior ocorrência em ETAR e são bastante nocivos para a saúde do Homem e prejudiciais para o meio ambiente.

2.5.2.1 AMONÍACO

O amoníaco é um gás incolor com um odor muito acentuado, familiar à maioria das pessoas porque o amoníaco é utilizado em sais de cheiro e em produtos de limpeza doméstica. O amoníaco existe naturalmente no ar a níveis entre 1 a 5 ppb. Tem um odor irritante que começa a ser sentido pelos humanos acima dos 50 ppm, contudo apercebemo-nos do cheiro do amoníaco antes que ele chegue a concentrações tóxicas. O amoníaco é uma substância corrosiva e os principais efeitos tóxicos são restritos às zonas que entram em contacto directo com ele, por exemplo, pele, olhos, vias respiratórias, e o sistema digestivo [ATSDR, 2004].

O quadro 2.8 apresenta os efeitos na saúde humana da exposição a diferentes concentrações de amoníaco.

Quadro 2.8 - Efeito na saúde humana associado à presença de amoníaco no ar, adaptado de [Rosa Antunes, 2006; ATSDR, 2004].

CONCENTRAÇÃO DE AMONÍACO (ppm)	EFEITO NA SAÚDE HUMANA
≤ 25	Concentração média de exposição sem efeitos adversos para quase todos os indivíduos, num período de 8 h/dia e 40 h/semana
25 – 50	Odor detectável
50 – 100	Ligeira irritação dos olhos, nariz e garganta, podendo desenvolver tolerância em 1-2 semanas sem efeitos adversos posteriores
140	Irritação moderada dos olhos, sem sequelas a longo prazo para exposições inferiores a 2 horas
400	Irritação moderada na garganta
500	Valor limite, a partir do qual existe perigo para a saúde
700	Lesão imediata nos olhos
1000	Lesão das vias respiratórias
1700	Espasmo da laringe
2500 – 5000	Morte após meia hora de exposição. Edema pulmonar
≥ 5000	Morte rápida

Segundo a [Rosa Antunes, 2006], como o amoníaco gasoso possui uma densidade normalmente inferior ao do ar atmosférico, a sua localização mais provável, num espaço confinado, será junto ao tecto. Este factor é bastante importante para a saúde e segurança dos trabalhadores.

2.5.2.2 SULFURETO DE HIDROGÉNIO

O sulfureto de hidrogénio é uma gás incolor, inflamável, corrosivo, bastante tóxico e com um cheiro característico a ovos podres. É normalmente conhecido como ácido sulfídrico. Pode ser sentido a baixas concentrações. Exposição a concentrações entre 10 e 50 ppm pode causar irritação dos olhos, nariz e garganta. Breves exposições a altas concentrações (maior que 500 ppm) podem causar perda de consciência ou mesmo a morte. Não foram encontrados efeitos na saúde dos humanos para exposições ambientais típicas (0,00011 – 0,00033 ppm). Por outro lado concentrações acima de 150 ppm podem prejudicar o nervo olfactivo de tal forma que a vítima não é alertada do perigo da exposição [ATSDR, 2004].

Os efeitos que advêm do contacto dos humanos com diferentes concentrações de sulfureto de hidrogénio são apresentados no quadro 2.9.

Quadro 2.9 - - Efeito nos humanos associado à presença de sulfureto de hidrogénio no ar, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003; Rosa Antunes, 2006].

CONCENTRAÇÃO DO SULFURETO DE HIDROGÉNIO (ppm)	EFEITO NA SAÚDE HUMANA
0,1	Odor detectável
3	Odor ofensivo
10	Dor de cabeça, náusea, garganta e olhos irritados
50	Danos nos olhos
100	Perda de olfacto, conjuntivites, dificuldades respiratórias
300	Edema pulmonar
500	Forte estimulação nervosa
500 – 700	Perda de consciência e possibilidade de morte em 30-60 minutos
700 – 1000	Perda de consciência rápida
1000 – 2000	Colapso respiratório imediato, paralisia, morte em alguns minutos

Segundo a [Rosa Antunes, 2006], contrariamente ao amoníaco o sulfureto de hidrogénio normalmente possui uma densidade superior ao ar atmosférico, a não ser que este seja aquecido e com elevada humidade, pelo que a sua localização mais provável em espaços confinados será junto ao chão.

2.5.2.3 EFEITOS DE CORROSÃO

A destruição ou deterioração dos materiais pelo efeito químico directo ou através de reacções electroquímicas com o seu ambiente pode ser chamado de corrosão. Assim, os constituintes presentes na água residual influenciam a ocorrência da corrosão, pois a presença de compostos corrosivos não só danifica as infra-estruturas por onde ela transita como há a possibilidade da libertação para o ar destes compostos. Para além dos constituintes, outros factores podem influenciar a corrosão, nomeadamente, o pH e o oxigénio dissolvido da água residual.

Em águas residuais urbanas as substâncias corrosivas são principalmente o sulfureto de hidrogénio, o cloro, o amoníaco e o sal. Em águas residuais com contribuições industriais, as substâncias corrosivas podem incluir compostos ácidos, alcalinos e outros compostos orgânicos, cujo potencial de corrosão aumenta significativamente com o aumento da temperatura e fluxo.

Segundo [WEF, 2004], o H_2S ataca directamente metais como o ferro, aço e cobre e é biologicamente oxidado a ácido sulfúrico na presença de humidade. Isto ocorre na coroa dos tubos e nas paredes da obra de entrada, câmaras de junção e equipamentos que continuam húmidos mas não são continuamente mergulhados. Os problemas de odor e corrosão estão bastante ligados, e qualquer estudo de odor deverá também investigar a corrosão.

2.6 CONTROLO DE ODORES

O controlo de odores em ETAR pretende salvaguardar a saúde dos operadores, minimizar os problemas de corrosão e reduzir as consequências que as emissões de odores possam ter na comunidade vizinha de um sistema de saneamento básico. Esse controlo poderá ser realizado por uma ventilação adequada dos espaços confinados, pela estanquidade do sistema de contenção e ventilação de ar odorífero e por um sistema eficiente para tratamento de odores e descarga do ar tratado [Rosa Antunes, 2006].

De acordo com [METCALF&EDDY, 2003; ASCE/WEF, 1995], em estações onde existem problemas crónicos de odores, a resolução desses problemas pode incluir:

- o controlo das descargas das águas residuais no sistema de recolha e na estação de tratamento que criem problemas de odores;
- o controlo dos odores gerados no sistema de recolha das águas residuais;
- o controlo dos odores gerados na estação de tratamento das águas residuais;
- a instalação de um sistema de contenção, ventilação e tratamento de odores;
- a adição de compostos químicos à fase líquida (água residual);
- o uso de agentes que mascaram e/ou neutralizam os odores;
- a utilização de estruturas ou instalações indutoras de turbulências da fase gasosa;
- o estabelecimento de zonas de amortecimento.

O controlo de odores inclui medidas de minimização de odores (redução das emissões) e medidas curativas de odores (contenção, tratamento e dispersão atmosférica), na medida em que quando as primeiras falham, há necessidade de um controlo de odores mais compreensivo.

O quadro 2.10 apresenta as principais medidas para o controlo de odores num sistema de saneamento básico.

Quadro 2.10 - - Medidas para o controlo de odores num sistema de saneamento básico, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

MEDIDAS PARA O CONTROLO DE ODORES	PREVENTIVAS	CURATIVAS	OBSERVAÇÕES
Controlo na origem	√	-	Inclui o controlo de descargas de afluentes industriais, melhoria das operações de manutenção e limpeza e alterações operacionais ou de processo
Concepção e projecto	√	-	Inclui a selecção do local, o apuramento das contribuições, a selecção dos tipos de tratamento e hidráulica
Tratamento da fase líquida	√	-	Inclui a adição de químicos e o aumento da concentração em oxigénio
Agentes de disfarce ou neutralização	-	√	-
Contenção e ventilação do ar odorífico	-	√	Inclui coberturas de órgãos e o encerramento dos processos de tratamento em edifícios, inclui ventilação de extracção (pontual e geral) e de insuflação
Tratamento do ar odorífico	-	√	Inclui tratamento por absorção, por adsorção e por oxidação (térmica, biológica ou química)
Descarga e diluição atmosférica	-	√	Abrange a dispersão atmosférica e outras técnicas meteorológicas de controlo

A selecção das medidas de controlo de odores a aplicar em cada caso deve considerar o efeito da medida, o tempo de reacção necessário, a execução prática, a funcionalidade, a operação e manutenção, as implicações nos restantes processos de tratamento (por exemplo, no espessamento e na desidratação das lamas, na qualidade dos caudais de retorno) e os custos envolvidos [Rosa Antunes, 2006].

2.6.1 MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ODORES

2.6.1.1 SISTEMA DE RECOLHA E DRENAGEM

A minimização de odores e emissões orgânicas fugitivas do sistema de recolha da água residual torna-se indispensável porque estas instalações são, muitas vezes, localizadas no meio das cidades e percorrem as ruas até chegar à ETAR.

O planeamento e conceptualização do sistema de recolha pode ser o factor mais importante na minimização de odores, porque, neste sistema é onde ocorre a primeira formação e ou libertação de odores.

Existem várias estratégias para a minimização dos odores nas emissões do sistema de recolha. Algumas emissões podem ser reduzidas através do controlo nas origens e do pré tratamento industrial, mas o odor que ocorre devido ao H₂S e outros sulfuretos é tipicamente gerado durante o transporte. Adicionalmente ao odor, é também muito importante ter em atenção à corrosão induzida pelos sulfuretos nas tubagens e estruturas. Valores elevados de H₂S podem também por em causas a segurança dos trabalhadores no sistema de recolha e drenagem.

O quadro 2.11 apresenta algumas considerações importantes nos projectos gravíticos de sistemas de recolha.

Quadro 2.11 - Considerações a tomar no projecto do sistema de recolha das águas residuais para a minimização dos odores, adaptado de [Rosa Antunes, 2006; WEF, 2004].

Considerações no projecto	Medidas
Inclinação das tubagens	Conceber os colectores com inclinação suficiente de forma a assegurar as velocidades adequadas à prevenção da deposição de sólidos.
Rearejamento superficial	Manter a concentração de oxigénio dissolvido na água residual
Redução da turbulência	Evitar/minimizar a volatilização do gás sulfídrico e outros compostos odoríficos
Estações elevatórias	Minimizar os tempos de retenção hidráulica nas tubagens e poços de bombagem Manter as tubagens e paredes limpas através de práticas adequadas de operação e manutenção
Force mains Sifões Tubagens submersas	Conceber estruturas que permitam uma velocidade adequada à prevenção da deposição de sólidos Minimizar os tempos de retenção hidráulica Manter as tubagens e paredes limpas através de adequadas práticas de operação e manutenção

A eliminação e, ou o controlo de descargas contendo compostos odoríficos para o sistema de recolha pode ser realizado através da adopção de medidas mais rigorosas nas descargas de resíduos, exigência de pré-tratamento das águas residuais industriais e equalização do fluxo na origem para eliminar as descargas “lamacentas” das águas residuais [METCALF&EDDY, 2003].

Para além destas medidas e ainda segundo [METCALF&EDDY, 2003] a libertação de odores da fase líquida no sistema de recolha das águas residuais pode ser limitada através da conservação das condições aeróbicas por adição de peróxido de hidrogénio, oxigénio puro ou ar em localizações críticas do sistema de recolha e ao longo dos colectores em pressão, pelo controlo do crescimento microbial anaeróbico por desinfecção ou pelo controlo do pH, e, por fim a oxidação ou precipitação de compostos odoríficos por adição de oxidantes químicos (permanganato de potássio, ozono, nitratos e sais de ferro ou compostos férricos). A

figura 2.2 representa alguns métodos de fornecer oxigénio ou ar ao sistema de recolha.

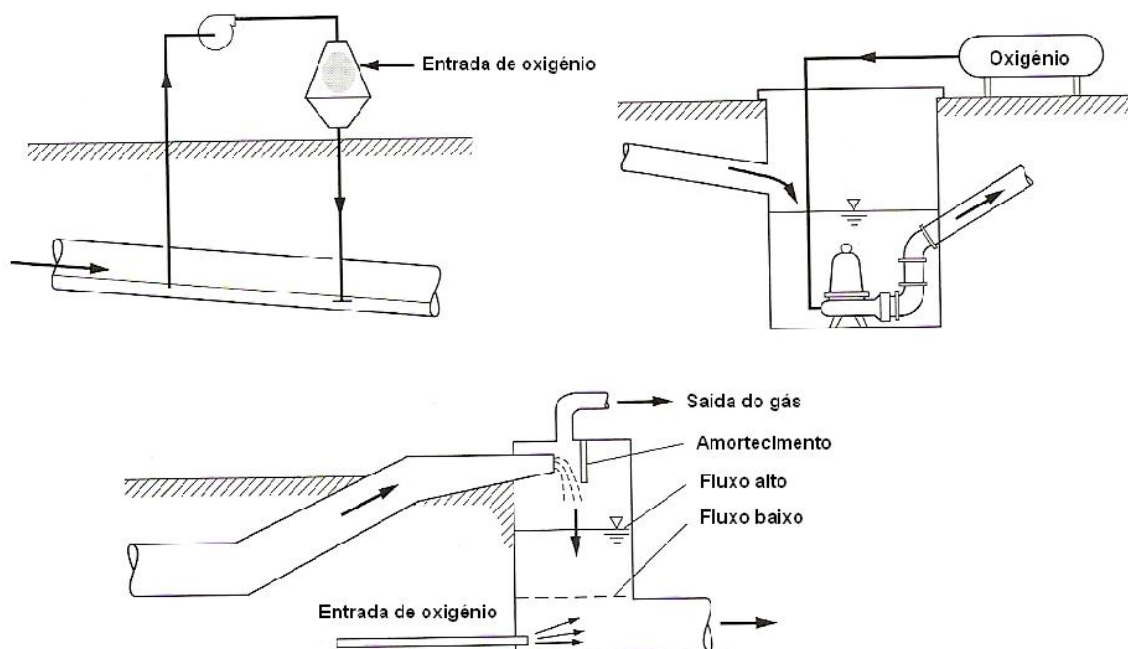


Figura 2.2 - Métodos de fornecimento de ar ou oxigénio no sistema de recolha. Adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

2.6.1.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

Com a atenção adequada aos detalhes do projecto, como por exemplo, o uso de entradas submersas e açudes, a eliminação de saltos hidráulicos nos canais e tubagens afluentes, a eliminação de condições físicas que levam à formação de turbulência e a elaboração de processos de carregamentos apropriados, a libertação constante dos odores nas estações de tratamento pode ser minimizada. Também deve ser reconhecido, contudo, que os odores vão formar-se ocasionalmente, pelo que as acções para os controlar têm que ser imediatas, o que frequentemente envolve mudanças operacionais ou a adição de compostos químicos, como o cloro, o peróxido de hidrogénio, a cal e o ozono [METCALF&EDDY, 2003].

Ainda segundo [METCALF&EDDY, 2003], as mudanças de projecto e operações que podem ser instituídas para a minimização de odores em ETAR podem incluir:

- a minimização de quedas livres (turbulência) pelo controlo dos níveis de água;
- a redução do sobrecarregamento dos processos da estação;
- o aumento da taxa de arejamento nos processos biológicos;
- o aumento da capacidade da estação de tratamento através da operação de unidades de processo estacionário;
- a redução do inventário de sólidos e recirculação de lamas;
- o aumento da frequência de bombeamento de lamas e escumas;
- a adição de soluções aquosas de cloro aos trituradores de lamas;
- o aumento da frequência da eliminação de areias e gradados;
- a limpeza das acumulações odoríficas mais frequentemente.

No projecto de um sistema de saneamento básico, o apuramento dos caudais e cargas afluentes tem implicações directas no funcionamento dos diversos órgãos de tratamento e na possibilidade de ocorrerem odores [WEF/ASCE, 1995], pois no dimensionamento hidráulico, os tempos de retenção, as cargas dos processos biológicos e a produção de lamas estão directamente relacionados com as características afluentes [Rosa Antunes, 2006]. De facto, o subdimensionamento poderá conduzir a elevadas velocidades de escoamento e conseqüentemente a um aumento da turbulência, o que promove a volatilização dos compostos odoríficos, por outro lado, o sobredimensionamento hidráulico poderá originar tempos de retenção mais elevados e menores velocidades de escoamento que propiciam o estabelecimento de condições sépticas e favorecem a deposição de sólidos [WEF/ASCE, 1995].

No entanto, as situações mais frequentes de ocorrência de odores resultam da sobrecarga orgânica, da insuficiência de oxigénio, da ventilação imprópria ou simplesmente da falta de reconhecimento que algum dos processos de tratamento pode necessitar de medidas específicas para o controlo de odores [Rosa Antunes, 2006].

Ainda segundo o mesmo autor, a prevenção da ocorrência de odores inclui actividades adequadas de exploração que minimizem o estabelecimento de condições sépticas, nomeadamente a vigilância das condições de escoamento, a vigilância da deposição de sólidos nos colectores e nos sistemas de elevação e a manutenção e limpeza regular das infraestruturas. As actividades adequadas de operação e manutenção são necessárias em todos os processos de tratamento, sendo especialmente relevantes:

- em providenciar gradientes de velocidade no escoamento de modo a que não ocorra a deposição de sólidos e assegurar a mistura completa, tendo em conta a volatilização dos compostos odoríficos devido à turbulência;
- em manter um mínimo de 1,0 mg/L em oxigénio dissolvido nos tanques de arejamento;
- em evitar o estabelecimento de condições sépticas nas lamas sedimentadas através da adopção de adequadas taxas de recirculação;
- em assegurar tempos de retenção hidráulicos adequados em todos os órgãos;
- em respeitar os intervalos de funcionamento típicos de cada processo de tratamento;
- em desenvolver um programa controlo de descargas industriais, estimulando a aplicação de pré-tratamentos na origem por forma a que sejam limitadas as descargas com elevada carga orgânica ou com outras características prejudiciais aos processos de tratamento e favoráveis à ocorrência de odores.

No quadro 2.12 indicam-se, resumidamente, alguns dos aspectos associados à concepção e exploração de ETAR com o objectivo de minimizar a ocorrência de odores.

Quadro 2.12 - Aspectos associados à concepção e exploração de ETAR para a minimização de odores, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

CUIDADOS/ASPECTOS A RETER	CONCEPÇÃO	EXPLORAÇÃO
Seleccção do local adequado	√	-
Redução do tempo de exposição ao ar das lamas não estabilizadas, antes do seu armazenamento e tratamento	-	√
Minimização do tempo de retenção das lamas no decantador primário, evitando o desenvolvimento de condições sépticas	√	-
Seleccção dos procedimentos que minimizem as emissões gasosas durante o transporte de águas residuais e lamas	√	-
Redução dos gradientes de velocidade em canais e descarregadores	√	-
Minimização dos circuitos de drenagem dos fluxos potencialmente odoríficos	√	-
Capacidade dos órgãos	√	-
Remoção de sólidos e escumas depositados em canais	-	√
Aumento da distância entre as potenciais origens de odores e os receptores mais sensíveis	√	-
Agrupamento das principais origens de odores, permitindo a optimização das operações de controlo de odores	√	-
Prever a utilização do ar viciado extraído de uma área como ar de processo noutra operação/processo de tratamento, atendendo à sua qualidade no sentido de precaver situações de corrosão	√	-

Quando as medidas de minimização não se verificam suficientes, e os odores continuam a causar incómodos por queixas da vizinhança e nas atmosferas de trabalho e corrosão, torna-se necessário implementar um sistema de contenção e tratamento de odores.

2.6.2 CONTENÇÃO E VENTILAÇÃO DO AR ODORÍFICO

A contenção dos odores numa ETAR inclui a instalação de coberturas ou pontos de recolha sobre as origens potencialmente odoríficas e equipamento de movimento de ar (ventiladores) para conter e direccionar ao gases odoríficos para sistemas de tratamento e/ou eliminação [METCALF&EDDY, 2003]. A contenção do ar odorífico é tanto mais eficiente quanto mais próxima da origem for a sua captura uma vez que, deste modo, se minimiza a quantidade de ar contaminado a enviar para tratamento,

poupando quer no equipamento de ventilação quer no de tratamento [Rosa Antunes, 2006].

Na concepção das coberturas para contenção de ar odorífero, devem considerar-se a dimensão e geometria dos processos a cobrir, a sobrepressão ou a depressão nas coberturas, as cargas a suportar (ventos, neve e acessos pedonais), os materiais de construção a utilizar e o seu custo (adequados às condições de agressividade corrosiva e de exposição solar), a segurança dos trabalhadores e os acessos necessários para as operações de manutenção da instalação [WEF, 2004].

Para o sucesso do sistema de contenção de odores, é fundamental ter em conta que alguns gases odoríferos podem localizar-se junto ao chão ou junto ao tecto, consoante a densidade e temperatura, pelo que alguns pontos de extracção deverão estar em conformidade. É ainda importante considerar a direcção dos fluxos de ar criados e a localização das pessoas em relação à origem dos odores. A extracção deve sempre afastar esses fluxos das pessoas, e não fazê-los passar por elas [Rosa Antunes, 2006].

Os materiais seleccionados para as coberturas deveram ser resistentes à corrosão e de longa durabilidade, sendo normalmente utilizados o betão, o alumínio, a fibra de vidro, o aço inoxidável, o aço galvanizado, o PVC e o PEAD [WEF, 2004].

A figura 2.3 representa exemplos de coberturas utilizados em ETAR'S.

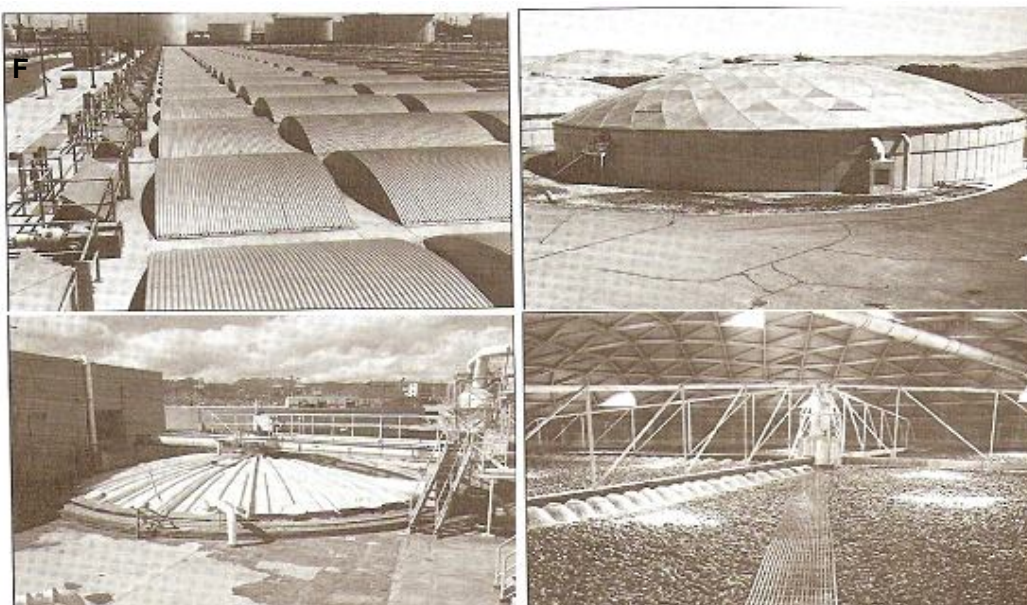


Figura 2.3 - Exemplos de coberturas utilizadas em ETAR.

A colocação de uma cobertura, construção ou recinto em torno de uma fonte de libertação de odores incómodos é o primeiro passo. Evitar que esses odores escapem dessas coberturas é o segundo passo. Para isto, é necessário manter uma pressão negativa do ar dentro das coberturas, que faça com que os gases se mantenham no interior dos órgãos através da criação de um fluxo de ar que entra pelas aberturas existentes.

Um sistema de ventilação é projectado para criar esta depressão dentro dos órgãos através duma taxa de ventilação do ar odorífico superior ao fornecimento de ar para o mesmo espaço atmosférico dentro dos órgãos, ou seja, é necessário retirar mais ar dos órgãos do que o que entra [WEF/ ASCE, 1995].

O principal objectivo de um sistema de ventilação é a renovação de ar e a remoção de contaminantes com o mínimo dispêndio de energia. Deste modo, numa ETAR, o sistema de ventilação de espaços confinados deve assegurar a qualidade do ar no interior, de modo a prevenir a exposição profissional e a corrosão, evitar as emissões de odores para o exterior e encaminhar o ar odorífico para tratamento [Rosa Antunes, 2006].

As taxas de ventilação variam com base nas características específicas das instalações, como o tipo de contenção, a presença ou a ausência de trabalhadores e também com o facto de o ar estar a ser ou não difundido nalgumas unidades de processo da ETAR [WEF, 2004].

Em termos gerais e segundo [Rosa Antunes, 2006], os sistemas de ventilação podem classificar-se em dois tipos:

- Ventilação natural – a renovação do ar faz-se através de aberturas, concebidas nas coberturas de órgãos ou nos edifícios, que promovem a circulação de ar do interior para o exterior e vice-versa;
- Ventilação mecânica – a renovação do ar faz-se através de ventiladores que asseguram a extracção do ar contaminado e a insuflação de ar novo.

Nos locais onde ocorrem operações e processos potencialmente odoríficos recomenda-se a adopção de ventilação mecânica. As características dos ventiladores são determinadas pelo caudal de ar (Nm^3/h) a transportar com energia suficiente para vencer uma dada pressão dinâmica.

No dimensionamento de um ventilador a aproximação ao caudal de ar do sistema de ventilação é efectuada através da equação 2.5.

$$Q = n \times V \quad \text{Equação 2.5}$$

Em que,

Q = Caudal de ar a extrair (Nm^3/h);

n = Número de renovações horárias (h^{-1});

V = Volume de espaço a ventilar;

O número de renovações horárias está directamente relacionado com o grau de contaminação e a qualidade desejada da zona a ventilar.

No quadro 2.13 apresentam-se valores relativos ao número de renovações horárias aplicáveis em ETAR, segundo a zona da ETAR, órgão ou processo de tratamento abrangido.

Quadro 2.13 - Valores relativos ao número de renovações horárias aplicáveis em ETAR, adaptado de [Rosa Antunes, 2006; ASCE/WEF, 1995].

Zona da ETAR	n (h^{-1})	Outras restrições
Com base no volume dos órgãos em vazio	0,5 – 12	-
Com permanência de trabalhadores	12	Dependente da estanquidade das coberturas
Sem permanência de trabalhadores	4 – 6	-
Tratamento de lamas	12	Humidade relativa $\leq 60\%$
Tratamento da fase líquida	15	-
Poço de elevação	15 – 25	-
Obra de entrada	12 – 20	-
Decantadores primário cobertos	12 - 15	-
Decantadores secundários cobertos	12 – 15	-
Espessadores gravíticos	12 – 20	-
Espessamento mecânico	12 – 15	-
Desidratação mecânica	12 – 15	-
Sala de controlo da digestão anaeróbia	12 – 20	

De acordo com [Rosa Antunes, 2006], ao valor do caudal obtido pela equação 2.5 há que acrescentar o valor do caudal de pressurização, que garanta a pressurização desejada na zona confinada, e este é dado pela equação 2.6.

$$Q_p = C_f \times A \times \sqrt{\frac{2P}{\rho}}$$

Equação 2.6

Onde,

Q_p = Caudal de pressurização (Nm³/s)

C_f = Coeficiente, normalmente entre 0,6 e 0,7

A = área das passagens de ar (m²), entre $0,13 \times 10^{-2}$ e $0,7 \times 10^{-4}$ x área das paredes do edifício, acrescida de outras áreas como grelhas de ventilação

P = Diferencial de pressão (Pa), normalmente 25 Pa

ρ = Densidade do ar que entra na zona confinada (kg/m³), cerca de 1,2

Nestes sistemas também é comum se recorrer a factores de segurança para maximizar o caudal de ar a extrair e que são aplicados segundo o tipo de ventilação. No quadro 2.14 apresentam-se estes mesmos factores.

Quadro 2.14 - Factores de segurança para maximizar o caudal de extracção, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Tipo de Ventilação	Factor de segurança
Extracção	3
Insuflação e extracção	1,5 a 2

A manutenção das diferenças de pressão em edifícios só é praticável quando as aberturas para o exterior sejam limitadas, visto o efeito do vento ao passar numa qualquer abertura (tipo portão, portas ou janelas abertas) desequilibrar a pressurização do espaço. Quando é necessário manter aberturas por longos períodos de tempo deveram estar protegidas com cortinas de plástico ou cortinas de ar que reduzam o efeito do vento e minimizam as trocas com o exterior.

2.6.3 TRATAMENTO DO AR ODORÍFICO

O tratamento do ar odorífero, também designado por desodorização, tem como principal objectivo a remoção dos compostos odoríferos presentes no ar recolhido antes da sua dispersão atmosférica [Rosa Antunes, 2006]. Numa ETAR, o ar odorífero decorre da ventilação geral de espaços confinadas e de extracções pontuais nas potenciais origens de odores, sendo caracterizado por grandes volumes de ar com baixas concentrações e múltiplos compostos odoríferos [WEF/ASCE, 1995].

Os métodos usados para tratar os gases odoríferos podem incluir processos físico-químicos, processos biológicos e processos térmicos. O método de controlo e tratamento de odores específico a ser usado irá variar com as condições locais. Contudo, devido às medidas de controlo de odores ser dispendiosa, o custo das mudanças de processos ou modificações nas instalações para eliminar o desenvolvimento de odores deverá ser sempre avaliado e comparado com o custo das diversas alternativas de controlo de odores antes de a adopção ser sugerida.

2.6.3.1 PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS

2.6.3.1.1 ABSORÇÃO E OXIDAÇÃO QUÍMICA

O ar odorífero pode ser tratado por processos físicos e químicos que envolvem o contacto entre um líquido de lavagem e o ar odorífero [WEF/ASCE, 1995], incluindo as tecnologias de lavagem sobre um meio de enchimento ou de vaporização [Rosa Antunes, 2006].

O principal objectivo do projecto de uma torre de lavagem química é fornecer o contacto entre o ar, água e compostos químicos (se usados) para provocar a oxidação ou o arrastamento dos compostos odoríferos. O tipo principal de torres de lavagem inclui torres de enchimento de um estágio com lavagem em contracorrente, torres de enchimento de fluxo cruzado e torres de pulverização em contracorrente. A lavagem sobre um meio de enchimento envolve, primeiro, a transferência dos compostos odoríferos da fase gasosa para a fase líquida (absorção) e, depois, a sua

oxidação em meio líquido [WEF/ASCE, 1995]. No entanto, [Rosa Antunes, 2006] salienta que a oxidação dos compostos absorvidos na fase líquida favorece a absorção e que, por isso, também pode ocorrer oxidação dos compostos odoríficos na fase gasosa. Como a absorção ocorre sobre a superfície da água, na torre o enchimento é usado para criar grandes superfícies líquidas (máxima área superficial do ar para o líquido). O material de enchimento normalmente inerte e constituído por elementos cerâmicos, metálicos ou plásticos, é escolhido para providenciar áreas superficiais adequadas com o mínimo de queda de pressão.

As torres de lavagem com enchimento podem ser verticais com um funcionamento em contracorrente, nas quais o ar odorífico constitui o fluxo ascendente e o líquido de lavagem o fluxo descendente, ou horizontais de fluxo cruzado, em que o líquido de lavagem é distribuído no meio de enchimento verticalmente e o fluxo de ar odorífico atravessa-o na horizontal. [WEF/ASCE, 1995]. As torres de pulverização em contracorrente são também normalmente verticais onde são usados bicos de pulverização no topo para criar uma névoa fina de líquido de lavagem, que é disperso na torre e contacta com o ar odorífico ascendente. Regra geral, todas as torres de lavagem química por pulverização contêm um condensador por onde o ar passa antes de sair.

Na figura 2.4 mostram-se os diagramas simplificados destas torres de lavagem química.

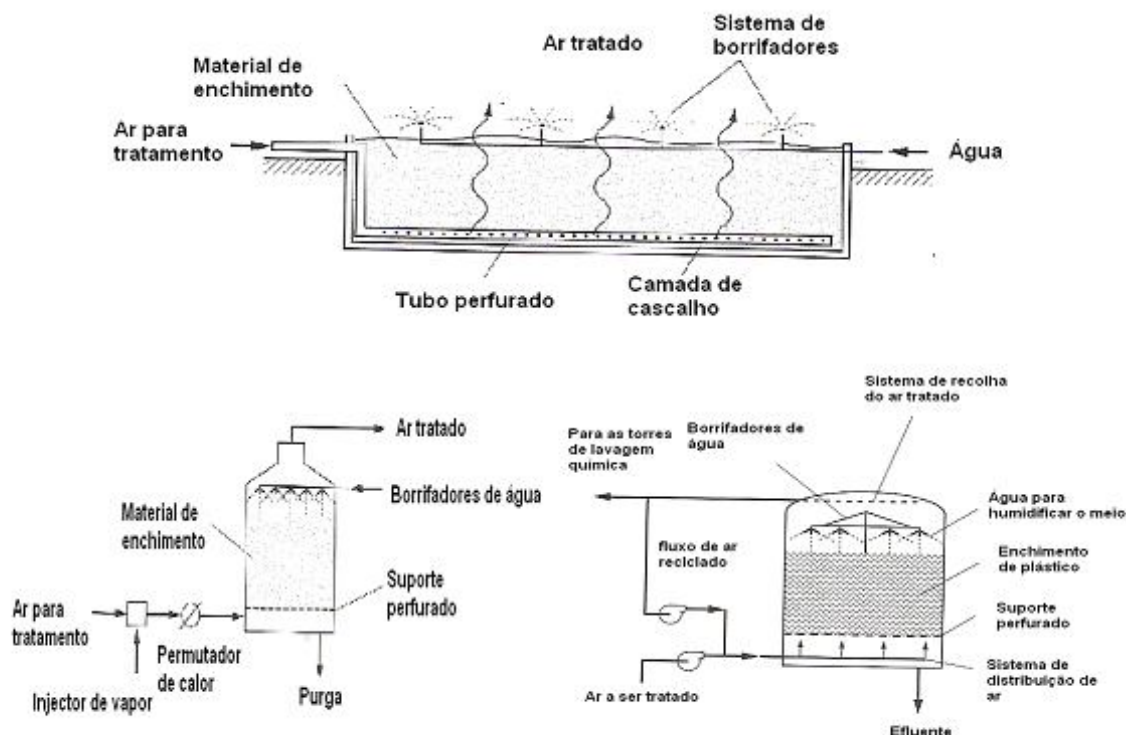


Figura 2.4 - Diagramas simplificados de torres de lavagem química, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

A maioria das torres de lavagem química é fornecida como uma unidade completa. Os factores típicos de projecto são apresentados no quadro 2.15.

Quadro 2.15 - Factores típicos de projecto para torres de lavagem química, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

CRITÉRIO	UNIDADES	VALORES
Profundidade do enchimento	m	1,8 – 3
Tempo de residência do gás no enchimento	s	1,3 – 2
Taxa de fluxo do líquido de lavagem	Kg H ₂ O / kg fluxo ar L/s por m ³ /s fluxo ar	1,5 – 2,5 2 – 3
Fluxo de água de reposição	L/s por kg sulfureto a pH 11 L/s por kg sulfureto a pH 12,5	0,075 0,004
pH	-	11 – 12,5
Temperatura	°C	15 – 40
Uso de soda cáustica	Kg NaOH / kg sulfureto	2 – 3

Segundo [WEF, 2004], compostos odoríficos a serem tratados em torres de lavagem química podem incluir H_2S , sulfuretos orgânicos (mercaptano de metilo, sulfureto dimetílico e disulfureto dimetílico), amoníaco e em menor extensão, COVs como cetonas, ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois. A oxidação química dos COVs não é muito eficiente neste tipo de tratamento, sendo preferível a sua adsorção em carvão activado e posterior oxidação térmica.

Neste tratamento, o líquido de lavagem pode ser constituído apenas por água ou incluir soluções quimicamente activas. De um modo geral, a lavagem com água permite a absorção de parte dos compostos odoríficos, nomeadamente de amoníaco e de outros compostos bastante solúveis em água, desde que a água de lavagem seja pobre nesses compostos, pelo que estes processos não admitem grandes taxas de recirculação da água de lavagem. Nestas circunstâncias, esta solução consome muita água pelo que, caso não seja possível reutilizar água residual tratada, não constitui, normalmente, uma solução economicamente atractiva [Rosa Antunes, 2006].

Com a utilização de reagentes químicos, as reacções nas torres de lavagem química envolvem a conversão de compostos odoríficos em saís não odoríficos. As reacções são tipicamente de ácido - base ou oxidação – redução e utilizam-se diferentes reagentes químicos consoante os compostos odoríficos a remover. No quadro 2.16 representam-se os diversos reagentes químicos utilizados nas ETAR, bem como, os compostos que estes removem.

Quadro 2.16 - Reagentes químicos utilizados no tratamento do ar odorífero e compostos que removem, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

	REAGENTE QUÍMICO	COMPOSTOS AZOTADOS	COMPOSTOS SULFURADOS	AGV	ALDEÍDOS E CETONAS
Soluções ácidas	Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	√	-	-	-
	Ácido clorídrico (HCL)	√	-	-	-
Soluções oxidantes	Hipoclorito de sódio (NaOCl)	-	√	-	-
	Permanganato de potássio ($KMnO_4$)	-	√	-	-
	Peróxido de hidrogénio (H_2O_2)	-	√	-	-
	Ozono líquido (O_3 . liq)	-	√	-	-
	Cloro gasoso (Cl_2)	-	√	-	-
Soluções básicas	Hidróxido de sódio (NaOH)	-	√	√	-
	Bissulfito de sódio ($NaHSO_3$)	-	-	√	√

A escolha dos reagentes depende, entre outros factores, dos compostos odoríferos a tratar, da segurança no seu manuseamento e da facilidade de utilização, da velocidade de reacção em que estão envolvidos, das quantidades necessárias e dos seus custos.

De um modo geral, neste tipo de tratamento são utilizadas soluções de lavagem ácidas (pH = 1,5 a 5) para a remoção dos compostos odoríferos básicos e soluções de lavagem básicas (pH = 9 a 10,5) para a remoção dos compostos odoríferos ácidos, os compostos após serem arrastados pelo líquido tendem a ficar em solução e reagem [WEF, 2004]. Por outro lado, ao adicionarem-se reagentes oxidantes ao líquido de lavagem o desempenho do sistema aumenta e a entrada de água de processo diminui.

Normalmente, o consumo dos agentes químicos é estimado com base na estequiometria da reacção química, sendo posteriormente ajustado em função das condições locais e da ocorrência de reacções químicas de competição [METCALF&EDDY, 2003].

As reacções utilizadas frequentemente para estimar o consumo dos reagentes apresentam-se no quadro 2.17.

Quadro 2.17 - Reações químicas utilizadas nas ETAR para a estimativa do consumo de reagentes no tratamento de compostos odoríficos, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003; WEF, 2004].

AGENTE QUÍMICO	COMPOSTO	REACÇÃO QUÍMICA	CONSUMO ESTIMADO (g / g)
H ₂ SO ₄	NH ₃	2NH ₃ + H ₂ SO ₄ → (NH ₄) ₂ SO ₄	2 - 4
H ₂ SO ₄	CH ₃ NH ₂	2CH ₃ NH ₂ + H ₂ SO ₄ → (CH ₃ NH ₂) ₂ SO ₄	-
NaOH	R-COOH	R-COOH + NaOH → R-COONa + H ₂ O	-
NaOH	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + 2H ₂ O	2 - 3
NaOH	H ₂ S	H ₂ S + 2NaOH → Na ₂ S + 2H ₂ O	-
NaOCl NaOH	H ₂ S	H ₂ S + 4NaOCl + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + 2H ₂ O + 4NaCl	8 - 10 2 - 3
NaOCl	H ₂ S	H ₂ S + NaOCl → S ⁰ ↓ + NaCl + H ₂ O	2 - 2,5
NaOCl	CH ₃ SH	2CH ₃ SH + NaOCl → H ₂ O + CH ₃ S-SCH ₃ + NaCl	-
KMnO ₄ (pH <7)	H ₂ S	3H ₂ S + 2KMnO ₄ → 3S + 2KOH + 2MnO ₂ + 2H ₂ O	6 - 7
KMnO ₄ (pH > 7)	H ₂ S	3H ₂ S + 8KMnO ₄ → 3K ₂ SO ₄ + 2KOH + 8MnO ₂ + 2H ₂ O	-
H ₂ O ₂ (pH <8,5)	H ₂ S	H ₂ S + H ₂ O ₂ → S ⁰ ↓ + 2 H ₂ O	1 - 4

Estes consumos podem ser afectados por diversos factores, nomeadamente a presença de outros compostos com os quais os reagentes também reagem (ex. o CO₂ reage com o NaOH e para pH elevados afecta bastante o seu consumo), alterações no pH, caudal de ar a entrar na torre, entre outros [WEF, 2004].

No quadro 2.18 estão apresentadas as eficiências de remoção esperadas das torres de lavagem química.

Quadro 2.18 - - Eficiências de remoção esperadas para torres de lavagem química, adaptado de [METCALF&EDDY, 2003].

COMPOSTO ODORÍFICO	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO ESPERADA %
Sulfureto de hidrogénio	98
Amoníaco	98
Dióxido de enxofre	95
Mercaptanos	90
Outros compostos oxidáveis	70 - 90

O controlo dos processos de tratamento em torres de lavagem química é feito pelo nível do líquido na câmara, que indica se é necessário adicionar água de processo, e por analisadores de pH e, ou de potencial redox, que indicam se é necessário adicionar reagentes [Rosa Antunes, 2006].

Em casos onde as concentrações dos compostos odoríficos (especialmente o H_2S) são muito elevadas pode haver a necessidade de se efectuar o tratamento por torres de lavagem química de três etapas. A primeira etapa é ascendente, a segunda etapa é descendente e a terceira etapa é ascendente para a chaminé. Esta ideologia pode variar de ETAR para ETAR. Neste exemplo, a etapa 1 recebe o excesso dos reservatórios das etapas 2 e 3 e hidróxido de sódio (para controlo do pH) para tratar 70 a 80% do H_2S que entra. Hidróxido de sódio e hipoclorito de sódio são adicionados às etapas 2 e 3 com o fornecimento do controlo do pH e do potencial de oxidação – redução. Para a remoção do NH_3 , a primeira etapa deixa de receber os excessos dos reservatórios 2 e 3 e é mantida ácida através da adição de ácido sulfúrico. Nestas torres, considerações devem ser tomadas para o uso de um condensador a seguir à primeira etapa para prevenir que a neblina de pH alto ou baixo passe para a etapa seguinte, evitando que o pH da etapa seguinte seja afectado e tornando desnecessário o uso adicional de reagentes para a sua correcção.

2.6.3.1.2 ADSORÇÃO POR CARVÃO ACTIVADO

O tratamento através da adsorção por carvão activado é frequentemente usado no tratamento de odores. A taxa de adsorção para os diferentes constituintes ou compostos depende da sua natureza (não polar vs polar). A remoção de odores depende também da concentração de hidrocarbonetos no gás odorífico. Tipicamente, os hidrocarbonetos são adsorvidos preferencialmente pelo carvão activado antes dos compostos polares, como o H_2S (note-se que o carvão activado é não polar). A composição dos gases odoríficos a serem tratados tem de ser conhecida para o carvão activado ser usado eficazmente, este tem de ser regenerado ou substituído regularmente para uma remoção de odores continuada. Para prolongar a vida do carvão activado pode usar-se um sistema de duas etapas, em que na primeira utiliza-se uma torre de lavagem química e na segunda a adsorção por carvão activado.

O carvão activado é caracterizado por conter uma elevada área superficial por unidade de volume, elevada porosidade e superfície hidrofóbica. A matéria-prima

para a produção do carvão activado pode ser qualquer material orgânico com elevado teor de carbono, como carvão, madeira, turfa e cascas de coco.

No tratamento de ar odorífero por adsorção, o ar odorífero é forçado a passar através de um meio filtrante constituído por material sólido adsorvente, carvão activado, que promove a sua retenção por fixação dos compostos odoríferos na superfície [WEF/ASCE, 1995]. O carvão activado é inserido em torres cilíndricas de fluxo vertical, construídas em betão ou em fibra de vidro [Rosa Antunes, 2006], nas quais o processo de adsorção evolui da zona de entrada do ar odorífero, progredindo com o fluxo de ar, até à saturação do meio na zona de saída do ar [WEF/ASCE, 1995].

A figura 2.5 representa esta evolução.

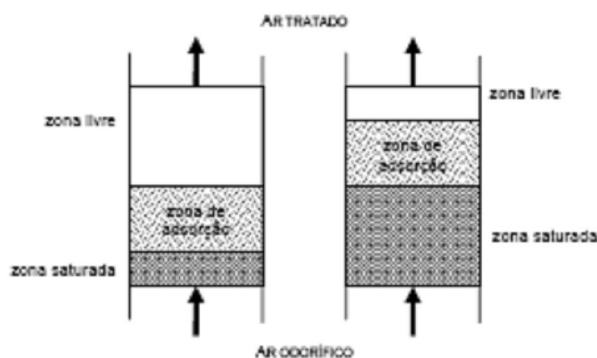


Figura 2.5 - Esquema simplificado do movimento da zona de adsorção ao longo do tempo de funcionamento, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Sob o ponto de vista económico a aplicação do carvão activado depende da eficiência dos meios de regeneração ou reactivação do carvão depois da sua capacidade de adsorção ter sido esgotada. Esta regeneração pode ser efectuada por solubilização à temperatura ambiente, regeneração química ou com vapor a elevadas temperaturas numa atmosfera redutora. A regeneração implica colocar o sistema de adsorção fora de serviço, por períodos variáveis, e em alguns casos parte (10 %) do carvão activado é perdido, pelo que após algumas regenerações normalmente é efectuada a substituição do meio adsorvente [METCALF&EDDY, 2003; Rosa Antunes, 2006].

Para compostos difíceis de adsorver, a eficiência da adsorção ao carvão activado pode ser melhorada através da sua impregnação, que favorece a oxidação

desses compostos em produtos inodoros ou menos odoríficos ou, ainda, em produtos com maior peso molecular que são mais facilmente adsorvidos e retidos. Os reagentes mais comuns de impregnação são hidróxidos ou ácidos, em que os primeiros, nomeadamente o hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) promovem uma reacção química que remove os compostos ácidos adsorvidos como o H₂S e o mercaptano de metilo, e os segundos promovem a remoção do amoníaco [WEF, 2004]. Mais informações sobre este tipo de tratamento de gases odoríficos pode ser obtido em [WEF, 2004] e em [METCALF&EDDY, 2003].

2.6.3.2 PROCESSOS BIOLÓGICOS

2.6.3.2.1 BIOFILTRAÇÃO

Na biofiltração, o ar odorífico é forçado a passar através de um meio filtrante constituído por material orgânico sobre o qual os microrganismos se fixam formando um biofilme, não sendo necessário inocular o meio filtrante nem adicionar agentes químicos [Rosa Antunes, 2006]. Conforme os compostos odoríficos atravessam o biofilme, ocorrem dois processos simultâneos: sorção (quando ocorre absorção e adsorção em simultâneo) e bioconversão. Os compostos odoríficos são absorvidos na camada superficial húmida do biofilme e adsorvidos na superfície do meio filtrante do biofiltro. Microrganismos, especialmente bactérias e fungos que formam o biofilme, oxidam os gases absorvidos/adsorvidos e renovam a capacidade de tratamento do meio filtrante.

A percentagem de humidade e a temperatura são aspectos ambientais importantes que têm que ser controlados para otimizar a actividade dos microrganismos [METCALF&EDDY, 2006].

As características mais importantes associadas ao meio filtrante incluem a sua porosidade (deverá ser constituído por partículas de dimensões uniformes e com elevada área superficial específica, por forma a potenciar o crescimento significativo de populações de microrganismos), a sua capacidade tampão e a sua capacidade para providenciar uma fonte de carbono [Rosa Antunes, 2006]. Vários meios filtrantes têm sido usados com sucesso, desde, casca de arroz, turfa, terra, areia,

aparas de madeira, pedra porosas, materiais cerâmicos e plásticos e várias misturas destes materiais. O objectivo da melhor escolha é garantir um espaço intersticial entre 40 a 80%, um teor em matéria orgânica de 35 a 55% e uma capacidade de manter o pH entre 7 e 8 [WEF, 2004; METCALF&EDDY, 2003]

Devido às várias condições de evaporação e condensação que podem ocorrer no biofiltro (normalmente o ar mais quente no Verão origina evaporação e o ar mais frio do Inverno origina condensação) e devido à imprevisão do sistema, sistemas de irrigação e humidificação são providenciados com os biofiltros para garantir as condições óptimas de humidade. Isto pode ser feito por humidificação do ar de entrada, por irrigação profunda do meio com mangueiras ou através da irrigação da superfície com borrifadores [WEF, 2004].

Os biofiltros possuem, normalmente, um sistema de distribuição de ar odorífico e um sistema de drenagem de escorrências, sendo essencial que a distribuição do ar odorífico ocorra de um modo uniforme e com a pressão adequada [WEF/ASCE, 1995].

Um exemplo de uma linha de tratamento de ar odorífico por biofiltração é apresentado na figura 2.6.



Figura 2.6 - Diagrama simplificado de uma linha de tratamento de ar odorífico por biofiltração, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Para além dos aspectos já referidos anteriormente, existem outros parâmetros que controlam o desempenho dos biofiltros e que deverão ser alvo de controlo operacional como a composição e concentração do ar odorífico, o pH, a disponibilidade em oxigénio e nutrientes, o tempo de retenção e a compactação do meio filtrante [Rosa Antunes, 2006].

No quadro 2.19 apresentam-se as eficiências comumente associados ao tratamento de gases odoríficos através de biofiltros.

Quadro 2.19 - Eficiências associados ao tratamento de gases odoríficos através da biofiltração, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Composto	Eficiência de remoção estimada (%)
Amoníaco	>80
Aminas	>60
Sulfureto de hidrogénio	>95
Mercaptanos	>90
COV'S	>90

2.6.3.2.2 BIOFILTRAÇÃO HUMIDIFICADA

O funcionamento deste biofiltros humidificados é essencialmente o mesmo que o dos biofiltros. Nestes o meio filtrante é constituído por material inerte e muito poroso, que permite a fixação e o desenvolvimento de microrganismos. Uma excepção destes relativamente aos biofiltros é que a humidade é providenciada continuamente ou intermitentemente por aplicação (tipicamente através de borrifadores) de um líquido (ex. efluente tratado) sobre o meio. O líquido é recirculado e são frequentemente adicionados nutrientes. Neste caso, Anéis de Pall, Anéis de Rasching, rochas vulcânicas ou carvão activado granular são exemplos dos materiais que podem constituir os meios de enchimento [METCALF&EDDY, 2003].

Na figura 2.7 apresenta-se um diagrama simplificado de um biofiltro humidificado.

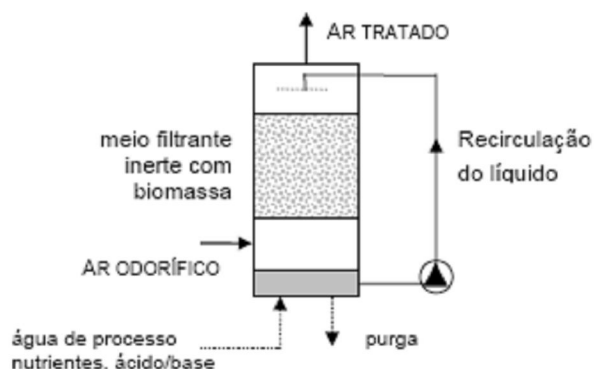


Figura 2.7 - Diagrama simplificado de uma linha de tratamento de ar odorífico por biofiltração Humidificada, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

O desempenho da biofiltração humidificada depende principalmente do tempo de retenção, da carga hidráulica máxima, do pH e das espécies de microrganismos presentes bem como da temperatura e do tipo de meio de enchimento [Rosa Antunes, 2006]

Apresentam-se no quadro 2.20 as eficiências de remoção frequentemente associadas à biofiltração humidificada.

Quadro 2.20 - Eficiências associados ao tratamento de gases odoríficos através da biofiltração humidificada, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

Composto	Eficiência de remoção estimada (%)
Amoníaco	>95
Aminas	-
Sulfureto de hidrogénio	>95
Mercaptanos	80 - 90
COV'S	-

De acordo com [Rosa Antunes, 2006] o processo de tratamento em biofiltros humidificados pode atingir eficiências de remoção equiparáveis ou superiores às obtidas com a lavagem química.

2.6.3.2.3 TRATAMENTO POR PROCESSOS BIOLÓGICOS CONVENCIONAIS

A habilidade dos microrganismos para oxidar o H_2S e outros compostos odoríficos similares dissolvidos num líquido sob condições aeróbicas é o conceito básico usado no tratamento de odores em sistemas baseados em líquidos. Existem dois tipos principais de sistemas baseados em líquidos convencionais usados em instalações de tratamento de águas residuais, os processos de lamas activas e os processos de filtração gotejante.

No processo de lamas activas, os compostos odoríficos são introduzidos no tanque de arejamento ou juntamente com o fornecimento de ar ou separadamente através de um sistema próprio. A maior preocupação nestes métodos de gerência de odores é a elevada taxa de corrosão nas tubagens de ar e compressores que ocorre devido à presença de ar húmido contendo H_2S . A habilidade para transferir os compostos gasosos odoríficos para a fase líquida também é uma preocupação.

Com os convencionais filtros de gotas destapados as maiores questões problemáticas são a maneira de transferir o ar contendo os compostos odoríficos para o filtros e evitar a libertação de compostos por tratar para a atmosfera. Para controlo da libertação de compostos odoríficos, os filtros que são usados têm que ser tapados. [METCALF&EDDY, 2003; Mogens Henze, 1996].

2.6.3.3 DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

A preocupação na qualidade das descargas atmosféricas do ar odorífico tem por base o incómodo que os odores causam nas comunidades vizinhas. As medidas de dispersão atmosférica, por si só não constituem um tratamento, pelo que são usadas complementarmente ao tratamento de odores. Estas aplicam-se ao ar efluente do tratamento para melhorar a aerodinâmica local, por indução de gradientes de velocidade a nível atmosférico que promovam a dispersão dos odores e um movimento ascendente que afasta os odores das comunidades. Para além disto, também podem ser usadas zonas de amortecimento, para aumentar a distância ou dificultar a passagem entre a origem dos odores e os receptores. Árvores de crescimento rápido são, muitas vezes, plantadas na periferia das zonas de amortecimento para a diluição dos odores induzindo turbulência. As árvores também

são conhecidas como purificadores do ar como resultado de sua actividade respiratória [METCALF&EDDY, 2003].

No quadro 2.21 pretende-se resumir as diversas medidas de controlo de odores para os vários processos e operações do tratamento das águas residuais numa ETAR.

Quadro 2.21 - - Tecnologias aplicáveis para o controlo de odores nas diversas operações e processos de uma ETAR, adaptado de [Rosa Antunes, 2006].

OPERAÇÃO E PROCESSO		TECNOLOGIA APLICÁVEL PARA O CONTROLO DE ODORES					
		ADIÇÃO DE QUÍMICOS A MONTANTE DA ETAR	AREJAMENTO	ADIÇÃO DE QUÍMICO NA ETAR	CONTENÇÃO, RECOLHA E TRATAMENTO DO AR	MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO A JUSANTE	MELHORIA DA O&M ⁽¹⁾
Tratamento da fase líquida	Gradagem	√	-	-	√	-	√
	Desarenação	√	-	-	√	-	√
	Equalização	√	√	√	-	√	-
	Pré-arejamento	√	-	-	√	-	-
	Decantação primária	√	-	√	√	√	√
	Tratamento biológico por biomassa em suspensão	-	-	-	-	-	√
	Tratamento biológico por biomassa fixa	-	-	√	√	-	√
	Tratamento físico-químico	-	-	√	√	√	√
	Decantação secundária	-	-	-	-	-	√
	Filtração	-	-	-	-	-	-
	Desinfecção	-	-	-	-	-	-
	Recirculação dos caudais processuais	-	√	√	-	√	-

Tratamento da fase sólida	Espessamento gravítico de lamas	-	-	√	√	-	-
	Espessamento por flotação de lamas	-	-	-	-	-	-
	Armazenamento de lamas	-	-	√	√	√	-
	Estabilização biológica	-	-	-	-	-	√
	Estabilização química	-	-	-	√	-	-
	Condicionamento térmico	-	-	-	-	-	-
	Desidratação mecânica	-	-	√	√	-	-
	Desidratação gravítica em leitos de secagem	-	-	√	-	-	√
	Recepção e processamento de líquidos sépticos	-	√	√	√	√	-

(1) - Operação e manutenção.

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DOS SMAS DE PENICHE

As águas residuais recolhidas na rede de interceptores de Peniche, provenientes de esgotos urbanos e industriais (conservas de peixe, rações para gado, indústria química, etc.) afluem à estação elevatória final (EE) situada no jardim principal do centro da cidade de Peniche, sendo depois bombadas para a ETAR que se encontra implantada no Cabo Carvoeiro (figura 3.1).



Figura 3.1 - Mapa de Peniche com a localização da ETAR.

3.1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

A EE compreende um canal com grade manual, para protecção das bombas e um poço de bombagem, no qual estão instaladas as bombas de elevação. Dispõe ainda de um sistema de desodorização constituído por um ventilador de extracção de ar do poço de elevação, uma torre de desodorização com carvão activado e um ventilador de insuflação de ar no canal de chegada (sistema desactivado).

Devido ao comprimento da rede de esgotos e ao tipo de efluentes que caracterizam o sistema de Peniche, e por ser previsível uma elevada septicidade dos mesmos, é injectada uma solução de peróxido de hidrogénio na conduta elevatória através de duas bombas doseadoras que funcionam em função de uma consigna de redox (durante este trabalho, isto não se verificou).

O efluente bombeado da EE dá entrada na ETAR através de dois canais (um reserva do outro). O canal em serviço está equipado com um tamisador, enquanto o de reserva possui uma grade de limpeza manual.

Os resíduos compactados e desidratados são enviados através de um transportador para um contentor de gradados.

Na entrada são monitorizados e adquiridos os dados de redox e de condutividade para o sistema da supervisão.

3.2 ETAR

A ETAR de Peniche compreende duas linhas de tratamento, e uma capacidade de tratamento de 8.272 m³/ dia, 479 mg/ L de CBO₅ e 660 mg/ L de SST, cujo esquema de tratamento se distribui por um desarenamento/ desengorduramento, arejamento, decantação secundária e biofiltração.

A ETAR possui também um tratamento de gorduras industriais proveniente das indústrias conserveiras.

3.2.1 TRATAMENTO FASE LÍQUIDA

O efluente após tamisagem é submetido a um tratamento de remoção de areias e de gorduras - desarenamento e desengorduramento. Cada órgão está equipado com um arejador mecânico submersível o qual tem a função de arrastar as gorduras e óleos em direcção à superfície. Os óleos e gorduras são recolhidos por raspagem superficial através de uma ponte raspadora e são descarregadas, através de uma bomba de parafuso, numa fossa de gorduras.

As areias são assim extraídas através de um dispositivo especial e enviadas para um classificador com o objectivo de reduzir o seu teor em humidade e retirar boa parte da camada orgânica envolvente. Estas areias são depositadas num contentor.

Os sobrenadantes do classificador de areias bem como do concentrador, são enviados para um poço de bombagem, de onde retornam para a entrada.

O efluente segue então graviticamente para o reactor biológico onde ocorre a eliminação de parte da poluição carbonácea e a retenção dos coloides existentes nas matérias em suspensão.

As elevadas cargas poluentes tornaram necessário o preconizar de um sistema de depuração biológica em regime de muito alta carga.

O fornecimento do oxigénio à biomassa em suspensão nos reactores é assegurada por dois compressores, cujo funcionamento é automático e ajustável no sistema de supervisão através de uma consigna de redox. A injeção de ar será efectuada por meio de difusores.

Dada a incapacidade da injeção de ar para promover a adequada agitação do meio, esta é complementada com agitadores submersíveis.

Em cada tanque de arejamento são monitorizados e adquiridos os dados de redox e cloretos para o sistema de supervisão.

Antes da introdução no órgão de clarificação - Decantador Secundário, o efluente é desgaseificado à saída dos tanques de arejamento.

Os efluentes clarificados são recolhidos numa caleira periférica e conduzidos para um poço de bombagem onde através de uma EE intermédia são enviados à etapa seguinte – biofiltração.

A biofiltração constitui o tratamento biológico terciário e é levada a cabo numa bateria de quatro reactores biológicos – Biofiltros, os quais através da acção bactérias, que se encontram fixas sobre uma monocamada de material granular (biolite), em leito fixo imerso, asseguram o complemento da remoção do carbono e

ainda uma nitrificação parcial. Os biofiltros funcionam com fluxos de ar e de água em contra corrente ascendente. Após biofiltração o efluente é descarregado no mar.

3.2.2 TRATAMENTO FASE SÓLIDA

No que respeita a linha sólida, as lamas em excesso produzidas são extraídas para os tanques de arejamento e destes para um flotador de lamas.

O resultado da flotação é a formação de uma espessa camada de material flutuante, o qual será raspado por uma ponte raspadora e descarregado num poço de desgaseificação.

O poço de desgaseificação está equipado com um electroagitador de eixo vertical, destinado a acelerar o processo e a promover uma correcta homogeneização das lamas e de um medidor de SST que envia em contínuo valores para a supervisão. Deste poço as lamas são enviadas para um tanque de armazenagem.

Seguidamente as lamas são floculadas à cabeça do processo de desidratação através da adição de um polielectrólito, preparado e doseado automática e continuamente. A desidratação da lamas é levada a cabo por centrifugação.

Também automaticamente é preconizada a estabilização química das referidas lamas pela adição de cal viva.

As lamas assim tratadas são depositadas em contentor e enviadas para valorização agrícola.

3.2.3 TRATAMENTO DE GORDURAS

Na ETAR é igualmente preconizado o tratamento biológico de gorduras, quer as retiradas dos desengorduradores quer as gorduras industriais recepcionadas na instalação. O órgão de tratamento é o “Biomaster”, cujo princípio de funcionamento é

o de uma lama activada clássica, sendo a biomassa depuradora adaptada à degradação de gorduras.

Cada tanque de arejamento está equipado com um analisador de oxigénio dissolvido, com indicação local e no sistema de supervisão, cuja consigna definirá o funcionamento dos compressores de arejamento.

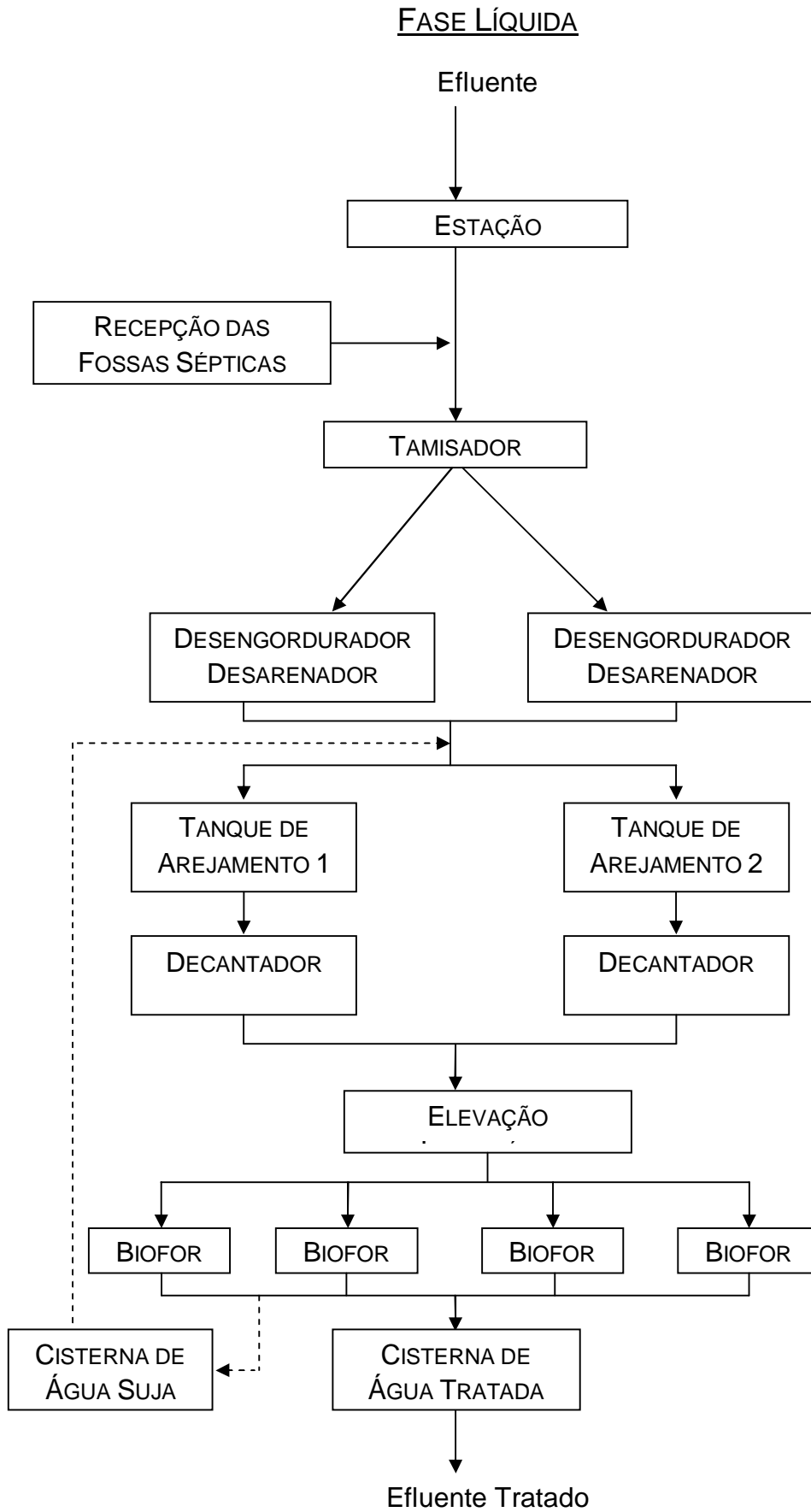
Para além do recurso a tempos de retenção da ordem das três semanas, é necessário ainda o fornecimento de nutrientes (azoto e fósforo) para garantir o equilíbrio do meio, bem como a adição de leite de cal (ião Ca^{2+}) dado que este proporciona um forte efeito anti-espuma, ao provocar a precipitação dos ácidos gordos.

3.2.4 TRATAMENTO DE ODORES

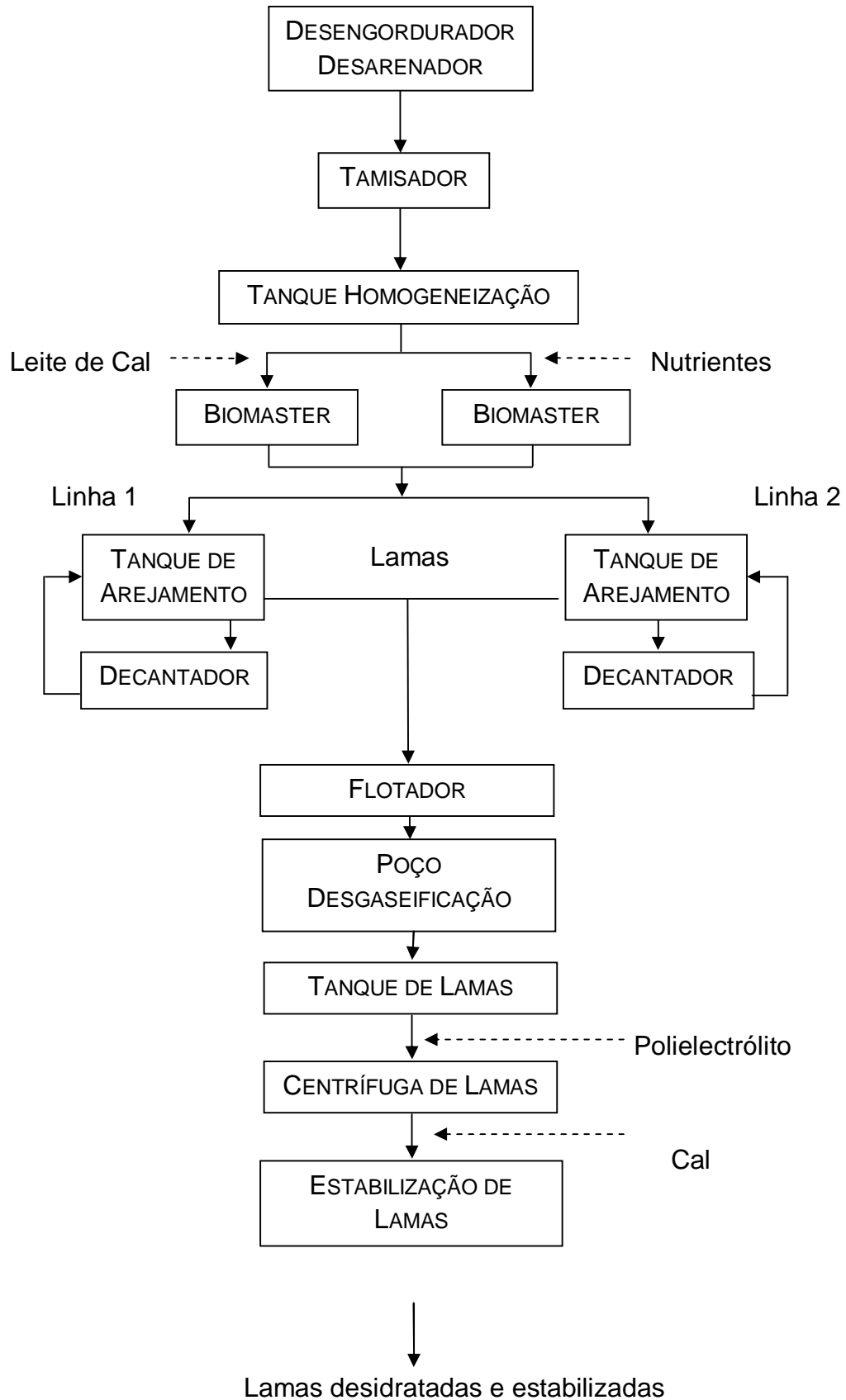
Devido à natureza dos produtos tratados, a estação é, naturalmente, uma fonte de odores, pelo que é completamente coberta e desodorizada.

A instalação compreende um sistema de desodorização de três etapas, duas torres de lavagem química com ácido sulfúrico (uma encontra-se desactivada) e uma torre de lavagem química com hipoclorito de sódio/ hidróxido de sódio. As torres químicas constituem um sistema de adsorção gás-líquido.

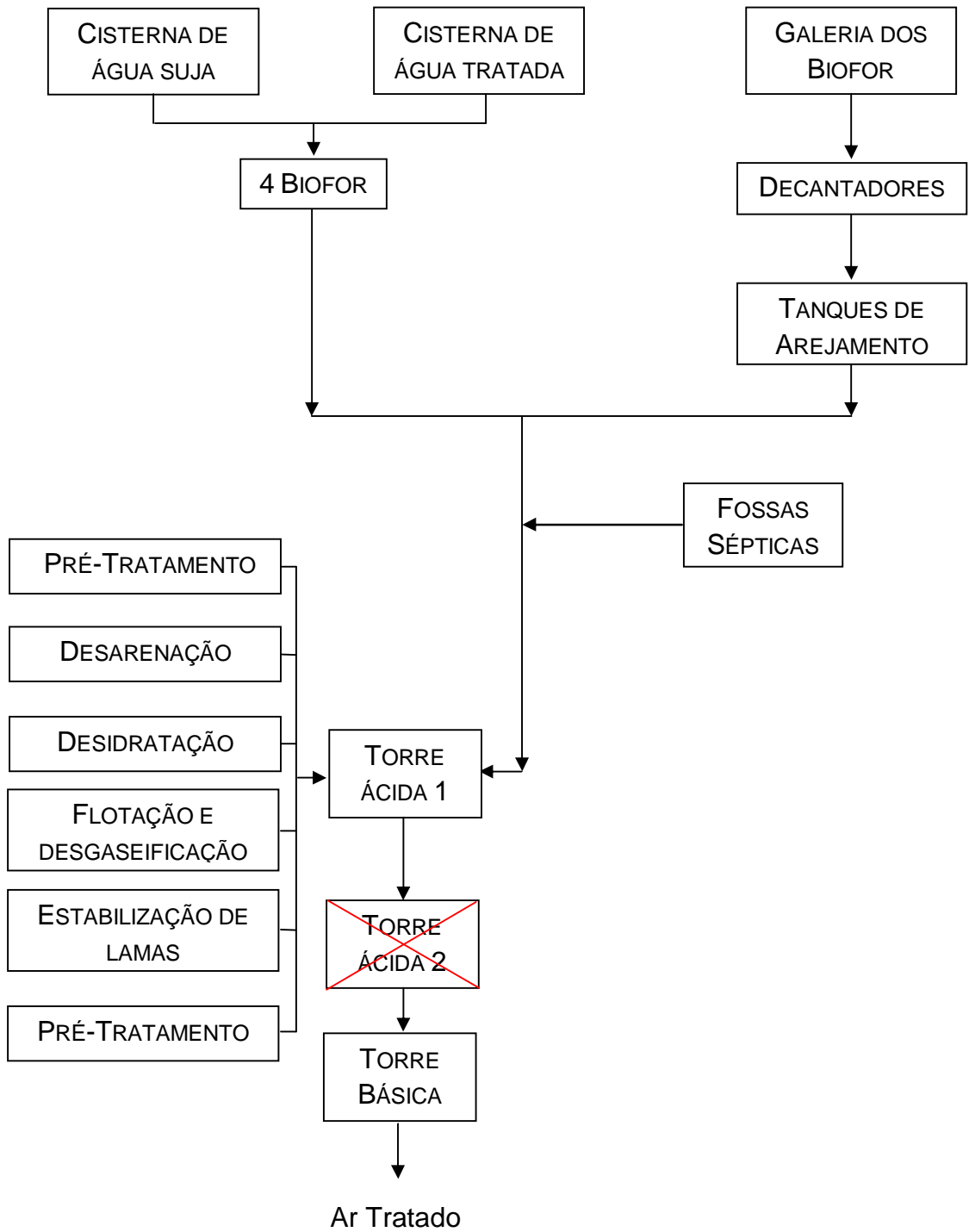
Apresentam-se de seguida descritos os diagramas lineares de tratamento destas fases.



FASE SÓLIDA



DESODORIZAÇÃO



4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho compreendeu duas fases experimentais. Na primeira fase foram realizadas medições das concentrações de H_2S , NH_3 , CH_4 e Cl_2 nas atmosferas dos edifícios da ETAR e na segunda fase foi realizada uma monitorização destes mesmos compostos por todos os órgãos da ETAR.

Estas medições efectuaram-se com um detector de gases (CROWCON - TETRA GAS DETECTOR). Este detector, representado na figura 4.1, mede as concentrações dos quatro compostos químicos referidos anteriormente, mas consoante a necessidade do utilizador, os compostos detectados podem ser alterados. A sua gama de funcionamento é dos 0 ppm aos 100 ppm e consegue ler com fidelidade valores até 195 ppm, que corresponde ao seu valor limite. A sua calibração é feita anualmente ou semestralmente pelo fornecedor num laboratório creditado.

As medições foram realizadas no interior dos edifícios, nas superfícies dos órgãos de tratamento e nas tubagens da ventilação geral e localizada. Para as medições na tubagem utilizou-se em conjunto com este detector uma vareta extensível (figura 4.2) de modo a possibilitar a medição no interior da mesma.



Figura 4.1 - Medidor de gases

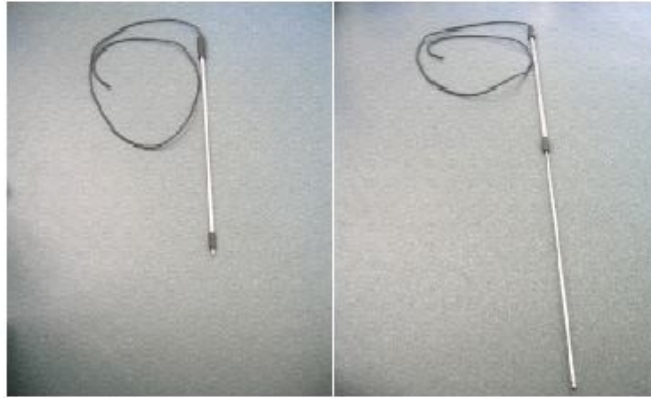


Figura 4.2 – Vareta extensível

Na fase de monitorização, para além de se medirem as concentrações odoríficas nas tubagens de extracção dos diversos órgãos, mediram-se também os caudais de extracção através de um anemómetro (KIMO INSTRUMENTS MP 200 MANOMETER), este aparelho mede os caudais dos gases em função da pressão, e pode medir também velocidades, pressões e temperaturas. Tem ainda a particularidade de conter uma função de média podendo-se fazer directamente um certo número de medições, devolvendo este a média. A sua margem de erro é de +- 0,2% da leitura e a sua gama de funcionamento é dos 0 m³/h aos 99999 m³/h. A sua calibração é feita anualmente ou semestralmente pelo fornecedor num laboratório creditado. A figura 4.3 representa este aparelho.



Figura 4.3 - Anemómetro (medidor de caudais).

Como as medições foram realizadas no interior das tubagens também houve a necessidade de se utilizar uma vareta, que neste caso se denomina de tubo de Pitot e se encontra representado na figura 4.4.

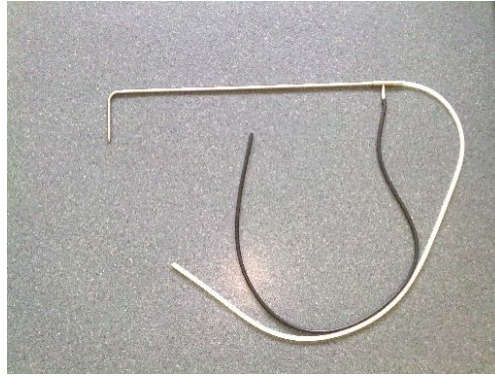


Figura 4.4 - Tubo de Pitot

As medições foram efectuadas nos meses de Março, Abril e Maio, devido à manutenção da torre alcalina não foi possível a recolha de dados nalguns dias dado que necessita do sistema de ventilação desligado. A monitorização de odores neste tipo de instalações é bastante recente e a informação disponível muito reduzida. Neste trabalho optou-se por se realizar uma medição às 10h00 e outra às 16h00 de modo a medir os máximos e os mínimos das concentrações dos compostos odoríficos. Com a medição das 10h00 pretende-se analisar a diminuição ou paragem das descargas industriais e da actividade doméstica ocorridas durante a noite, a medição das 16h00 irá reflectir a retoma das actividades industriais e domésticas, que aumentam ao longo da manhã e tendem a estabilizar à tarde.

Na primeira fase experimental optou-se por se realizarem medições durante cinco dias, de 30/03/2009 a 03/04/2009, nas atmosferas superficiais dos órgãos que contêm interacção com a atmosfera (dentro dos edifícios) e nas atmosferas gerais dos edifícios. Pretende-se com esta medição verificar as atmosferas de trabalho no interior dos edifícios, bem como, a contribuição de cada órgão para essas atmosferas. Na segunda fase (monitorização) efectuaram-se medições de 20/04/2009 a 29/05/2009 tanto às concentrações odoríficas extraídas de cada órgão como aos caudais de extracção utilizados, de modo a identificar os órgãos mais odoríficos, a verificar as condições do sistema de contenção e ventilação e apurar as eficiências do tratamento odorífico.

4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem seleccionados englobaram dois tipos:

- Atmosfera geral;
- Orifícios nas tubagens da ventilação (extracção e insuflação);

Na ETAR de Peniche as tubagens da ventilação são divididas em 3 linhas:

- Linha 1 (extracção dos edificios de tratamento da fase sólida e do edificio da obra de entrada);
- Linha 2 (extracção do edificio dos decantadores, cisternas, biofiltros, tanques de arejamento e das fossas sépticas);
- Linha 3 (Insuflação do edificio da obra de entrada e edificio dos decantadores);

Na figura 4.5 é apresentada a planta de toda a instalação identificando os órgãos de tratamento e exploração: obra de entrada (1), tanque de homogeneização (2), poço de gorduras (3), biomaster (4), tanque de lamas (5), centrifugadora e polímero (6), contentores (lamas e gradados) (7), desarenadores/desengorduradores (8), flotor (9), torres de tratamento de odores (torres ácidas e torre alcalina) (10), fossas sépticas (11), tanque de arejamento (12), edificio dos decantadores secundários (13), cisterna de água suja (14), cisterna de água tratada (15), biofiltros (16), sala dos compressores de ar de processo (17), escritórios (18) e oficina (19).

São ainda representadas nesta figura as três linhas da ventilação, onde a linha 1 encontra-se representada a verde, a linha 2 a amarelo e a linha 3 a azul.

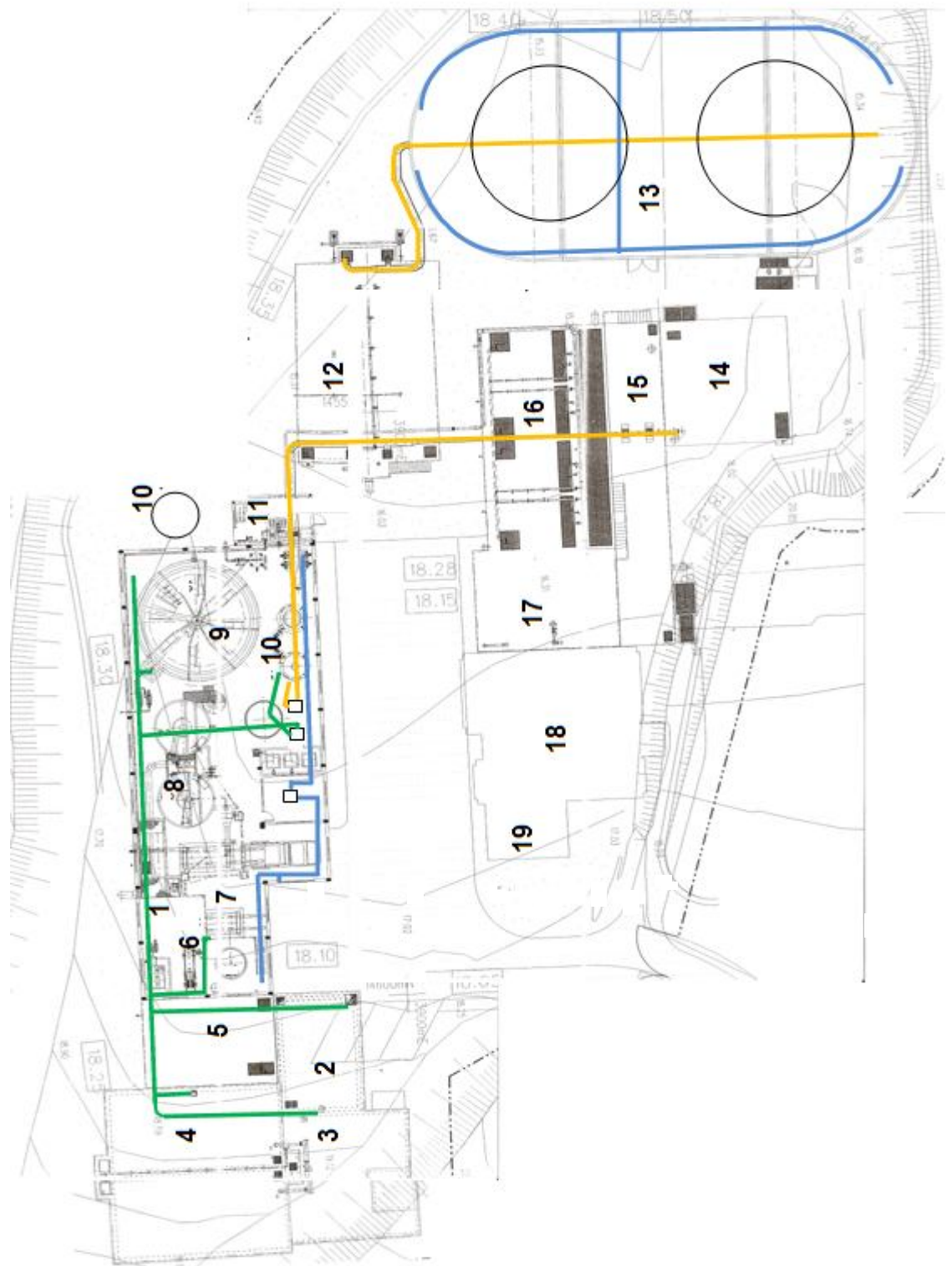


Figura 4.5 - Planta da ETAR de Peniche evidenciando os órgãos de tratamento e as tubagens da Ventilação (extracção e insuflação) para o sistema de desodorização: 1. obra de entrada, 2. tanque de homogeneização, 3. poço de gorduras, 4. biomaster, 5. tanque de lamas, 6. centrífugadora e polímero, 7. contentores (lamas e gradados), 8. desarenadores/desengorduradores, 9. flotor, 10. torres de tratamento de odores (torres ácidas e torre alcalina), 11. fossas sépticas, 12. tanque de arejamento, 13. edifício dos decantadores secundários, 14. cisterna de água suja, 15. cisterna de água tratada, 16. biofiltros, 17. sala dos compressores de ar de processo, 18. escritórios e 19. oficina.

A figura 4.6 representa um exemplo dos pontos de amostragem utilizados nas medições efectuadas nas tubagens. Alguns destes orifícios já se encontravam feitos, sendo que, outros tiveram que ser efectuados.



Figura 4.6 - Orifício na tubagem de ventilação

4.2.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM NAS ATMOSFERAS GERAIS DOS EDIFÍCIOS

Em relação às atmosferas gerais, realizaram-se medições sobre os órgãos de tratamento que se encontravam a descoberto ou indevidamente tapados e nos ambientes centrais dos edifícios.

Na figura 4.7 estão reconhecidos os locais dessas mesmas medições: polímero (I), obra de entrada (II), contentor de lamas (III), contentor de gradados (IV), escorrências da centrifugadora (V), desarenadores/desengorduradores (VI), flutador (VII), torres de tratamento de odores (VIII), compressores (IX), fossas sépticas (X), decantadores secundários (XI), decantador esquerdo (XI') e decantador direito (XI'').

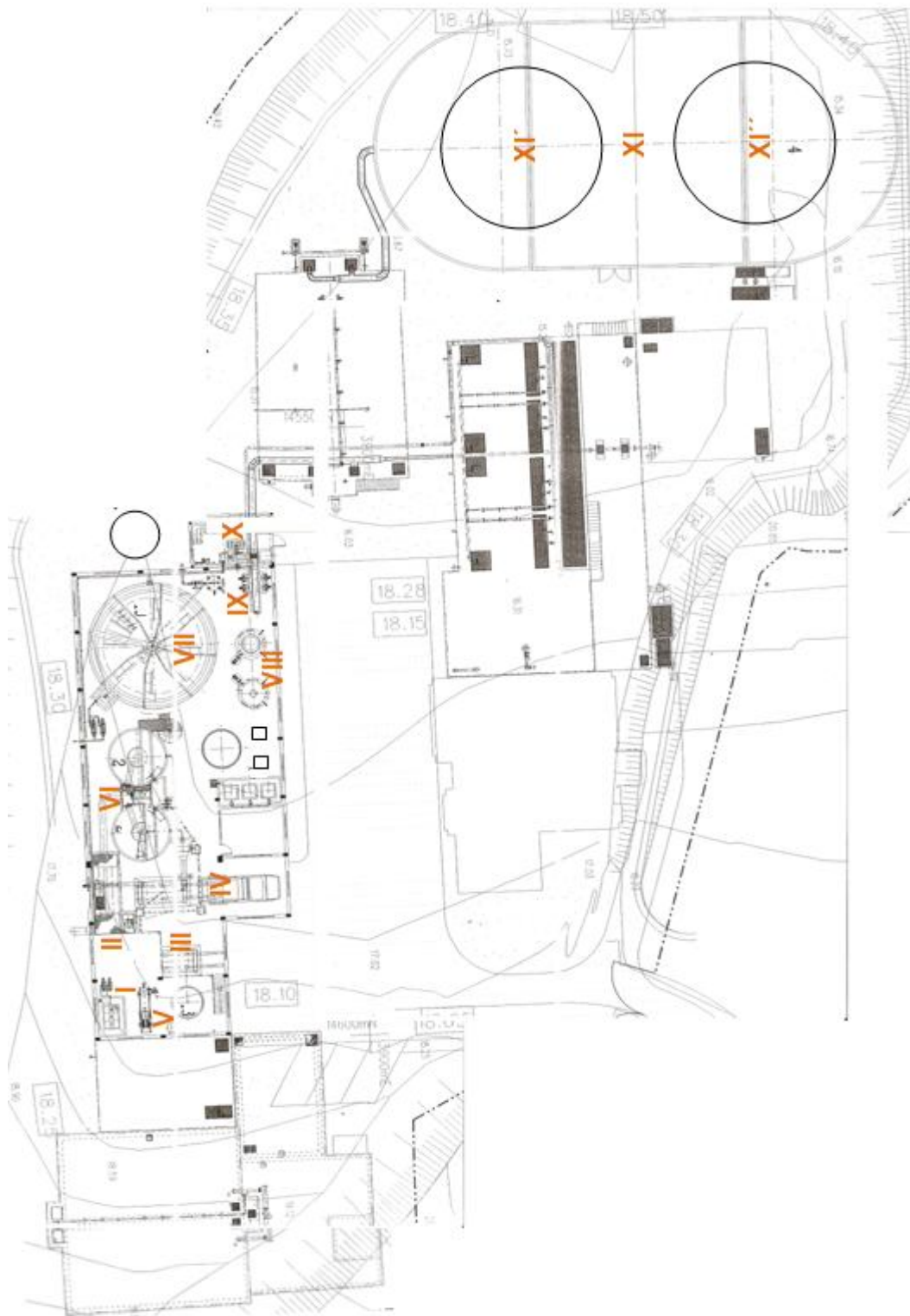


Figura 4.7 - Órgãos de tratamento e atmosferas gerais onde se realizaram as medições: I. olímero, II. obra de entrada, III. contentor de lamas, IV. contentor de gradados, VV. scorências da centrifugadora, VI. desarenadores/desengorduradores, VII. flotor, VVIII. rres de tratamento de odores, IX. compressores, X. fossas sépticas, XI. ddecantadores ecundários, XI'. decantador esquerdo, XI''. decantador direito.

4.2.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM NA TUBAGEM

Os pontos de amostragem nas tubagens encontram-se localizados nos tanques de gorduras (a), tanque de homogeneização (b), tanque de lamas (c), biomaster (d), obra de entrada (e), obra de entrada2 (f), escorrências da centrifugadora (g), desarenador/desengordurador (h), câmara de desgaseificação (i), entrada na torre ácida da Linha 1 (j), fossas sépticas (q), entrada torre ácida da Linha 2 (r).

Na figura 4.8 estão representados estes pontos.

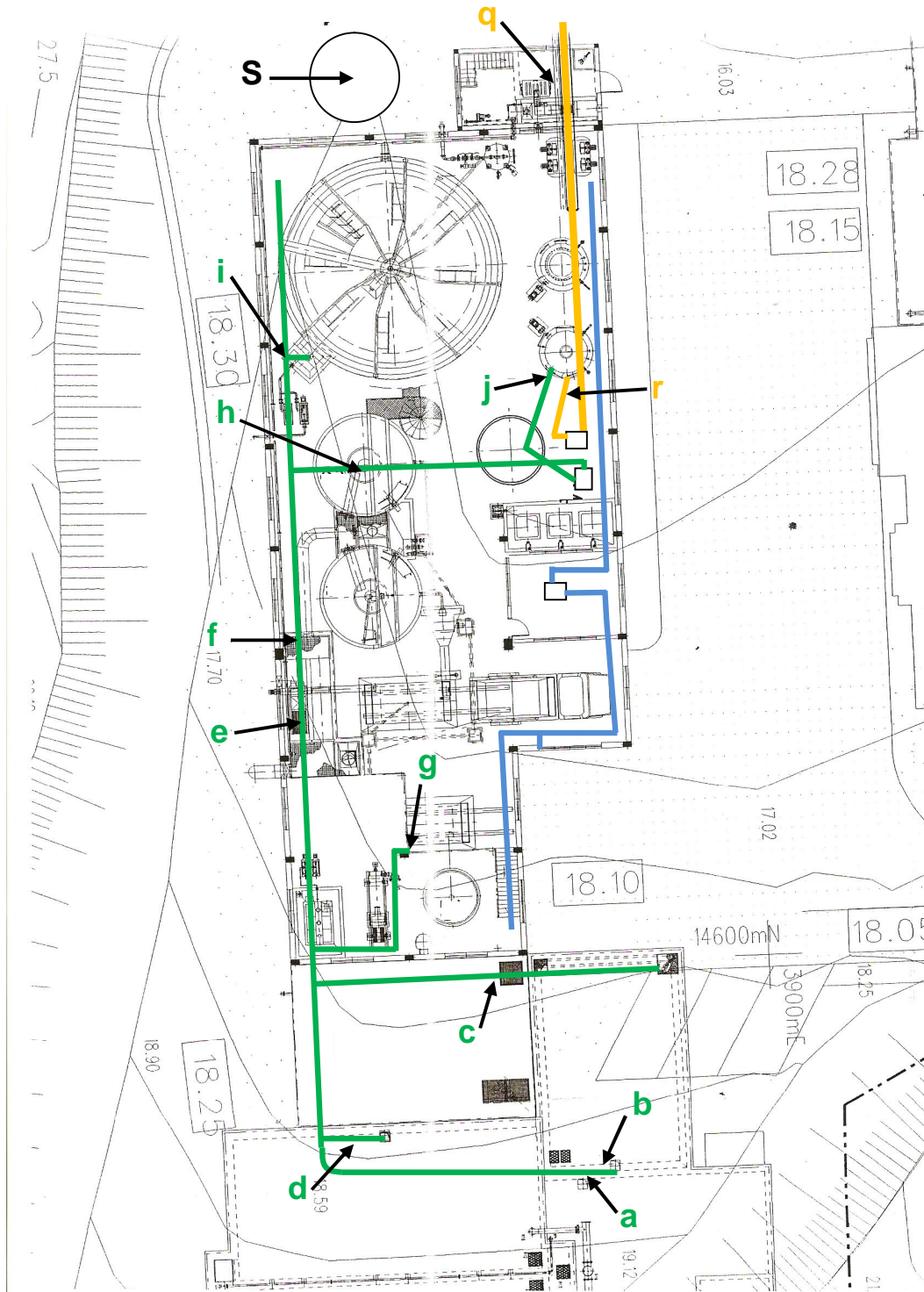


Figura 4.8 – Pontos de amostragem nas tubagens da ventilação (extracção e insuflação): a. tanque de lamas, b. tanque de homogeneização, c. tanque de lamas, d. biomaster, e. obra de entrada2 (tamisador), f. obra de entrada (a+b+c+d+atmosfera do edifício), g. escorrências da centrifugadora, h. desarenador/desengordurador, i. câmara de desgaseificação, j. entrada na torre ácida (Linha 1), q. fossas sépticas, r. entrada na torre ácida (Linha 2).

O ponto **S** representa uma excepção às medições na tubagem, pois esta medição não é efectuada na tubagem mas sim à saída da torre Alcalina, que corresponde ao fim do tratamento odorífico. Esta medição foi efectuada no telhado do edifício da obra de entrada.

No anexo 3, na figura A3.1, representa-se esta excepção.

Os pontos de amostragem nas cisternas de água suja (k), cisterna de água tratada (l), cisternas (m), decantadores secundários (n), biofiltros (o), tanques de arejamento (p) estão representados na figura 4.9.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MEDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

As medições atmosféricas pretendem determinar quais os órgãos que mais contribuem para a atmosfera odorífica dentro dos edifícios, bem como verificar as condições de trabalho dos operários.

Nas medições atmosféricas efectuadas mediram-se as concentrações de H_2S , NH_3 , CH_4 e Cl_2 no edifício da obra de entrada e no edifício dos decantadores. No edifício da obra de entrada os órgãos com emissões odoríficas para a atmosfera são: a obra de entrada, os desarenadores/desengorduradores, o flotor, o poço das escorrências da centrifugadora, os contentores (gradados e lamas), o polímero, os compressores, as torres de tratamento e as fossas sépticas. No edifício dos decantadores são os dois decantadores.

5.1.1 EDIFÍCIO DA OBRA DE ENTRADA

As figuras 5.1 a 5.6 representam as médias, de 30/03/2009 a 03/04/2009, das concentrações de H_2S , NH_3 e CH_4 (o Cl_2 apresentou concentração nula em todas as medições) à superfície de cada órgão no edifício da obra de entrada. Verificou-se que a contribuição destes órgãos para a atmosfera é permanente e que os órgãos mais odoríficos, apesar da variação das concentrações de dia para dia, permanecem sempre como os mais odoríficos.

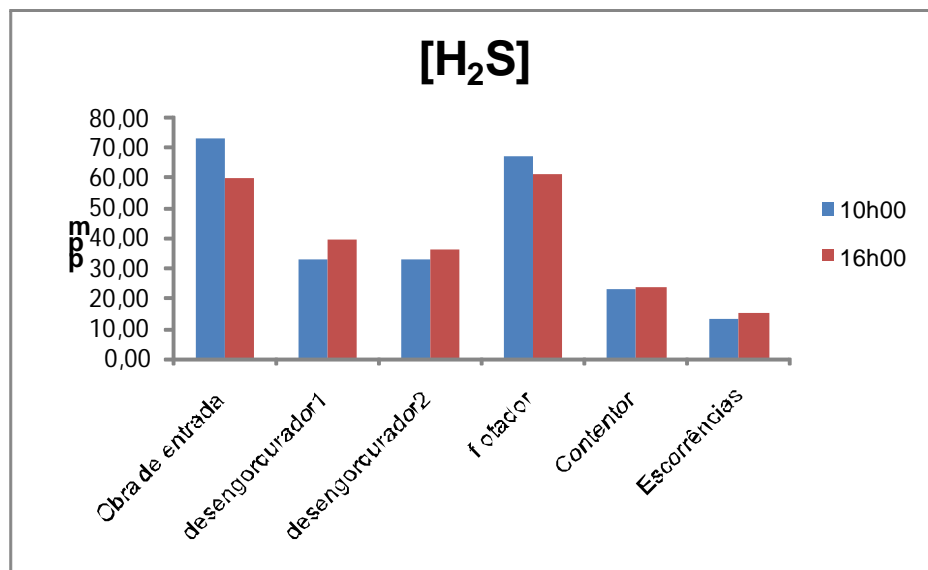


Figura 5.1 – Concentração média de H_2S na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.

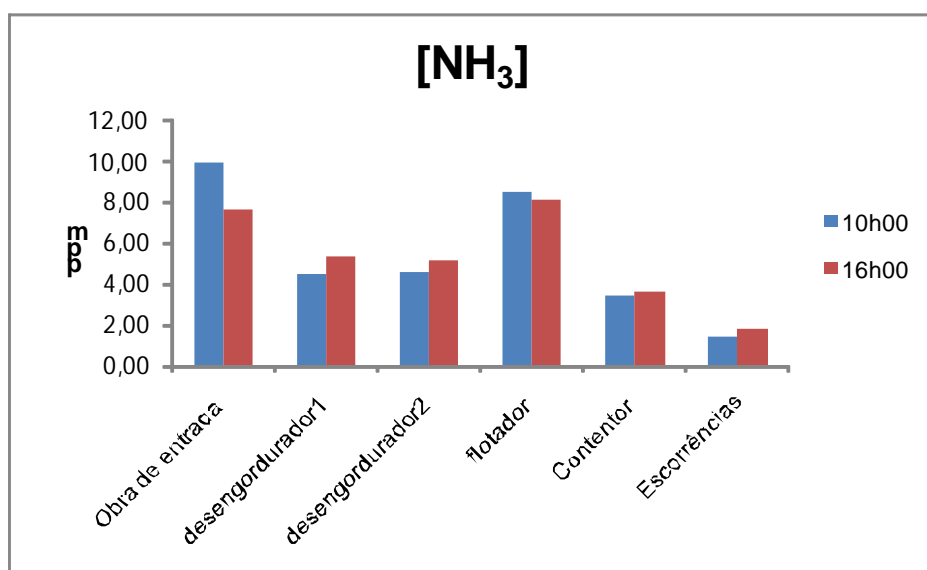


Figura 5.2 – Concentração média de NH_3 na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.

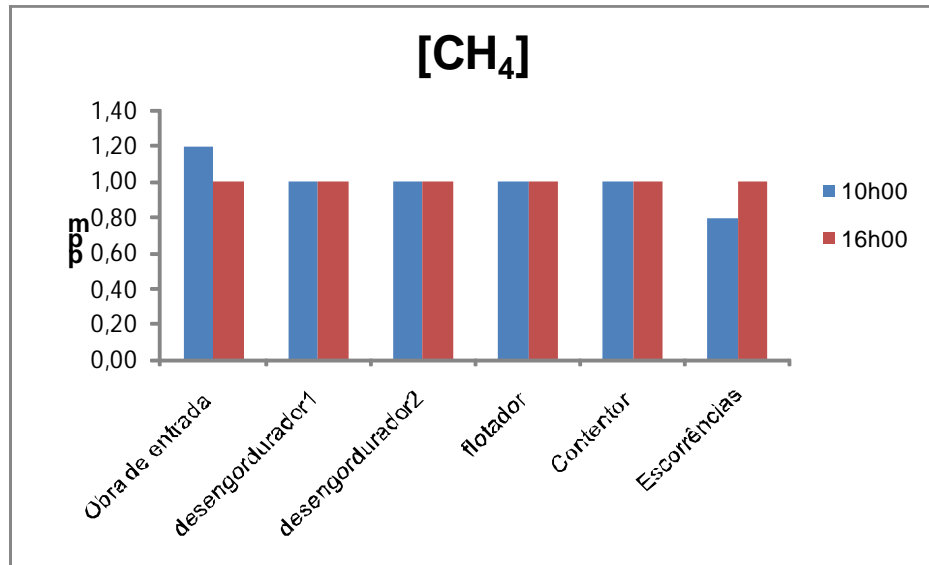


Figura 5.3 – Concentração média de CH₄ na superfície dos diversos órgãos do edifício da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009.

A medição das concentrações de H₂S, NH₃ e CH₄ no edifício da obra de entrada permite verificar que os órgãos têm diferentes contribuições relativamente aos odores, como se pode verificar nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3. Conclui-se que a obra de entrada (tamisador) e o flotador são os principais responsáveis pelas emissões odoríficas para a atmosfera no interior do edifício da obra de entrada. O polímero, os compressores, as torres de tratamento e as fossas sépticas apresentaram odores muito pouco significativos, pelo que não foram considerados nos gráficos.

Observa-se também, comparando as figuras 5.1, 5.2 e 5.3, que o H₂S é o composto com concentrações médias mais elevadas nas atmosferas do edifício da obra de entrada, seguido do NH₃ e do CH₄ respectivamente.

A figura 5.3 representa a concentração média do CH₄ nos diferentes órgãos, apresentando valores pouco significativos e semelhantes em todos os órgãos. O CH₄ provém da conversão da matéria orgânica anaeróbiamente na presença de bactérias estritamente anaeróbias, as metanogénicas, que poderão surgir devido a alterações da composição da água residual, do pH, da temperatura ou de outros factores. A actividade microbiana metanogénica normalmente requer ausência do sulfato e como a quantidade de sulfatos afluentes à ETAR de Peniche é elevada, surgem outras bactérias, bactérias redutoras de sulfato, que inibem o crescimento das metanogénicas, deixando de se formar CH₄ para se passar a formar H₂S,

encontrando-se aqui uma explicação para os valores elevados de concentração de gás sulfídrico e valores baixos de concentração de metano.

É importante notar nas figuras 5.1, 5.2 que onde a concentração média de H_2S é mais evidente, também a de NH_3 o é, esta constatação permitirá realizar o estudo de odores através de um número representativo de compostos odoríficos e evitará a necessidade de determinar todos os compostos presentes para detectar a origem dos odores.

Denote-se ainda que ao longo do dia, as contribuições odoríficas dos órgãos mantêm a mesma relação, apesar de em concentrações diferentes. Normalmente durante a manhã os odores são menos significativos devido à menor produção fabril e à menor actividade doméstica ocorridas durante a noite. A concentração de odores tende a subir ao longo da manhã, estabilizando à tarde. Pontualmente e devido ao tempo de permanência da água residual na estação elevatória esta poderá causar odores excessivos de manhã na obra de entrada, como se pode constatar no gráfico 5.1 e 5.2. É ainda preciso ter em atenção, a imprecisão da medição das concentrações dos odores na superfície da obra de entrada pois as emissões neste órgão dependem do funcionamento do tamisador, que provoca uma maior emissão de odores quando está em funcionamento e ainda da camada de espuma (gorduras) que permanecem à superfície, que retêm os gases. No anexo 3, figura A3.5, ilustra-se esta espuma. O flotor também pode conter gorduras à superfície e o seu funcionamento não é contínuo daí que as medições das concentrações odoríficas na superfície sejam dependentes do seu funcionamento. O que explica os valores das concentrações atmosféricas para o flotor nos gráficos 5.1 e 5.2 serem superiores de manhã dado não dependerem unicamente das condições afluentes.

Além das medições das concentrações de H_2S , NH_3 e CH_4 nas superfícies dos órgãos foram efectuadas três medições nas atmosferas gerais onde os operadores se localizam, nas imediações da obra de entrada, nas imediações dos contentores e nas imediações do flotor. As figuras 5.4 a 5.6 representam essas concentrações médias de 30/03/2009 a 03/04/2009 nestes locais, comparando-as com os valores limites de exposição respectivos.

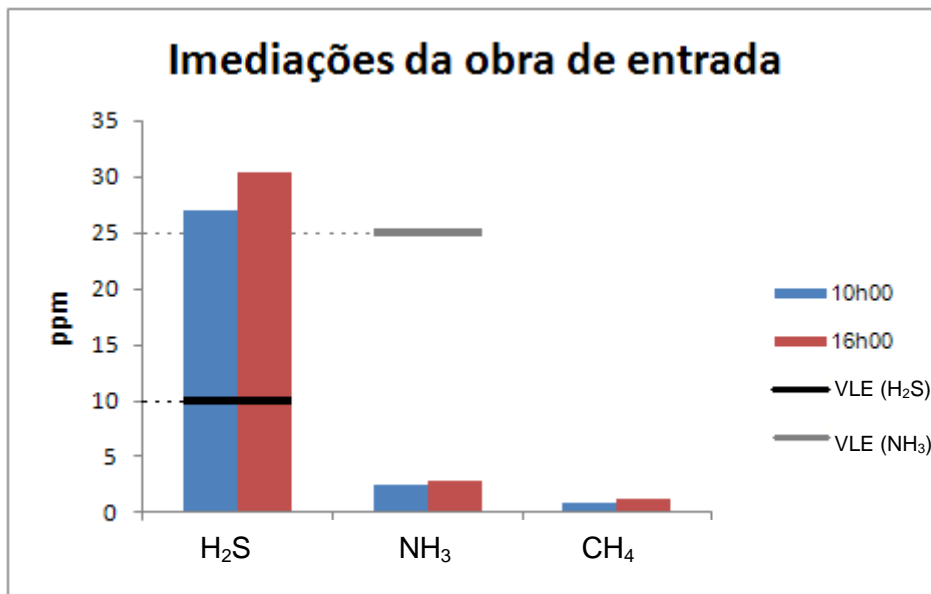


Figura 5.4 – Concentração média de H₂S, NH₃ e CH₄ nas imediações da obra de entrada de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com o VLE.

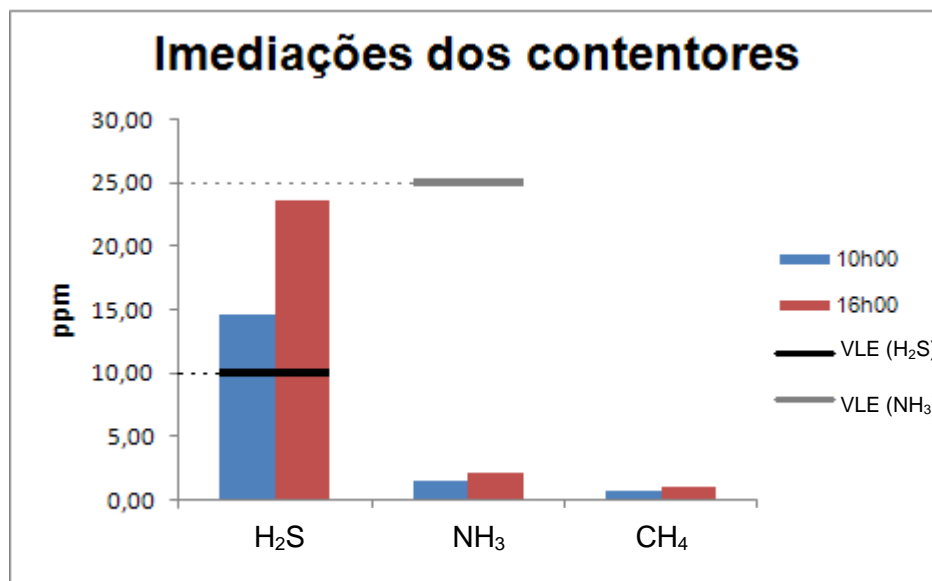


Figura 5.5 – Concentração média de H₂S, NH₃ e CH₄ nas imediações dos contentores de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com o VLE

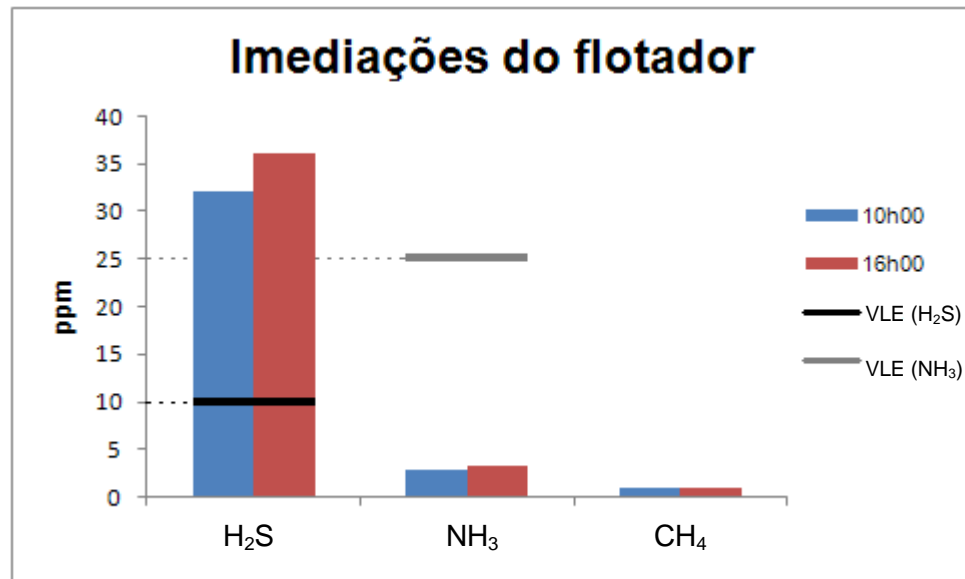


Figura 5.6 – Concentração média de H₂S, NH₃ e CH₄ nas imediações do flotador de 30/03/2009 a 03/04/2009 e comparação com VLE.

As atmosferas gerais no edifício da obra de entrada, figuras 5.4, 5.5 e 5.6, apresentam valores de H₂S elevados, que vão de 15 a perto de 40 ppm, pelo que excedem os valores limite impostos pelo Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, mais especificamente a Portaria nº 762/2002 que considera 10 ppm para as exposições diárias (concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas) e 15 ppm para as exposições de curta duração (30 minutos). A concentração média do NH₃ é inferior ao valor limite determinado pela Norma Portuguesa NP1796:2007, que considera 25 ppm de exposições diárias (concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas) de 35 ppm exposições de curta duração. Para o CH₄ não foram encontrados valores limite de exposição, mas de qualquer forma sabe-se que este gás não é tóxico pelo que não provoca efeitos adversos para a saúde. O problema associado ao metano é a capacidade para diminuir a concentração de oxigénio no ar, podendo provocar condições anóxicas, o que no caso da ETAR de Peniche não se verifica.

É importante referir que esta análise foi efectuada unicamente para estes três compostos, apesar de poderem existir outros compostos perigosos neste tipo de instalações, com diferentes VLE e provavelmente nos mesmos locais.

É ainda importante notar-se que as medições efectuadas nas superfícies da obra de entrada e flotador (figuras 5.1 e 5.2) apresentam maiores concentrações odoríficas de manhã e as medições nas imediações destes mesmos órgãos (figuras

5.4 e 5.6) apresentam maiores concentrações odoríficas à tarde, o que pode parecer contraditório, mas aqui entra o factor da diluição, em que o conjunto de todo o edifício é contabilizado. Estes resultados explicam a maior libertação global de odores durante o período da tarde.

5.1.2 EDIFÍCIO DOS DECANTADORES

As figuras 5.7 a 5.10 representam as médias, de 30/03/2009 a 03/04/2009, das concentrações de H_2S , NH_3 e CH_4 (o Cl_2 apresentou concentração nula em todas as medições) à superfície dos dois decantadores.

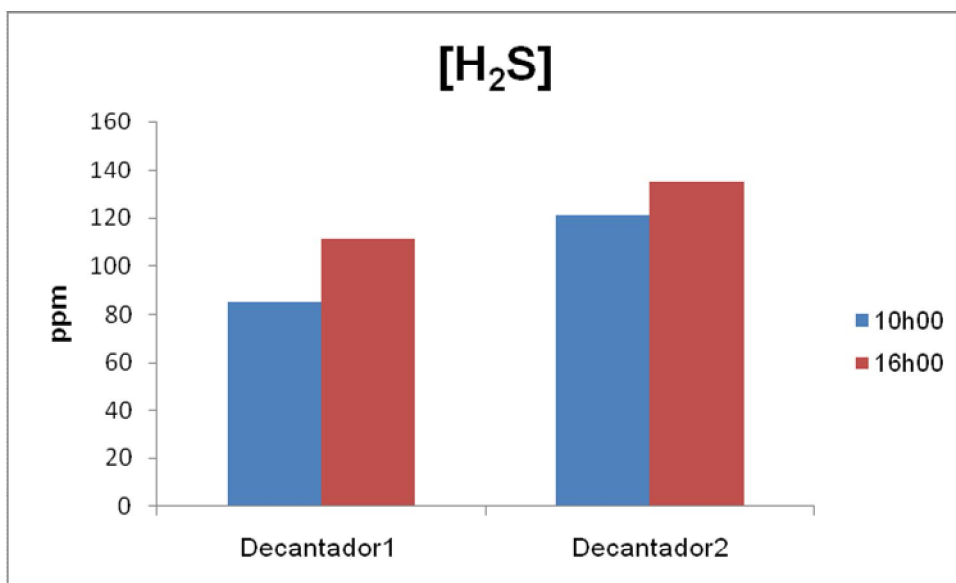


Figura 5.7 – Concentração média de H_2S na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.

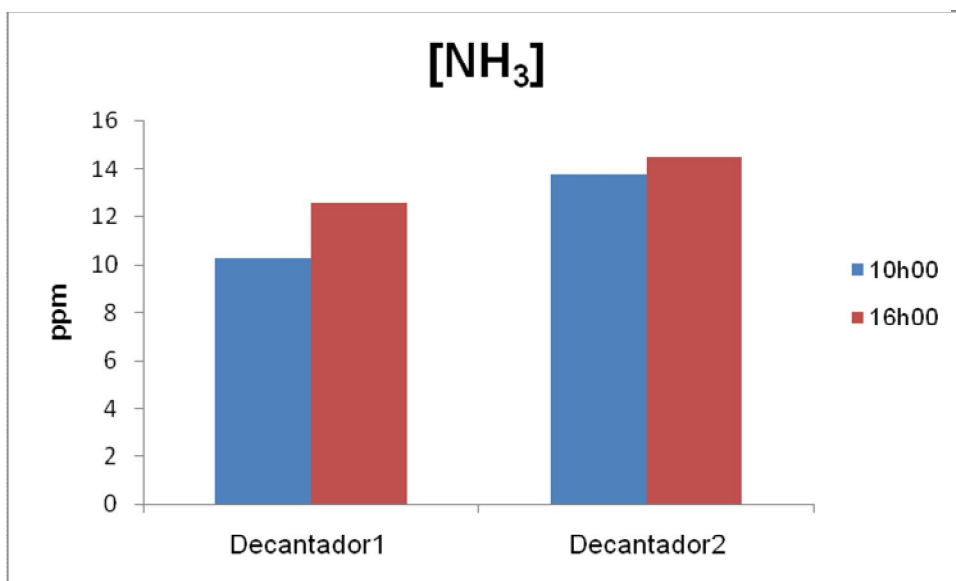


Figura 5.8 – Concentração média de NH_3 na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.

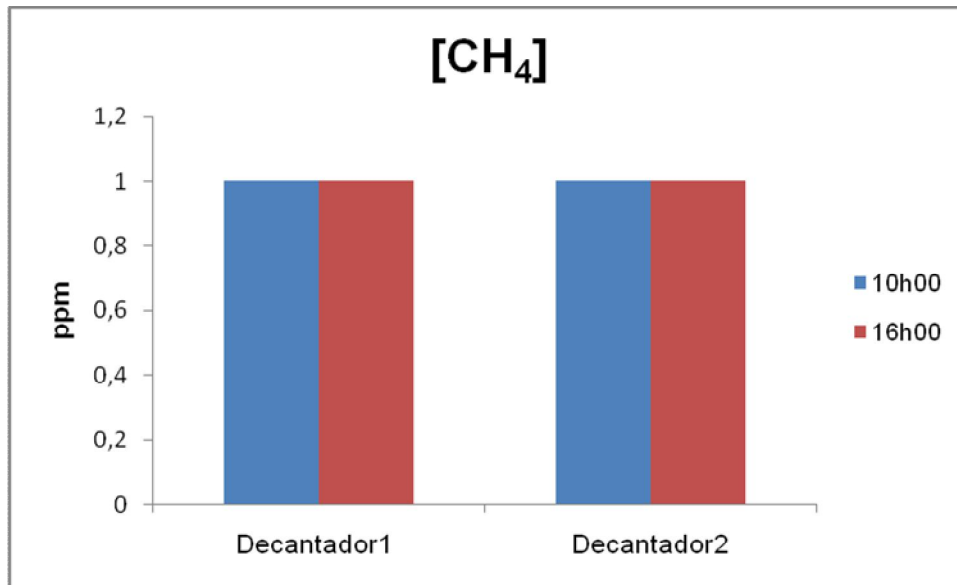


Figura 5.9 – Concentração média de CH₄ na superfície dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.

Foram também efectuadas medições das concentrações odoríficas de H₂S, NH₃ e CH₄ na atmosfera geral do edificio dos decantadores. A figura 5.10 representa a média dessas medições de 30/03/2009 a 03/04/2009 e compara-as com os valores limites de exposição respectivos.

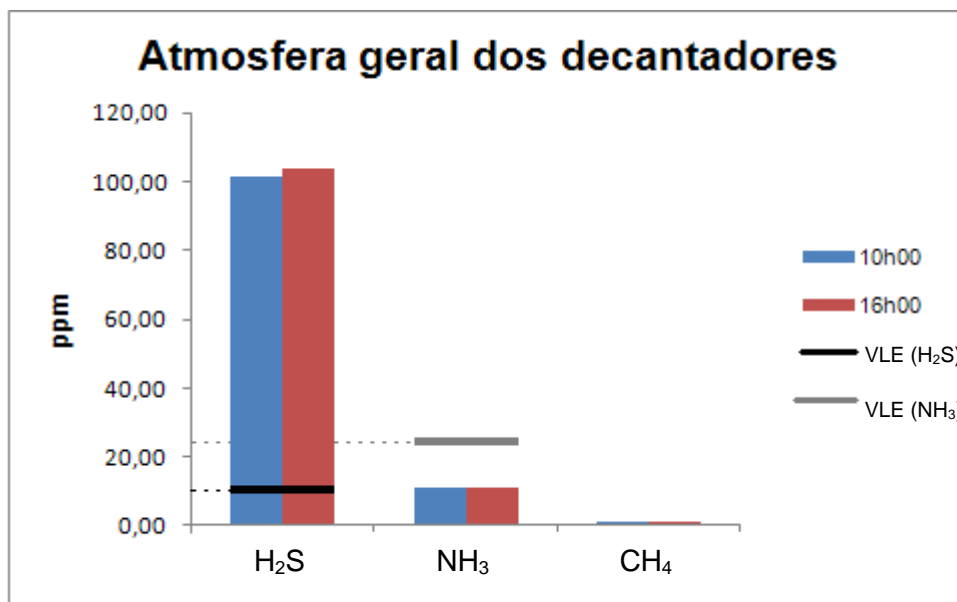


Figura 5.10 – Concentração média de H₂S, NH₃ e CH₄ na atmosfera geral do edificio dos decantadores de 30/03/2009 a 03/04/2009.

No edifício dos decantadores (figuras 5.7 e 5.8) verifica-se que o decantador 2 detém uma emissão superior ao decantador 1 apesar de ambos os decantadores contribuírem para a emissão de odores. Estes decantadores recebem os efluentes dos tanques de arejamento, do tanque 1 para o decantador 1 e do tanque 2 para o decantador 2. Os resultados permitem-nos desconfiar que o tanque de arejamento 2 está a funcionar pior que o tanque de arejamento 1.

A concentração média do H_2S continua a ser a mais elevada seguida da concentração média do NH_3 . Relativamente à concentração média do CH_4 , pelas razões já referidas em cima no edifício da obra de entrada, a sua formação na ETAR de Peniche é muito reduzida. O comportamento dos gases neste edifício é semelhante ao já observado no edifício da obra de entrada, visto que o H_2S e o NH_3 se libertam com maior intensidade no mesmo local.

Relativamente às atmosferas gerais, estas apresentam-se com valores de concentração média na ordem dos 100 ppm de H_2S , o que também excede os valores limites de exposição já referidos e ainda os valores limites de exposição impostos pela Portaria nº 762/2002, onde se refere que concentrações de 50 ppm nunca devem ser ultrapassadas. Neste caso o NH_3 apresenta valores de concentração média um pouco mais elevados (aproximadamente 12 ppm) que no edifício da obra de entrada (figuras 5.4, 5.5 e 5.6), mas de qualquer forma, estes não ultrapassam os valores limites impostos pela Norma Portuguesa (exposição diária – 25 ppm e curta duração – 35 ppm). Mais uma vez se confirma que as concentrações médias do H_2S e do NH_3 tendem a ser mais elevadas à tarde.

O H_2S , segundo [METCALF & EDDY, 2003], [Rosa Antunes, 2006] e [ATSDR, 2004] em valores de concentração de 50 ppm pode originar danos nos olhos e em valores de 100 até 300 ppm pode causar perda do olfacto, conjuntivites e/ou dificuldades respiratórias. Dadas as concentrações deste gás nos edifícios desta ETAR (especialmente nos decantadores) apresentarem valores nesta gama, há que considerar o tempo de exposição dos operários a estas concentrações tornando-se obrigatória a utilização dos EPI'S. Nem a concentração média de NH_3 nem a concentração média de CH_4 apresentam valores preocupantes para os trabalhadores nas atmosferas de trabalho.

Para além disto, segundo [WEF, 2004], o H_2S libertado ataca directamente metais como o ferro, aço e o cobre (oxidação química na presença de O_2) e é

biologicamente oxidado a ácido sulfúrico na presença de água, o que ocorre principalmente na coroa dos tubos, nas paredes da obra de entrada, câmaras de junção e equipamentos que contenham humidade. Devido aos teores de humidade normalmente elevados nestes edifícios, tanto no edifício da obra de entrada como no edifício dos decantadores os níveis de corrosão para as concentrações de H_2S observadas são elevados e podem conduzir à destruição tanto dos órgãos e edificações como dos materiais de processos. Estes factores levam também a uma diminuição das eficiências do tratamento e conseqüentemente a um aumento dos gastos de exploração. No anexo 3, a figura A3.2 ilustra esta corrosão.

Perante os valores de concentração de H_2S registados, admite-se que a renovação de ar seja insuficiente, por insuficiência do sistema de ventilação ou pela sua regulação deficiente, não esquecendo que as aberturas nos órgãos selados poderão afectar significativamente este sistema, pois permitem a libertação dos compostos odoríficos para as atmosferas dos edifícios.

5.2 MONITORIZAÇÃO

Apresentam-se de seguida os dados obtidos na monitorização da ETAR de 20/04/2009 a 29/05/2009, de modo a perceber as cargas odoríficas libertadas de cada órgão e as suas contribuições para o tratamento de odores.

Para se calcular as cargas odoríficas utilizou-se a equação 5.1.

$$\frac{mg}{h} (\text{carga}) = \frac{mg}{m^3} (\text{concentração}) \times \frac{m^3}{h} (\text{caudal}) \quad \text{Equação 5.1}$$

Nos gráficos as cargas foram apresentadas em g/h, por ser mais ilustrativo, e representadas separadamente nas duas linhas da ventilação (extracção) que se encontram representadas na figura 3.3 (capítulo 3).

Depois de analisados os valores das cargas de CH₄ obtidos pode-se concluir que não foram significativos em nenhum órgão, pelo que não foram considerados nos resultados seguintes. É importante ainda referir que existiram medições efectuadas em diferentes órgãos que atingiram a saturação do detector de gases (195 ppm), o que poderá corresponder a cargas superiores às registadas.

As figuras seguintes representam as cargas de H₂S e de NH₃ (de 20/04/2009 a 29/05/2009) em todos os órgãos de tratamento da ETAR de Peniche tanto da Linha 1 como da Linha 2.

5.2.1 MEDIÇÕES NA LINHA 1

- Às 10h00;

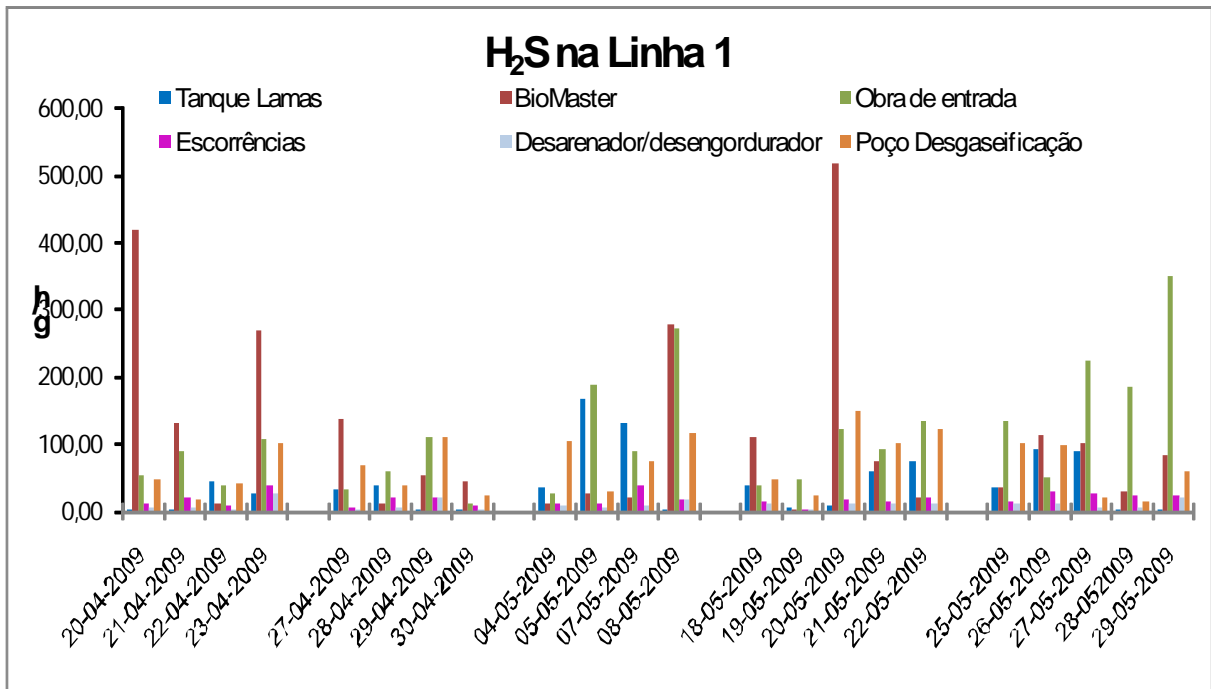


Figura 5.11 - Carga de H₂S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 10h00.

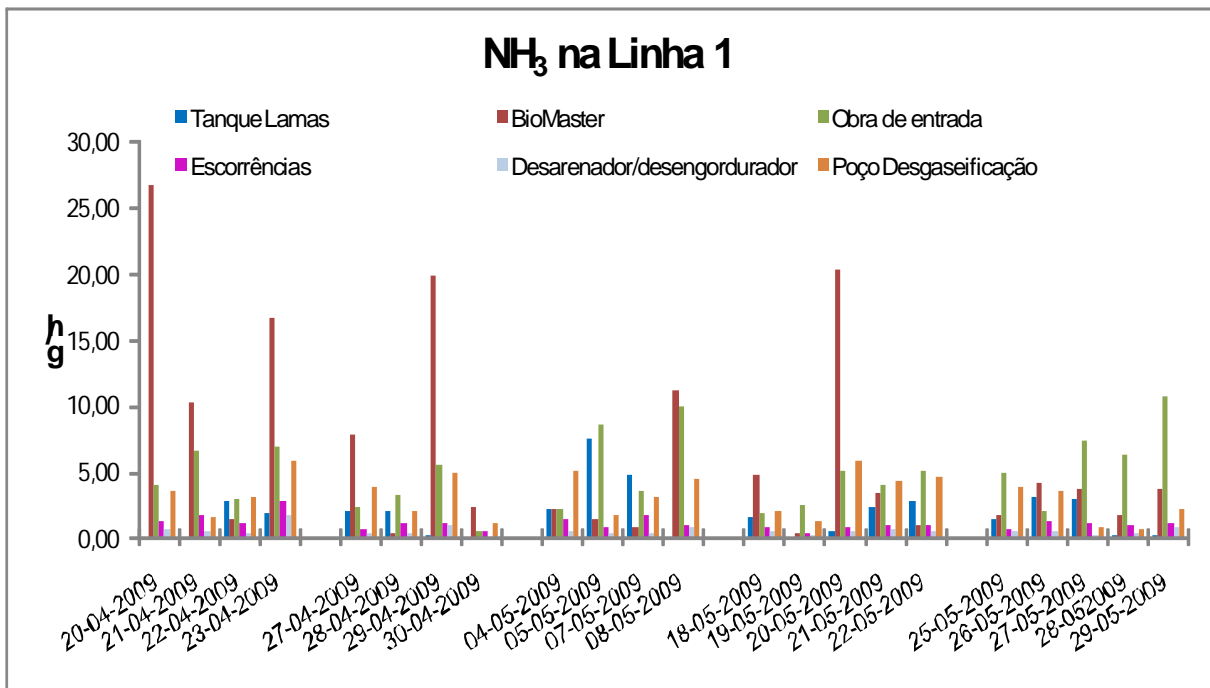


Figura 5.12 - Carga de NH₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 10h00.

- Às 16h00;

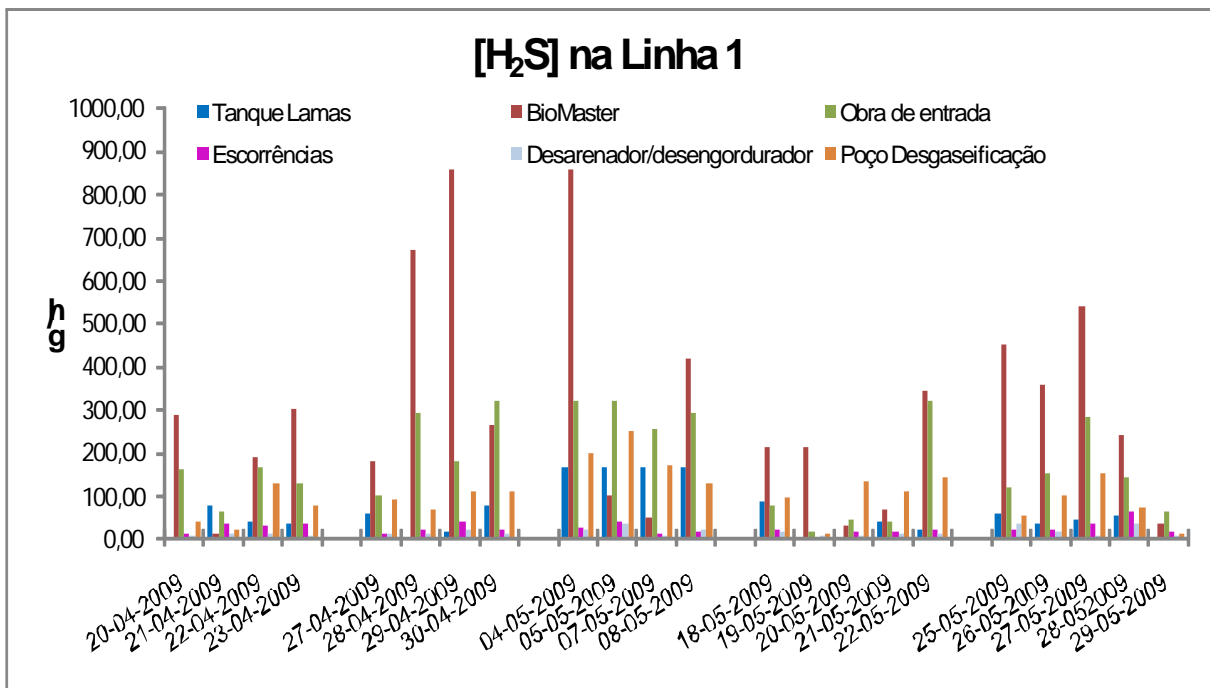


Figura 5.13 - Carga de H₂S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 16h00.

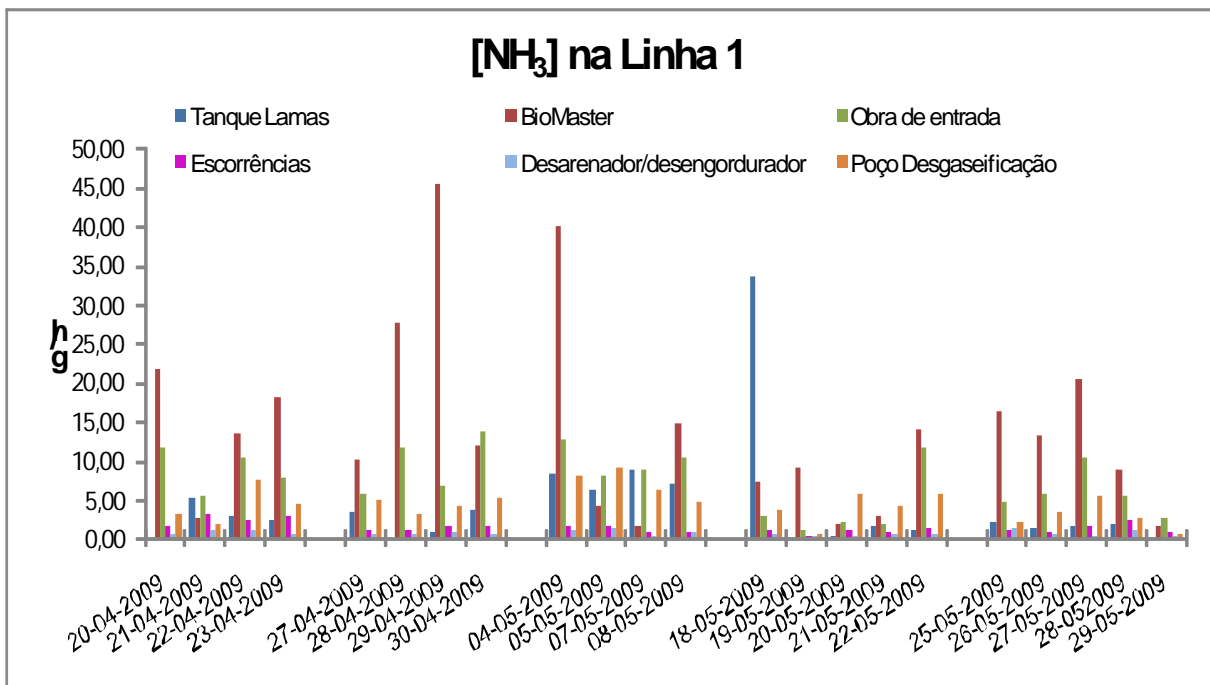


Figura 5.14 - Carga de NH₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 1 às 16h00.

Para a Linha 2 não foi possível medir as cargas directas dos tanques de arejamento e dos biofiltros, pelo que se efectuou um balanço de massas para se obter estas cargas, a partir das cargas antes e depois dos órgãos. A equação utilizada no balanço está representada em baixo.

$$Q_1 \times c_1 + Q_2 \times c_2 = Q_3 \times c_3 \quad \text{Equação 5.2}$$

Em que,

Q – Caudal de extracção (m³/h);

c – Concentração (g/m³)

5.2.2 MEDIÇÕES NA LINHA 2

- Às 10h00;

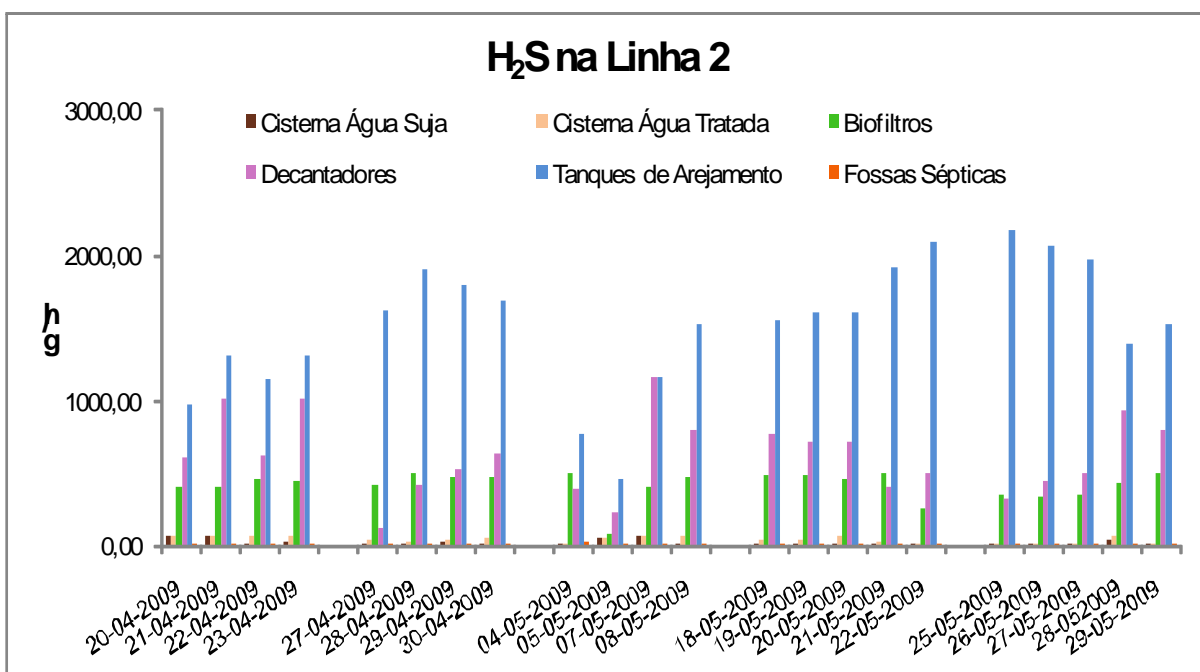


Figura 5.15 - Carga de H₂S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 10h00.

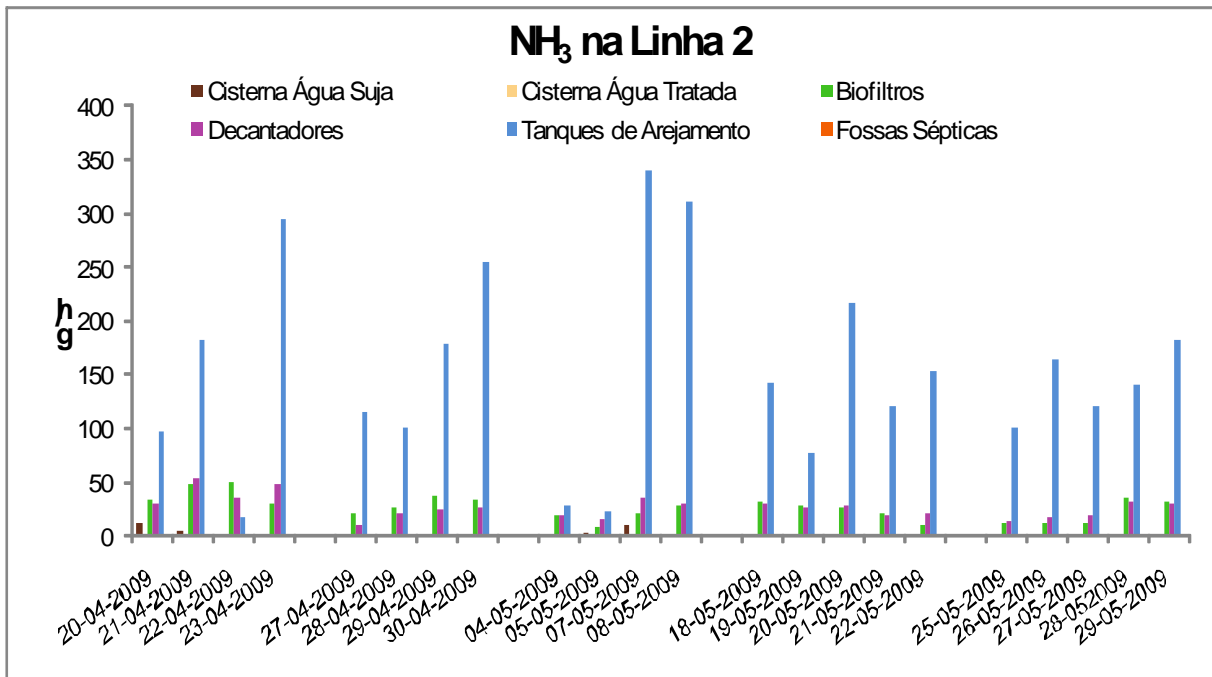


Figura 5.16 - Carga de NH₃ (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 10h00.

- Às 16h00;

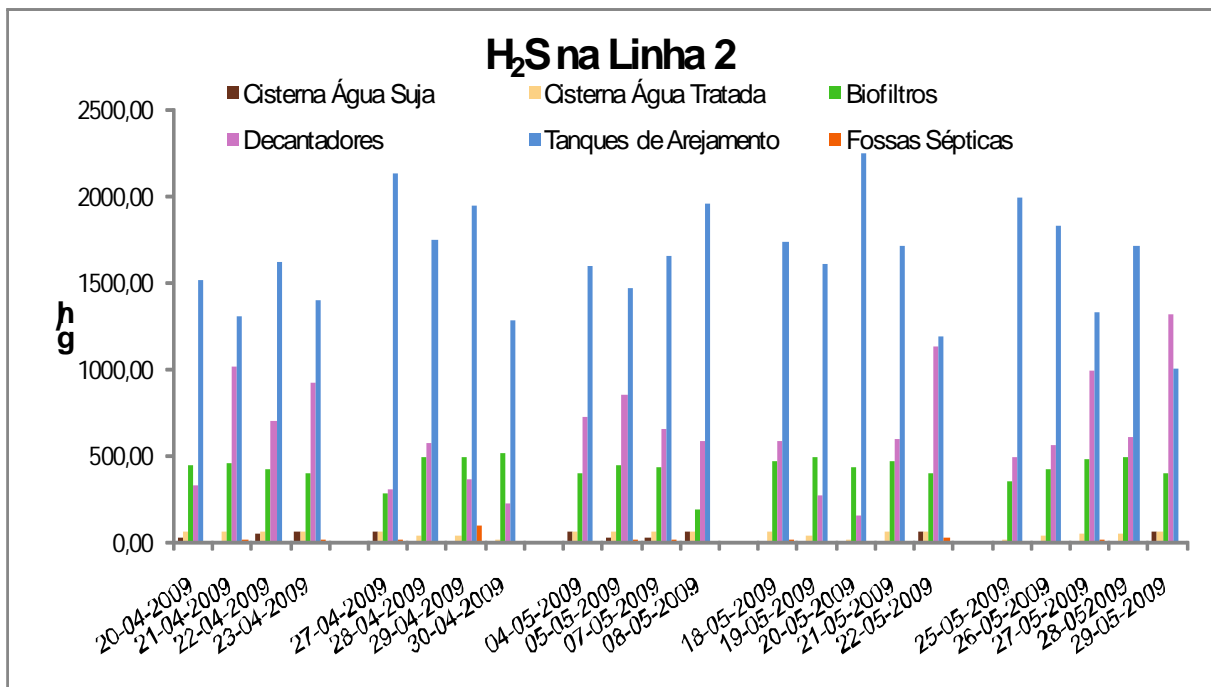


Figura 5.17 - Carga de H₂S (g/h) nas tubagens de extracção dos órgãos da Linha 2 às 16h00.

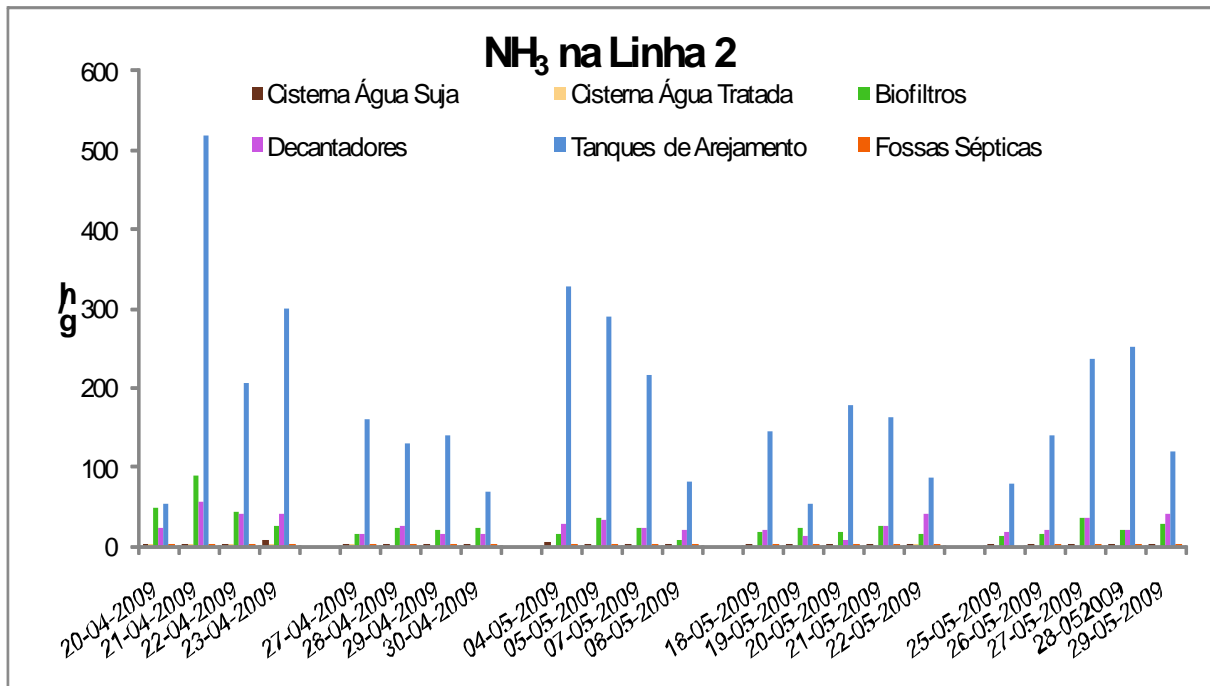


Figura 5.18 - Carga de NH_3 (g/h) nas tubagens de extração dos órgãos da Linha 2 às 16h00.

Em primeiro lugar verifica-se ao observar as figuras de 5.11 a 5.18 que, do mesmo modo que as concentrações atmosféricas, as cargas do H_2S são as mais significativas em todos os órgãos, seguida das do NH_3 . Comparando as cargas odoríficas de manhã e de tarde, verifica-se que normalmente os odores são mais elevados à tarde para a Linha 1 e constantes ao longo do dia para a Linha 2.

Em relação à Linha 1 pode verificar-se que os principais emissores de cargas odoríficas são o biomaster, a obra de entrada (tamisador) e o poço de degaseificação (flotador). O tanque de lamas apresenta alguns picos odoríficos e os desarenadores/desengorduradores e as escorrências apresentam cargas pouco significativas. Nem o tanque de gorduras nem o tanque de homogeneização manifestaram cargas odoríficas pelo que não constam nos gráficos.

Na Linha 1, o biomaster (fig. 5.11 a 5.14) apresenta as emissões com maiores cargas odoríficas para os dois compostos, apesar de nalguns dias estas serem pouco significativas. Este órgão corresponde ao tratamento biológico de gorduras utilizando arejamento e os máximos visualizados nos gráficos acontecem porque o arejamento é em descontínuo o que origina deposição das gorduras no fundo do tanque (decantação), que consoante o tempo de residência, leva a que se formem compostos odoríficos por falta de oxigenação e provoca a degradação das gorduras

em condições anóxicas). Após a sua formação, estes compostos ficam retidos nas gorduras e só ocorre volatilização à superfície. Ao retomar o arejamento os compostos odoríficos retidos nas gorduras são libertados (“stripping”) representando então os máximos das cargas odoríficas observadas. Ao fim de algum tempo com o arejamento ligado a quantidade destes compostos vai diminuindo.

Os valores elevados de H_2S e NH_3 observados na obra de entrada (tamisador) devem-se à recepção dos fluxos do sistema de recolha e drenagem da água residual, pois é bastante comum a dificuldade de se manter uma concentração de oxigénio suficientemente elevada para que a decomposição da matéria orgânica, inorgânica e dos resíduos industriais seja feita aeróbicamente. Assim, consoante a composição da água residual, condições anaeróbicas serão criadas, o que liberta compostos odoríficos. Este sistema de saneamento básico é constituído por um número considerável de compostos propícios a formar odores, provenientes em grande parte das indústrias pesqueiras.

A água residual é recolhida no poço de bombagem da estação elevatória, este ao atingir um certo nível acciona as bombas elevando-a através de um sistema de tubagens até à estação de tratamento. De acordo com a revisão bibliográfica efectuada, nomeadamente segundo [WEF, 2004; METCALF&EDDY, 2003; Rosa Antunes, 2006], o tempo de residência no poço de bombagem e tubagens, a velocidade da água residual nas tubagens, e o próprio projecto do sistema de recolha são factores que influenciam a formação ou libertação de compostos odoríficos. Quando esta formação e ou libertação de odores ocorre no sistema de recolha e drenagem, os compostos formados acumulam-se sob pressão nas atmosferas do poço de bombagem e na água residual, sendo libertados em qualquer abertura com interacção com a atmosfera, o que acontece principalmente na obra de entrada, onde a água residual é descarregada. Apesar dos valores de carga na tubagem de extracção deste órgão serem elevados pode verificar-se através dos valores das concentrações nas atmosferas gerais (figuras de 5.1 a 5.4) que esta extracção é insuficiente, significando que os compostos odoríficos são libertados do próprio órgão que não se encontra em depressão como deveria. Uma explicação pode ser encontrada nas aberturas que se encontram neste órgão fazerem com que entre mais ar do que aquele que está a ser extraído. O próprio processo de tamização também dificulta a estanquidade do órgão e promove turbulência que origina a libertação dos compostos odoríficos para a atmosfera.

Segundo [METCALF&EDDY, 2003; ASCE/WEF, 1995; Rosa Antunes, 2006], numa ETAR convencional, as operações na obra de entrada e no tratamento preliminar têm características que os podem tornar bastante importantes na libertação de odores.

O poço de desgaseificação do flotador (fig. 5.11 a 5.14) também apresenta uma emissão de odores considerável, o que pode ser explicado pelo seu funcionamento, pois, a operação de desgaseificação do flotador corresponde à libertação da mistura gasosa contida nas lamas extraídas do flotador, ora como já se viu em cima, este órgão apresenta odores significativos nas atmosferas (figuras 5.1, 5.2 e 5.6). As lamas recebidas no flotador são provenientes dos tanques de arejamento e são previamente injectadas com ar sob pressão o que aumenta a sua solubilidade. Ao entrarem no flotador dá-se a descompressão, diminuindo assim a solubilidade do ar, pelo que este começa a libertar-se sob a forma de bolhas arrastando as partículas em suspensão (flóculos) para a superfície, ficando parte do ar retido nas partículas e o restante libertado para a atmosfera. Estas partículas são então recebidas no poço de desgaseificação e o ar retido liberta-se, sendo recolhido pela extracção. Tanto no flotador como no poço de desgaseificação, o ar ao libertar-se arrasta consigo os compostos odoríficos presentes nas lamas provocando valores elevados de emissões odoríficas.

O tanque de lamas apresenta na maioria dos dias odores intermédios, contudo, como se pode ver nas figuras 5.11 a 5.14, para alguns dias (por ex. 05/05/2009 e 07/05/2009) podem ocorrer problemas de odores. Isto acontece porque, como este órgão não contém arejamento nem agitação, a libertação de odores dá-se apenas por volatilização. Para além disto e consoante o tempo de residência, a zona superficial das lamas podem solidificar formando uma crosta, o que faz com que os odores fiquem retidos. Um carregamento (este é efectuado pelo topo do tanque) ou mesmo um descarregamento irão criar turbulência originando os máximos de cargas odoríficas registadas nos gráficos. Conforme [METCALF&EDDY, 2003], o tratamento de lamas, a transferência, a homogeneização ou o armazenamento, apresenta um elevado potencial para a libertação de odores.

O flotador, o tanque de lamas e o biomaster, órgãos envolvidos no tratamento total da fase sólida mostraram-se odoríficos tal como [METCALF&EDDY, 2003] refere dizendo que as fontes mais significativas de odores são as instalações de

espessamento de lamas, os digestores anaeróbicos e as instalações de descarregamento de lamas.

Ao contrário de [Rosa Antunes, 2006] que refere que as operações de desarenação e desengorduramento, em termos odoríficos, estão ao mesmo nível que a gradagem, nesta ETAR os desarenadores/desengorduradores não apresentam odores muito significativos. Aqui a gradagem contém emissões consideráveis devido a localizar-se na zona de recepção do afluente e provocar turbulência no processo de tamização. Após a tamização, a água residual passa da obra de entrada para os desarenadores/desengorduradores que apesar do arejamento, funcionam com um regime de escoamento laminar provocando emissões menos significativas. É preciso ter em atenção que neste caso tanto a gradagem como os desarenadores contém extracção localizada, pelo que os valores de cargas odoríficas nestes órgãos também são influenciados pelos caudais da extracção e pela estanquidade dos próprios órgãos (eficiência da extracção).

As escorrências da centrifugadora não apresentam cargas odoríficas significativas contrariamente ao que [WEF, 2004 e METCALF & EDDY, 2003] prevêm. Esta discrepância pode ser explicada por esta medição ter sido efectuada numa tubagem extractora do ar atmosférico na zona das escorrências que não se encontra devidamente localizada no interior do órgão nem selada. Existe uma diluição do ar odorífico que sai do poço das escorrências repercutindo-se neste ponto de amostragem uma carga inferior à real (fig. A3.4, anexo 3).

Por outro lado, nem o tanque de gorduras nem o tanque de homogeneização apresentaram cargas odoríficas elevadas consequência da dificuldade da degradação das gorduras e da necessidade de tempos de residência elevados, para além de apresentarem uma camada superficial que impede os odores de se libertarem.

Em relação à Linha 2 (fig. 5.15 a 5.18), os tanques de arejamento, os decantadores e os biofiltros são órgãos mais odoríficos, sendo as cisternas de água suja e tratada e as fossas sépticas pouco significativas.

As cargas odoríficas dos tanques de arejamento são bastante elevadas, pelo que este é o órgão mais odorífico de toda a ETAR. Estes resultados contrariam a literatura, [WEF/ASCE, 1995] diz que os odores nos tanques de arejamento são baixos/moderados, pois a degradação da matéria orgânica é feita através de bactéria aeróbias em que as suas reacções libertam maioritariamente CO_2 e H_2O ,

tendo sempre em conta que a reacção não é completa e pode libertar outros compostos. É importante referir que nesta ETAR, o funcionamento deste órgão é em regime de alta carga, o que normalmente origina odores mais elevados que a baixa ou média carga, mas de qualquer forma estes valores apresentados nos gráficos são indicativos do seu mau funcionamento. Como as cargas afluentes a esta ETAR são demasiado elevadas, a dimensão dos tanques de arejamento, bem como o próprio arejamento, tornam-se insuficientes para tratar estas cargas criam-se assim condições de falta de oxigénio. Na respiração celular, obtenção de energia (catabolismo), as bactérias usam o oxigénio dissolvido (processo aeróbio) para a decomposição da matéria orgânica. Quando condições de anaerobiose começam a desenvolver-se, ou seja, a presença de oxigénio dissolvido está entre 0,1 e 1,0 mg/L, essas bactérias passam a utilizar o oxigénio presente nos compostos azotados (processo anóxico), e mais tarde quando estas reservas se esgotam são utilizados os sulfatos (processo anaeróbico), realizando a redução para sulfuretos, o que consecutivamente origina a formação de compostos odoríficos, especialmente o H₂S. Os resultados demonstram que a quantidade de sulfatos afluentes à ETAR de Peniche é muito elevada e que os tanques de arejamento não estão a funcionar correctamente.

Os decantadores nesta ETAR apresentam odores bastante significativos contrariando [WEF, 2004] que refere que os odores no decantadores são baixos/moderados. Esta observação pode ser explicada pelo facto da água residual que recebem vir dos tanques de arejamento que contém compostos odoríficos. Estes compostos são libertados por volatilização sendo maiores as emissões nas zonas turbulentas. Para além disto, os sólidos decantados ainda apresentam matéria orgânica em decomposição e falta de oxigénio, condições propícias para a degradação anaeróbica e consequentemente formação de odores.

Os biofiltros (fig. 5.15 a 5.18), são o terceiro órgão mais odorífico da linha 2, consequência de diversos factores, desde a colmatação do meio do biofiltro (excesso de nutrientes), à má dispersão da cultura bacteriana no meio, ao arejamento insuficiente, provocando zonas anóxicas e por sua vez formação de odores. Estas são razões relativas às características e condições dos biofiltros, mas os odores nestes biofiltros podem ainda ser devidos à água residual afluente conter compostos odoríficos.

As cisternas e as fossas sépticas (fig. 5.15 a 5.18) apresentam cargas pouco significativas. Em relação à cisterna de água tratada isto seria de prever, pois esta recebe a água no fim de tratamento e por isso as cargas odoríficas são pouco significativas, no entanto poderá apresentar algumas cargas odoríficas devido à contaminação da água residual provinda dos biofiltros. A cisterna de água suja recebe as águas de lavagem dos biofiltros, bastante odoríficas, apesar de se esperar que estas contivessem cargas mais significativas que a cisterna de água tratada, isso não se verifica. A cisterna de água tratada está sempre cheia, pelo que o ar atmosférico dentro do tanque é reduzido, e, apesar desta cisterna ser maior que a cisterna de água suja (450m^3 para 350m^3) como a cisterna de água suja contém níveis variáveis, o ar atmosférico (volume) é mais elevado, e então se a concentração das cisternas for idêntica, quer dizer que a cisterna de água suja está a libertar uma quantidade maior de compostos odoríficos. Sendo o caudal de extracção destas cisternas igual e estando a cisterna água tratada cheia e a cisterna de água suja num baixo nível, podem verificar-se cargas odoríficas maiores na cisterna de água tratada do que na cisterna de água suja, como visualizado nas figuras 5.15 a 5.18.

Segundo [Rosa Antunes, 2006], a ocorrência de odores associada à recepção e ao processamento de líquidos sépticos (por exemplo, o conteúdo dos limpa fossas) está associada ao seu elevado teor em compostos odoríficos e ao frequente regime de turbulência a que este fluxo é sujeito (descarga para a obra de entrada ou para algum órgão de tratamento), bem como, aos efeitos que a sua incorporação incontrolada na fase líquida pode ter enquanto sobrecarga para os processos de tratamento. No caso da ETAR de Peniche, o conteúdo do limpa fossas é recebido num tanque especializado para o efeito. A alimentação é feita na base do tanque sem muita turbulência e deste, o conteúdo do limpa fossas é encaminhado para a obra de entrada. Como a turbulência é mínima e o tempo de residência não muito elevado este não apresenta odores significativos, o que poderá reflectir-se mais tarde na obra de entrada.

A Linha 2 é a principal contribuidora para as cargas odoríficas na ETAR de Peniche, com valores de carga que chegam aos 2500 g/h de H_2S e aos 500 g/h de NH_3 , num dado órgão, enquanto na Linha 1 chegam aos 900 g/h e aos 45 g/h , no mesmo órgão.

5.3 CAUDAIS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Numa ETAR, a libertação de odores depende muito do sistema de contenção e ventilação que garante a depressão tanto nos órgãos como no interior dos edifícios. Esta depressão resulta de um caudal de extracção superior ao caudal de entrada condicionado pelas aberturas existentes e pelo caudal de insuflação. É importante referir que se as aberturas existentes nos órgãos ou nos edifícios forem em elevado numero e ou de grandes dimensões, a depressão pode ser comprometida, pois, se entrar mais ar do que o que está a ser extraído, o excesso de ar sairá pelas aberturas, provocando a libertação de odores.

Os quadros seguintes representam os caudais de extracção e insuflação no edifício da obra de entrada e no edifício dos decantadores.

Quadro 5.1 - Caudais de extracção e insuflação no edifício da obra de entrada

Edifício da obra de entrada	
Caudal de Extracção (m ³ /h)	Caudal de insuflação (m ³ /h)
17500	11500

Quadro 5.2 - Caudais de extracção e insuflação no edifício dos decantadores

Edifício dos decantadores	
Caudal de Extracção (m ³ /h)	Caudal de insuflação (m ³ /h)
5045	2135

Apresentam-se nos quadros 5.3 e 5.4 os caudais de extracção medidos e os caudais de extracção de projecto nos diversos órgãos de ambas as Linhas.

Quadro 5.3 - Comparação dos caudais obtidos com os caudais de projecto da Linha 1

Localização	Caudal Obtido (m ³ /h)	Caudal de projecto (m ³ /h)	Diferença
Tanque Lamas	619	599	1199
Tanque Homogeneização	1179		
Tanque de Gorduras	724	3639	255
Biomaster	3170		
Obra de entrada	1326	-	-
Escorrências	1042	-	-
Desarenador/desengordurador	350	-	-
Poço Desgaseificação	755	-	-
Entrada no tratamento odorífico	13393	11436	1957

Quadro 5.4 – Comparação dos caudais obtidos com os caudais de projecto da Linha 2

Localização	Caudal Obtido (m ³ /h)	Caudal de projecto (m ³ /h)	Diferença
Cisterna Água Suja	250	-	-
Cisterna Água Tratada	250	-	-
Cisternas (suja + tratada)	600	-	-
Biofiltros + Cisternas	2000	1505	495
Decantadores	5045	5023	22
T.A. + Dec. + Biof. + Cist.	10562	10711	-149
Fossas Sépticas	620	913	-293
Entrada no tratamento odorífico	11500	11624	-124

Verifica-se que tanto o edifício da obra de entrada como o edifício dos decantadores se encontram em depressão, quadro 5.1 e 5.2. O edifício da obra de entrada apesar de conter um caudal de extracção muito superior ao de insuflação, a depressão encontrava-se relativamente baixa devido às aberturas existentes no edifício. Ao relembrar os valores das concentrações odoríficas nas atmosféricas deste edifício (figuras 5.1 a 5.6) permite-nos concluir que a insuflação poderia ser aumentada para uma maior diluição do ar atmosférico, tendo sempre em conta à depressão. De qualquer forma, se forem elaboradas melhorias na contenção dos

órgãos deste edifício, as atmosferas deveram chegar a valores aceitáveis. No edifício dos decantadores verificou-se uma depressão elevada. Ao relembrar também os valores das concentrações odoríficas nas atmosféricas deste edifício (figuras 5.7 a 5.10) permite-nos verificar que a insuflação é insuficiente, pelo que se poderia diminuir o caudal de extracção ou aumentar o caudal de insuflação. Em último caso poderiam cobrir-se os decantadores.

Como se pode observar nos quadros 5.3 e 5.4 os caudais de extracção medidos apresentam alguns valores semelhantes aos de projecto e outros com algum desvio. Isto indica a necessidade de se efectuar uma revisão aos caudais de extracção. Relativamente aos caudais de projecto, estes foram calculados com uma ideologia diferente pelo que não se conseguiu apurar alguns caudais.

Os maiores caudais localizam-se nos órgãos que se mostraram ser mais odoríficos, contudo existem alguns caudais elevados com valores de cargas odoríficas baixas (por ex. tanque de homogeneização) o que comparando com o caudal de outros órgãos mais odoríficos (por ex. poço de desgaseificação) poder-se-ia acertar os caudais, diminuir os caudais dos órgãos menos odoríficos e aumentar os caudais dos órgãos mais odoríficos. É interessante ainda referir que nos órgãos selados, mesmo que odoríficos, pode controlar-se os caudais de extracção para um mínimo que crie depressão, o que originará um menor dispêndio de energia e reagentes no tratamento odorífico (no próprio órgão, quanto menor o caudal menor a carga a tratar por hora), porém alguns órgãos contêm arejamento, o que terá que ser contabilizado na extracção.

Relembrando que a Linha 2 é a linha mais odorífica e comparando os caudais que entram no tratamento odorífico da Linha 1 (13393 m³/h) e da Linha 2 (11500 m³/h), reforça-se mais uma vez a ideia de efectuar uma revisão ao sistema de contenção e ventilação, pois o caudal total da linha 2 deveria ser o superior.

5.4 EFICIÊNCIAS DO TRATAMENTO ODORÍFICO

As eficiências do tratamento odorífico são calculadas a partir das medições de carga efectuadas à entrada e à saída do tratamento odorífico, as figuras seguintes representam as eficiências do tratamento odorífico de 18/05/2009 a 29/05/2009.

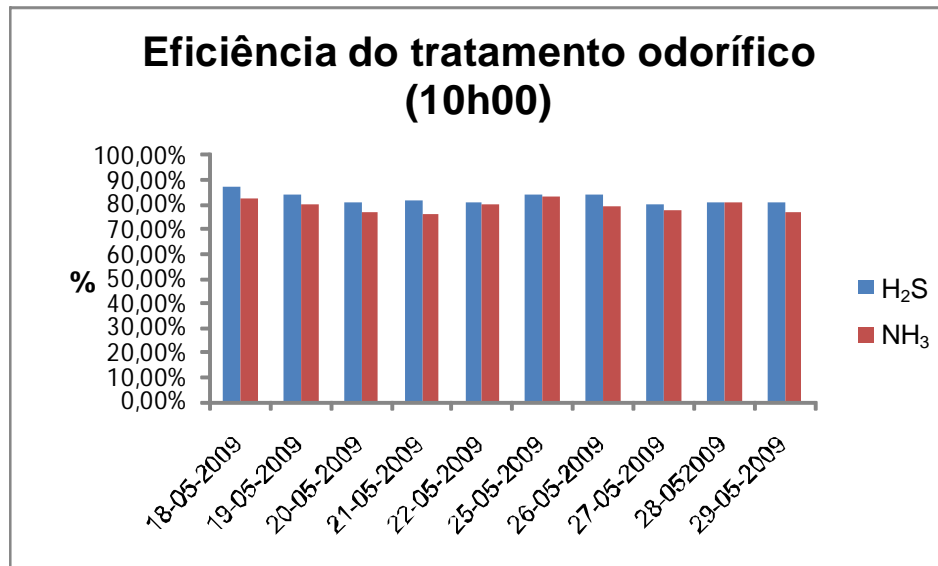


Figura 5.19 - Eficiência do tratamento odorífico às 10h00.

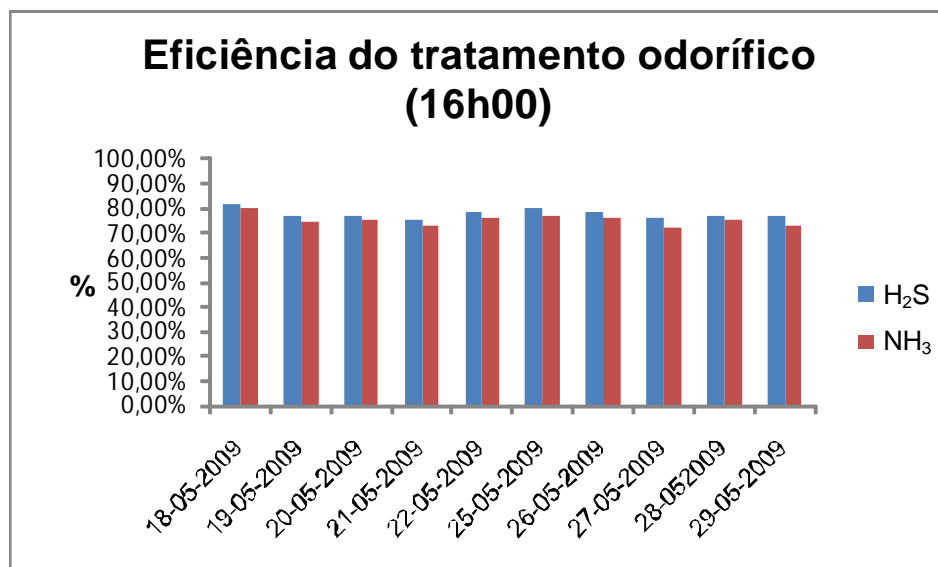


Figura 5.20 - Eficiência do tratamento odorífico às 16h00.

O tratamento de odores na ETAR de Peniche é efectuado por lavagem e oxidação química e é composto por três torres, duas ácidas para removerem os compostos básicos e uma alcalina para remover os compostos ácidos.

Observando as figuras 5.19 e 5.20, verifica-se que o tratamento para o H_2S e para o NH_3 têm eficiências semelhantes, que se encontram entre os 70% e os 90%. É importante lembrar que o H_2S existe em muito maior carga, o que indicia um maior consumo do reagente na torre alcalina ($NaOCl$ e $NaOH$). Note-se ainda que, as eficiências de manhã são ligeiramente superiores às da tarde, consequência das maiores cargas à tarde, pois implicam uma maior variação no pH das torres. Este tipo de tratamento é por vezes ou quase sempre complicado porque depende muito do pH. Quanto maior é a variação do pH nas torres menor será a sua eficiência, como as cargas afluentes à ETAR são variáveis, verificam-se alterações de pH nas torres de tratamento e consequentemente uma variação nas eficiências do tratamento.

Nesta ETAR verifica-se que o tratamento na primeira torre ácida (torre nº 1) é efectuado apenas com água em circuito interno. Este processo necessitaria de uma adição de água constante que não se verifica. A água fica saturada em compostos odoríficos básicos o que reduz a eficiência do tratamento nesta torre. Relembrando que as cargas de NH_3 são bem menores que as cargas de H_2S e observando as figuras 5.19 e 5.20, onde as eficiências do tratamento para o NH_3 são menores, é salientada essa redução da eficiência, pois cargas menores deveriam ter maiores eficiências. Na altura da monitorização a segunda torre ácida (torre nº 2) encontrava-se desactivada. Na torre alcalina (torre nº 3), são adicionados à água uma solução de $NaOCl$ (agente oxidante) e uma solução de $NaOH$ (agente básico). O $NaOCl$ é utilizado na oxidação dos sulfuretos e mercaptanos a pH básico.

[METCALF&EDDY, 2003] diz que as eficiências neste tipo de tratamento para o H_2S e para o NH_3 são à volta dos 98%, consideravelmente superiores às encontradas nesta ETAR. As elevadas cargas afluentes à ETAR de Peniche estão na origem nas alterações no pH das torres e no mau funcionamento das torres no tratamento odorífico. Com a primeira torre a trabalhar devidamente e a segunda torre em funcionamento, o tratamento na terceira torre iria melhorar assim como o tratamento de odores global, podendo reflectir-se num menor consumo de reagentes.

Os retentores de gotículas (condensadores) não estão a funcionar correctamente, verificando-se a existência de líquido nas tubagens entra as torres de tratamento. Isto provoca o contágio de umas torres para as outras, o que origina alterações no pH das torres e conseqüentemente um maior consumo de reagentes.

Por último, estas torres tratam de uma quantidade considerável de H₂S que é bastante corrosivo). Isto pode originar a deterioração (corrosão) dos dispersores das soluções, provocando uma má dispersão das soluções de tratamento e assim uma menor eficiência, pelo que se deve ser efectuada uma revisão a estes. Relativamente ao material de construção das torres, este normalmente é constituído por fibra de vidro, PVC ou outros, o que evita a corrosão.

Se introduzidas certas alterações ao processo de tratamento as eficiências poderão aumentar significativamente.

6 CONCLUSÕES

Constatou-se que a ocorrência de odores num Sistema de Saneamento Básico tem origem na degradação anaeróbia da matéria orgânica presente nas águas residuais (especialmente conteúdo azoto e enxofre). A libertação de odores é agravada por descargas com temperaturas elevadas, cargas orgânicas elevadas, ou com compostos químicos presentes em baixo estado de oxidação que conduzem à diminuição de oxigénio dissolvido na água residual. Para além disto, as descargas industriais podem ainda conter outros compostos odoríficos ou compostos propícios para formar compostos odoríficos.

Depois do estudo efectuado na ETAR de Peniche concluiu-se que o aparecimento de odores num sistema de saneamento básico é praticamente inevitável e que o funcionamento dos seus órgãos é interligado, pelo que os problemas de odor num órgão irão reflectir-se nos órgãos seguintes.

Percebeu-se que quanto melhor for o funcionamento dos tanques de arejamento e a depuração da matéria orgânica, menores serão os problemas com os odores nos órgãos adjacentes.

Concluiu-se também que as práticas de exploração quando elaboradas incorrectamente podem influenciar significativamente a formação e ou libertação de odores.

A libertação dos odores encontra as principais causas no arejamento e na turbulência criada nos órgãos que provocam uma maior volatilização.

A monitorização revela-se essencial pois garante atmosferas seguras para os trabalhadores, o controlo do nível de corrosão, a percepção dos órgãos mais odoríficos, a detecção do mau funcionamento dos órgãos e ainda permite compreender as alterações da corrente odorífica a tratar e verificar a eficiência de tratamento. Este processo permitirá introduzir medidas correctivas visando a optimização do tratamento odorífico bem como do consumo de reagentes.

A monitorização deverá considerar os caudais de extracção, pois, as concentrações não traduzem as cargas odoríficas podendo mesmo conduzir a conclusões erradas.

A elaboração de uma monitorização neste tipo de instalações pode tornar-se complicada quer devido às constantes perturbações naturais quer devido às operações de manutenção efectuada pelos operários.

Por último verifica-se que o Sistema de Saneamento Básico dos SMAS de Peniche realiza a recepção de águas residuais com bastante carga, o que origina odores consideráveis no sistema de recolha e drenagem e na ETAR. O tratamento biológico da ETAR demonstra-se insuficiente para a depuração de toda a carga afluente, criando odores não só no tanque de arejamento como na maioria dos órgãos adjacentes. O sistema de contenção e ventilação de odores não se encontra a trabalhar correctamente, pois existem alguns órgãos com aberturas para a atmosfera comprometendo a depressão. E, alguns caudais de extracção encontram-se desregulados tornando as atmosferas dos edifícios pouco seguras para os trabalhadores e por vezes com problemas de corrosão para as instalações.

O tratamento de odores da ETAR de Peniche não se encontra a trabalhar a 100% pelo que surgem problemas nas imediações da ETAR, uma intervenção global para colocar o sistema a trabalhar em pleno certamente diminuirá, ou mesmo eliminará os odores nas suas imediações.

Apresentam-se a seguir algumas recomendações para uma melhoria dos problemas com os odores:

- Selar a obra de entrada de modo a criar depressão, ajudando com um acerto no caudal de extracção e ou adição de um químico oxidante;
- Colocar uma caixa em acrílico ou PVC no poço de escorrências e a extracção ligada a essa caixa;
- Construir uma divisão à parte para o flotador, visto este ser difícil e dispendioso de cobrir;
- Implementar um tanque de equalização após o pré-tratamento para homogeneizar o afluente e aumentar a eficiência dos tratamentos seguintes e um flotador antes do tratamento biológico de modo a reduzir a carga orgânica;
- Efectuar uma revisão/verificação e eventual reforço do sistema de ventilação e ainda colocar medidores fixos nos edifícios mencionados. De salientar que um eventual investimento neste domínio, para além do benefício em termos de SHST, será recuperado certamente através de um aumento da durabilidade dos equipamentos e das estruturas destes edifícios.
- Elaborar um acerto das válvulas de extracção de cada órgão e verificar a depressão nos mesmos.
- Efectuar melhorias no tratamento odorífico como o adição de água ou H_2SO_4 na primeira torre, colocação da torre n^o2 em funcionamento, revisão dos dispersores, entre outras.

É interessante ainda verificar-se que existem maiores cargas do composto ácido para uma torre alcalina e menores cargas do composto básico para duas torres ácidas, pelo que seria curioso uma alteração no tratamento para uma torre ácida e duas alcalinas e verificar se as eficiências melhoravam e se o consumo dos reagentes diminuía.

BIBLIOGRAFIA

ASCE/WEF. *Odor control in wastewater treatment plants*. American Society of Civil Engineers (ASCE). Water Environment Federation. Alexandria e New York , 1995.

Mahin Tom; WEF. *Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants*, Water Environmental Federation, Alexandria, 2004.

METCALF&EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, 4^a ed., Revisto por Tchobanoglous, G., Burton, F.L. and Stensel, H.D.. International Ed., McGraw-Hill, Inc, New York, 2003.

Henze, M.; Harremoes, P.; Jansen, Jes la Cour; Arvin E. *Wastewater Treatment – Biological and Chemical Processes*, 2^a ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany, 1997.

Gray, N. F. *Biology of Wastewater Treatment*, 2^a ed., Imperial College Press, USA, 2004.

Lewandowski, Gordon A.; DeFilippi, Louis J. *Biological treatment of hazardous wastes*, John Wiley & Sons, inc., USA, 1998.

Houg, Roger T. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, USA, 2000.

Wight, Gregory D. *Fundamentals of Air Sampling*, CRC Press LLC, USA, 1994

Grady, C.; Leslie, P. *Biological wastewater treatment*, Marcel Dekker, New York, 1980.

Stephenson, Ralph L.; Blackburn, James B. *The Industrial Wastewater Systems Handbook*, CRC Press LLC, USA, 1998.

Woodand & Curran, Inc. *Industrial waste Treatment Handbook*, 2^a ed, Elsevier Inc, UK, 2006.

Silva C. *Estudo da influência das concentrações de N e P sobre o desenvolvimento de cianobactérias em cultura mista*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

Oliveira A. *Guia Metodológico para a Elaboração de Manuais de Exploração de ETAR'S*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

Pereira M. *Contributo para Avaliar a Possibilidade de Reutilização de Areias Removidas nas ETAR*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

Antunes R. *Odores em Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006.

Cabral F. *Biofiltração para Desodorização de Reactores Anaeróbios*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Schirmer 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*, Florianópolis, 2004.

Artigos:

Moussavi G.; Naddafi K.; Mesdaghinia A.; Deshusses M. A. *The Removal Of H₂S From Process Air by Diffusion Into Activated Sludge*, Environmental Technology, Selper Ltd., vol 28, 2007, pág. 987 e 992.

Rosa A.; Mano António P. *Odores em Estações de Tratamento de Águas Residuais*, Hidroprojecto, 2006. pág. 1 – 7, 9 – 12.

Capelli L.; Sironi S.; Del Rosso R.; Céntola P. *Predicting odour emissions from wastewater treatment plants by means of odour emission factors*, Elsevier Ltd., vol.43, 2009. pág. 1977, 1978 e 1984.

Cohim E.; Kiperstok A.; Meireles A. *Avaliação do potencial de geração de odor de afluente de filas*, ABES, nº 24, 2009. Pág. 1 – 4.

Recursos on-line:

Shareefdeen, Z. ; Singh, A. (2005). Biotechnology of Odor and Air Pollution Control. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, Germany. P. 3, 29 – 60.

Disponível de 15 de Abril a 15 Setembro em:

<http://books.google.pt/books?id=RY7I7NrA1XsC&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>

Agency for toxic substances & Disease Registry,

Disponível a 3,4 de Junho 2009 em:

<http://www.atsdr.cdc.gov>,

Vesilind, P.Aarne; WEF (2003). Wastewater treatment plant design. TJ International Ltd, Great Britain, cap.11, p. 19 – 23.

Disponível de 1 Junho a 15 Setembro em:

http://books.google.pt/books?id=li9das-n4cUC&pg=PT107&lpq=PT107&dq=USEPA+WwTP+odor+control&source=bl&ots=7PaWTubnR5&sig=ZX_gxLxY0OvNiLujc18KdY7bZSk&hl=pt-PT&ei=P7YnStN3gtP4BsObzPIE&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2#PPT310.M1,

Spellman, Frank R. (2008). Water and Wastewater Treatmentn Plant Operations. Tayler & Francis Group, USA, 2ª ed., p. 435 – 437.

Disponível de 1 Junho a 15 Setembro em:

<http://books.google.pt/books?id=Ja28hvTxVpwC&pg=PT475&dq=odor+control+in+WwTP&ei=zL3ySvK6KgrqzATvwrCIBA#v=onepage&q=&f=false>

Haller, Edward J. (2002). Simplified Wastewater Treatment Plant Operations. Technomic Publishing, USA, Vol.1, p. 151 e 153.

Disponível de 1 Junho a 15 Outubro em:

<http://books.google.pt/books?id=-XJjKdwXVEIC&pg=PP1&dq=Simplified+Wastewater+Treatment+Plant+Operations#v=onepage&q=&f=false>

Adams, Gregory M.; WEF, (1994). Identifying and Controlling Municipal Wastewater Odor. Water Environmental Research Foundation, Alexandria, Cap. 3, p. 37 – 48.

Disponível de 1 Junho a 15 Setembro em:

http://books.google.pt/books?id=R_zqTT1KujgC&pg=PT75&dq=odor+control+in+WwTP&ei=GLfyStzZlqO8zgT5qrHWA#v=onepage&q=odor%20control%20in%20WwTP&f=false

EUR – LEX Acesso ao Direito da União Europeia,

Disponível de 15 de Abril a 15 Setembro em:

<http://eur-lex.europa.eu/pt/index.htm>

SIDDAMB - Agência Portuguesa do Ambiente,

Disponível de 15 de Abril a 15 Setembro em:

<http://siddamb.apambiente.pt/publico/showResults.asp?searcher=decreto+lei+275%2F91&legislation=chk&national=chk&community=chk&international=chk>

ANEXOS**ANEXO 1**

Medições atmosféricas no Edifício da obra de entrada.

De 30/03/2009 a 03/04/2009 (segunda a sexta)

- H₂S

Às 10h00:

Quadro A1.1 – Valores de concentração de H₂S medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
26,00	10,00	9,00	7,00	5,00	10,00
35,00	37,00	35,00	57,00	30,00	15,00
166,00	45,00	41,00	98,00	29,00	19,00
96,00	32,00	32,00	74,00	24,00	16,00
43,00	41,00	47,00	100,00	27,00	8,00
Média					
73,20	33,00	32,80	67,20	23,00	13,60
Desvio padrão					
58,59	13,73	14,50	38,07	10,32	4,51
Valor Máximo					
166,00	45,00	47,00	100,00	30,00	19,00
Valor Mínimo					
26,00	10,00	9,00	7,00	5,00	8,00

Às 16h00:

Quadro A1.2 - Valores de concentração de H2S medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
34,00	15,00	17,00	22,00	11,00	15,00
60,00	47,00	45,00	80,00	22,00	16,00
54,00	50,00	45,00	53,00	26,00	13,00
37,00	41,00	30,00	35,00	25,00	17,00
115,00	44,00	45,00	116,00	25,00	15,00
Média					
60,00	39,40	36,40	61,20	21,80	15,20
Desvio padrão					
32,66	14,05	12,64	37,57	6,22	1,48
Valor Máximo					
115,00	50,00	45,00	116,00	26,00	17,00
Valor Mínimo					
34,00	15,00	17,00	22,00	11,00	13,00

- NH₃

Às 10h00:

Quadro A1.3 - Valores de concentração de NH₃ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
4,50	1,70	1,60	1,30	1,10	1,40
6,10	5,70	5,60	8,80	5,00	1,50
21,20	5,70	5,40	11,90	4,20	1,70
12,50	4,30	4,50	9,20	3,70	1,50
5,50	5,20	6,00	11,50	3,50	1,30
Média					
9,96	4,52	4,62	8,54	3,50	1,48
Desvio padrão					
7,02	1,68	1,78	4,27	1,46	0,15
Valor Máximo					
21,20	5,70	6,00	11,90	5,00	1,70
Valor Mínimo					
4,50	1,70	1,60	1,30	1,10	1,30

Às 16h00:

Quadro A1.4 - Valores de concentração de NH₃ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
5,60	2,80	3,10	3,90	2,30	2,10
8,20	6,50	6,30	10,10	3,60	1,70
8,00	6,80	6,60	7,60	4,40	1,40
4,80	5,10	4,20	4,90	3,90	1,70
11,70	5,70	5,90	14,00	3,00	2,30
Média					
7,66	5,38	5,22	8,10	3,44	1,84
Desvio padrão					
2,70	1,59	1,51	4,09	0,81	0,36
Valor Máximo					
11,70	6,80	6,60	14,00	4,40	2,30
Valor Mínimo					
4,80	2,80	3,10	3,90	2,30	1,40

- CH₄

Às 10h00:

Quadro A1.5 - Valores de concentração de CH₄ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 10h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Média					
1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
Desvio padrão					
0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
Valor Máximo					
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor Mínimo					
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Às 16h00:

Quadro A1.6 – Valores de concentração de CH₄ medidos nas superfícies dos órgãos do edifício da obra de entrada, às 16h00.

Obra de entrada (ppm)	Desengorduradores1 (ppm)	Desengorduradores2 (ppm)	Flotador (ppm)	Contentor (ppm)	Escorrências (ppm)
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Média					
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Desvio padrão					
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Máximo					
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor Mínimo					
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Medições das concentrações atmosféricas no edifício da obra de entrada onde normalmente os operários se encontram:

De 30/03/2009 a 03/04/2009 (segunda a sexta).

- Às 10h00

Quadro A1.7 – Concentrações de H₂S, NH₃ e CH₄ no edifício da obra de entrada onde normalmente os operários se encontram, às 10h00.

Obra de entrada (ppm)			Gradados (ppm)			Flotador (ppm)		
H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
18,00	2,00	1,00	12,00	1,40	1,00	22,00	2,50	1,00
24,00	2,20	1,00	16,00	1,60	1,00	39,00	3,50	1,00
17,00	2,30	1,00	15,00	2,00	1,00	19,00	2,30	1,00
38,00	3,20	1,00	10,00	1,30	1,00	118,00	8,60	1,00
12,00	1,10	1,00	13,00	1,30	1,00	9,00	1,00	1,00
Média								
21,80	2,16	1,00	13,20	1,52	1,00	41,40	3,58	1,00
Desvio Padrão								
10,01	0,75	0,00	2,39	0,29	0,00	44,16	2,94	0,00
Valor máximo								
38,00	3,20	1,00	16,00	2,00	1,00	118,00	8,60	1,00
Valor mínimo								
12,00	1,10	1,00	10,00	1,30	1,00	9,00	1,00	1,00

- Às 16h00

Quadro A1.8 - Concentrações de H₂S, NH₃ e CH₄ no edifício da obra de entrada onde normalmente os operários se encontram, às 16h00.

Obra de entrada (ppm)			Gradados (ppm)			Flotador (ppm)		
H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
22,00	2,10	1,00	12,00	1,40	1,00	57,00	5,00	1,00
24,00	2,50	0,00	13,00	1,70	0,00	24,00	2,70	1,00
36,00	3,00	1,00	17,00	1,70	1,00	32,00	2,90	1,00
22,00	2,00	1,00	13,00	1,30	1,00	28,00	2,50	1,00
50,00	4,10	1,00	53,00	3,90	1,00	42,00	3,30	1,00
Média								
30,80	2,74	0,80	21,60	2,00	0,80	36,60	3,28	1,00
Desvio padrão								
12,21	0,86	0,45	17,66	1,08	0,45	13,22	1,01	0,00
Valor máximo								
50,00	4,10	1,00	53,00	3,90	1,00	57,00	5,00	1,00
Valor mínimo								
22,00	2,00	0,00	12,00	1,30	0,00	24,00	2,50	1,00

Medições das concentrações atmosféricas no Edifício dos decantadores:

De 30/03/2009 a 03/04/2009 (segunda a sexta).

- H₂S

Às 10h00:

Quadro A1.9 – Valores de concentração de H₂S medidos nas superfícies dos decantadores, às 10h00.

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
65	149
96	170
42	39
123	133
100	114
Média	
85,20	121,00
Desvio padrão	
31,78	50,25
Valor Máximo	
123,00	170,00
Valor Mínimo	
42,00	39,00

Às 16h00:

Quadro A1.10 - Valores de concentração de H₂S medidos nas superfícies dos decantadores, às 16h00.

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
70	126
177	218
90	98
105	110
113	124
Média	
111,00	135,20
Desvio padrão	
40,37	47,66
Valor Máximo	
177,00	218,00
Valor Mínimo	
70,00	98,00

- NH₃

Às 10h00:

**Quadro A1.11 - Valores de concentração de NH₃
medidos nas superfícies dos decantadores,
às 10h00.**

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
8,5	17,9
11,3	18,4
6,2	5,5
13,6	14,3
11,8	12,8
Média	
10,28	13,78
Desvio padrão	
2,92	5,20
Valor Máximo	
13,60	18,40
Valor Mínimo	
6,20	5,50

Às 16h00:

**Quadro A1.12 - Valores de concentração de NH₃
medidos nas superfícies dos decantadores,
às 16h00.**

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
8,2	14
19	21,4
11,3	11,9
12	12,3
12,3	12,8
Média	
12,56	14,48
Desvio padrão	
3,95	3,95
Valor Máximo	
19,00	21,40
Valor Mínimo	
8,20	11,90

- CH₄

De manhã:

**Quadro A.13 - Valores de concentração de CH₄
medidos nas superfícies dos decantadores,
às 10h00.**

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
Média	
1,00	1,00
Desvio padrão	
0,00	0,00
Valor Máximo	
1,00	1,00
Valor Mínimo	
1,00	1,00

Às 16h00

**Quadro A1.14 - Valores de concentração de CH₄
medidos nas superfícies dos decantadores,
às 16h00.**

Decantador1 (ppm)	Decantador2 (ppm)
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
Média	
1,00	1,00
Desvio padrão	
0,00	0,00
Valor Máximo	
1,00	1,00
Valor Mínimo	
1,00	1,00

Atmosfera geral do edifício dos decantadores:

Às 10h00:

Quadro A1.15 - Atmosfera geral do edifício dos decantadores, 10h00.

Ambiente central DEC (ppm)		
H ₂ S	NH ₃	CH ₄
142,00	14,80	1,00
32,00	4,60	1,00
129,00	13,80	1,00
115,00	12,20	1,00
90,00	10,30	1,00
Média		
101,60	11,14	1,00
Desvio padrão		
43,42	4,03	0
Valor máximo		
142,00	14,80	1,00
Valor mínimo		
32,00	4,60	1,00

Às 16h00:

Quadro A1.16 - Atmosfera geral do edifício dos decantadores, 16h00.

Ambiente central DEC (ppm)		
H ₂ S	NH ₃	CH ₄
164,00	16,00	1,00
82,00	10,00	1,00
92,00	9,60	1,00
91,00	10,30	1,00
91,00	9,90	1,00
Média		
104,00	11,16	1,00
Desvio padrão		
33,79	2,72	0,00
Valor máximo		
164,00	16,00	1,00
Valor mínimo		
82,00	9,60	1,00

ANEXO 2

Neste anexo apresentam se os valores de concentração medidos em ambas as linhas do sistema de desodorização durante a monitorização.

Valores de concentração na Linha 1 do sistema de desodorização

Quadro A1.17 - Concentrações medidas na linha 1 durante a monitorização (10h00).

Dias (10h00)	Tanque de Gorduras (ppm)			Tanque Homogeneização (ppm)			Tanque Lamas (ppm)			BioMaster (ppm)			Obra de entrada (ppm)			Escorrências (ppm)			Desarenador/desengordurador (ppm)			Desgaseificação (ppm)		
	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
20-04-2009	12	2,3	1	1	0	1	2	0,4	1	95	12,1	1	29	4,4	0	9	1,9	0	16	2,8	1	46	7	1
21-04-2009	4	0,9	0	1	0	1	1	0,2	1	30	4,7	1	49	7,3	1	14	2,5	1	14	2,7	1	17	3,2	1
22-04-2009	2	0,6	1	0	0	1	53	6,8	2	3	0,7	1	21	3,3	1	7	1,6	1	7	1,5	1	41	6	1
23-04-2009	3	0,7	1	1	0	3	33	4,5	1	61	7,6	1	58	7,6	1	28	3,9	1	56	7,1	1	96	11,2	1
27-04-2009	6	1,2	0	0	0,1	1	40	4,9	1	31	3,6	1	18	2,6	1	4	1,1	1	8	1,7	1	65	7,6	1
28-04-2009	2	0,2	0	0	0	1	47	4,9	2	3	0,2	1	33	3,6	1	14	1,7	1	12	1,6	1	37	4,1	1
29-04-2009	0	0	0	0	0	1	1	0,3	2	152	12,6	1	158	12,9	1	15	1,7	1	29	3	1	65	6,2	1
30-04-2009	0	0	0	0	0	1	21	2	1	195	20,6	1	98	7,5	1	27	2,4	1	47	4,1	1	107	8,1	1
04-05-2009	2	0,5	0	0	0	1	92	8,6	2	60	5,5	1	173	15	1	15	2,3	1	28	3,5	1	105	10	1
05-05-2009	3	0,6	1	0	0	1	195	19,8	2	195	18,2	2	173	13,8	1	19	2,3	1	51	5	1	192	15,4	1
07-05-2009	0	0	0	0	0	1	154	11,3	2	5	0,4	0	48	4	2	27	2,5	0	20	1,9	0	72	5,9	0
08-05-2009	5	0,5	1	0	0	1	3	0,1	1	63	5,1	1	147	10,8	6	12	1,4	1	40	3,7	1	111	8,6	1
18-05-2009	0	0	0	0	0	1	47	3,9	2	25	2,2	1	22	2,1	2	11	1,2	1	26	2,5	1	45	3,9	1
19-05-2009	1	0,1	0	0	0	1	7	0,1	1	1	0,2	1	26	2,8	1	2	0,7	0	5	1	1	23	2,7	1
20-05-2009	1	0,3	1	0	0	1	7	0,9	3	7	0,9	1	24	2,4	1	13	1,6	1	20	2,3	1	130	11	1
21-05-2009	1	0	0	0	0	1	46	3,8	1	16	1,4	1	23	2,1	1	13	1,3	1	30	2,8	1	105	8,4	1
22-05-2009	1	0,3	0	0	0,5	0	26	2,7	1	78	6,4	1	175	12,9	1	15	2,1	1	23	2,6	1	139	11,1	1
25-05-2009	0	0	0	0	0	0	71	5,4	2	103	7,4	1	66	5,2	1	16	1,7	1	75	5,8	1	51	4,1	1
26-05-2009	0	0	0	0	0	1	42	3,4	1	81	6,1	1	84	6,3	1	16	1,4	1	40	3,3	1	95	7	1
27-05-2009	0	0	0	0	0	1	108	7,5	2	26	1,9	1	28	2,3	1	20	1,8	1	27	2,4	1	93	6,9	1
28-05-2009	0	0	0	0	0	1	104	7,1	2	23	1,7	1	121	8,1	2	19	1,7	1	11	1,1	1	21	1,8	1
29-05-2009	1	0,1	1	1	0	1	2	0,5	1	7	0,8	1	100	6,9	1	16	1,5	1	15	1,5	1	14	1,4	1

Quadro A1.18 - Concentrações medidas na linha 1 durante a monitorização (16h00).

Dias 16H00	Tanque de Gorduras (ppm)			Tanque Homogeneização (ppm)			Tanque Lamas (ppm)			BioMaster (ppm)			Obra de entrada (ppm)			Escorrências (ppm)			Desarenador/desengordurador (ppm)			Poço Desgaseificação (ppm)		
	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
20-04-2009	7	1,6	1	1	0,3	2	1	0,6	1	65	9,9	1	88	12,9	1	10	2,3	1	17	3,2	1	41	6,5	1
21-04-2009	2	0,9	1	1	0,2	2	90	12,6	2	3	1,3	1	36	6,1	1	26	4,5	1	31	5	1	21	3,8	1
22-04-2009	8	2	1	0	0,4	1	48	7,2	1	43	6,2	1	90	11,5	1	21	3,6	1	32	4,9	1	124	14,4	1
23-04-2009	4	1,4	0	0	0,5	2	42	6	1	69	8,3	1	70	8,6	1	25	4,1	1	18	3,3	1	73	8,9	1
27-04-2009	7	1,5	1	0	0,3	0	70	8,2	2	41	4,6	1	55	6,5	1	9	1,7	1	25	3,5	1	86	9,5	1
28-04-2009	0	0	1	0	0	0	2	0,5	1	12	9	1	60	6	1	14	1,6	1	41	4,1	1	106	9,4	1
29-04-2009	0	0	0	0	0	1	2	0,1	1	10	1,1	1	6	0,7	1	7	0,8	1	6	0,8	1	23	2,3	1
30-04-2009	7	1,3	1	0	0	1	43	5,1	1	3	1	1	15	2,5	1	9	2,1	1	18	2,4	1	99	9,9	1
04-05-2009	0	0,1	0	0	0	1	195	17,6	2	6	0,7	1	103	9,4	2	8	1,3	1	14	1,9	1	29	3,3	1
05-05-2009	0	0,1	1	0	0	1	193	15	2	23	2	1	109	9	1	27	2,6	1	74	6,4	1	237	17,6	1
07-05-2009	0	0	0	0	0	1	195	21	2	12	0,8	1	138	9,8	1	10	1,2	1	20	1,9	1	162	12	1
08-05-2009	3	0,4	0	0	0	1	195	16,5	3	95	6,7	1	158	11,4	1	13	1,4	1	48	4,1	1	122	9	1
18-05-2009	0	0	1	0	0	1	102	78,2	2	49	3,4	1	42	3,4	1	17	1,7	1	35	3,2	1	92	7,3	1
19-05-2009	2	0,2	1	0	0	1	0	0	1	48	4,2	1	10	1,3	1	3	0,6	1	16	1,8	1	12	1,5	1
20-05-2009	1	0	0	0	0	1	12	1,2	1	117	9,2	1	67	5,6	1	12	1,3	1	26	2,6	1	142	11,2	1
21-05-2009	1	0	0	0	0	1	71	5,7	1	17	1,6	1	50	4,4	1	10	1,4	0	25	2,8	1	97	8,3	1
22-05-2009	0	0	0	0	0	0	86	6,5	1	5	0,5	1	73	5,6	3	15	1,5	1	25	2,4	1	116	8,8	1
25-05-2009	0	0	0	1	0	1	42	3,4	1	8	0,8	1	73	5,4	1	10	1	1	23	2,1	1	97	7,4	1
26-05-2009	0	0	0	0	0	1	52	4,2	1	123	9,3	1	154	11,5	2	26	2,3	1	18	1,8	1	146	10,7	1
27-05-2009	0	0	0	0	0	1	64	4,9	1	55	4,1	1	77	6,1	1	44	3,4	1	76	5,4	1	72	5,2	1
28-05-2009	0	0	0	0	0	1	3	0,5	1	8	0,8	1	34	2,9	1	13	1,4	1	15	1,6	1	12	1,4	1
29-05-2009	1	0,1	1	3	0	1	3	0,6	1	19	1,7	1	190	11,7	2	17	1,7	1	45	3,6	1	57	4,4	1

Valores de concentração na Linha 2 do sistema de desodorização

Quadro A1.19 - Concentrações medidas na linha 2 durante a monitorização (10h00).

Dias 10h00	Cisterna Água Suja (ppm)			Cisterna Água Tratada (ppm)			C.Água suja + C.Água tratada (ppm)			Decantadores (ppm)			Biofiltros + Cisternas (ppm)			T.A + DEC + Biof. + Cist. (ppm)			Fossas Sépticas (ppm)		
	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
20-04-2009	195	66	1	195	0	1	195	63,7	1	87	8,7	1	195	32,3	1	145	23,5	1	11	1,8	1
21-04-2009	195	25,8	2	195	0	4	195	29,6	3	145	15,1	1	195	37,5	2	195	39,2	1	11	2,2	1
22-04-2009	24	3,6	2	195	0	3	177	17,4	2	88	10	1	195	36,5	1	157	14,1	1	7	1,6	1
23-04-2009	72	8,6	2	195	0	3	195	29,6	3	144	14	1	195	22,5	1	195	50,9	1	15	2,9	1
27-04-2009	4	1,3	1	111	0,1	3	51	5,8	2	18	2,8	1	166	15,6	1	150	20	1	8	1,7	1
28-04-2009	13	1,7	1	87	0	4	50	4,9	3	60	6,2	1	195	19,6	1	195	20,3	1	22	2,2	1
29-04-2009	24	2,6	2	123	0	6	81	6,9	4	82	7,2	1	195	18	2	195	24,7	1	12	1,5	1
30-04-2009	28	2,5	1	124	0	5	68	5,3	3	53	4,4	0	195	15	2	195	23,9	1	120	9,1	1
04-05-2009	11	1,9	1	46	0	2	28	3,6	2	33	4,4	1	195	18	1	140	15	1	5	1,6	1
05-05-2009	195	33,61	2	195	0	5	195	22,9	4	103	8,1	1	195	16,2	2	195	51,4	1	10	1,4	1
07-05-2009	195	62,5	2	195	0	2	195	55,6	2	165	10,3	1	195	22,5	1	195	55,3	1	15	1,6	1
08-05-2009	10	1	1	192	0	5	108	7,6	3	114	8,7	1	195	21,1	1	195	50,3	1	24	2	1
18-05-2009	16	1,4	2	126	0	3	78	5,8	3	110	8,4	1	195	22,7	1	195	27,6	1	19	1,5	1
19-05-2009	33	2,3	2	138	0	7	168	11	4	102	7,4	0	195	21,2	3	195	18,1	1	22	1,9	0
20-05-2009	2	0,4	1	49	0	3	27	2,6	2	22	2,5	1	165	12,9	1	195	27,9	1	3	0,7	1
21-05-2009	4	1,1	1	195	0	5	69	5,6	2	86	7,4	1	195	19	1	195	29,4	1	6	1,2	1
22-05-2009	195	14,4	2	195	0,5	3	195	13,5	3	161	12,1	1	195	14	2	195	20,3	1	33	3,4	1
25-05-2009	8	0,5	2	44	0	6	28	2	4	70	5,4	0	136	9,7	1	195	15,2	1	2	0	0
26-05-2009	16	1,5	1	111	0	4	39	2,9	2	80	6	1	170	11,6	1	195	24,1	1	10	1	1
27-05-2009	6	0,7	1	33	0	4	15	1,4	2	64	4,9	1	129	9,1	2	195	26,3	1	7	0,5	1
28-05-2009	60	4,3	2	58	0	8	54	3,9	4	71	5,4	1	141	9,7	2	195	20,8	1	4	0,6	1
29-05-2009	114	7,6	3	195	0	12	195	14,4	7	132	8,9	1	195	26,1	3	195	28,4	1	6	0,8	1

Quadro A1.20 – Concentrações medidas na linha 2 durante a monitorização (16h00).

Dias 16h00	Cisterna Água Suja (ppm)			Cisterna Água Tratada (ppm)			C.Água suja + C.Água tratada (ppm)			Decantadores (ppm)			Biofiltros + Cisternas (ppm)			T.A + DEC + Biof. + Cist. (ppm)			Fossas Sépticas (ppm)		
	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄	H ₂ S	NH ₃	CH ₄
20-04-2009	81	12	1	195	0,3	3	195	38	2	48	7,1	1	195	36,9	2	163	17,8	1	12	3	1
21-04-2009	28	4,2	1	195	0,2	3	195	23,3	2	145	16,2	1	195	65,7	1	195	90,7	1	23	3,2	1
22-04-2009	143	15,5	1	185	0,4	1	151	16,1	2	100	11,7	1	195	33,3	1	195	39,8	1	13	2,4	1
23-04-2009	195	45,2	2	195	0,5	3	195	52,7	2	132	11,6	1	195	24,8	1	195	51,2	1	23	3,2	1
27-04-2009	195	21	1	195	0,3	1	195	23,8	1	44	4,9	1	153	13,6	1	195	26,9	1	21	2,5	1
28-04-2009	71	6,7	2	110	0	4	81	7,4	3	75	7,2	1	195	27,4	1	195	33	1	24	2,5	1
29-04-2009	25	2,3	1	160	0	4	96	7,5	3	90	7,6	1	195	25	2	195	43,1	1	17	1,6	1
30-04-2009	46	3,9	2	59	0	5	49	4,4	4	56	5,3	1	191	14,2	2	115	9	1	33	2,6	1
04-05-2009	174	15,3	1	178	0	2	165	14,2	2	34	4,4	1	76	7,9	1	62	6,7	1	8	1,9	1
05-05-2009	88	7,4	1	195	0	3	195	18	2	121	9,7	1	195	26,9	1	195	49,1	1	16	2	1
07-05-2009	100	7	3	195	0	9	170	10,9	6	94	6,8	0	195	17,7	2	195	36,2	1	22	1,5	0
08-05-2009	195	17,3	4	195	0	5	195	21,1	4	83	6	1	116	8,2	2	195	15,7	1	12	0,9	0
18-05-2009	30	2,6	1	177	0	9	106	7,4	4	83	6,2	1	195	14,5	2	195	25,4	1	24	1,9	1
19-05-2009	8	1	2	114	0	5	65	5,4	3	39	3,7	1	195	17,3	1	165	12,4	1	2	0,7	1
20-05-2009	35	3,1	4	197	0	9	78	5,8	5	103	8,1	1	195	19,2	2	195	37	1	9	1,2	1
21-05-2009	17	2,2	2	99	0	8	52	4,6	5	58	5,4	1	195	16	2	195	22	1	5	1,2	1
22-05-2009	25	2,4	2	39	0	6	28	2,5	4	71	5,8	1	100	7,8	2	195	25	1	6	1	1
25-05-2009	10	1,2	1	24	0	2	19	1,8	2	46	3,8	1	131	9,5	1	195	17,4	1	6	0,8	1
26-05-2009	14	1,5	1	165	0	5	80	6,2	2	142	10,5	1	195	26,8	2	195	42,2	1	20	1,9	1
27-05-2009	14	1,4	1	135	0	6	53	3,9	2	87	6,4	1	195	14,6	2	195	40,2	1	11	1,2	1
28-05-2009	195	19,1	3	195	0	5	195	33,9	3	188	11,6	1	195	22,7	2	195	26,1	1	2	0,7	1
29-05-2009	41	3,2	1	66	0	5	48	3,8	3	114	8,4	1	195	23,2	1	195	33,2	1	7	1	1

As concentrações medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico encontram-se representados nos quadros seguintes.

Quadro A1.21 – Concentrações de H₂S medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.

Dias 10h00	Entrada no tratamento		Saída do tratamento
	Linha 1	Linha 2	[H ₂ S] (ppm)
	[H ₂ S] (ppm)	[H ₂ S] (ppm)	
18-05-2009	54,00	177,00	20,00
19-05-2009	64,00	180,00	27,00
20-05-2009	76,00	195,00	36,00
21-05-2009	85,00	190,00	35,00
22-05-2009	67,00	182,00	32,00
25-05-2009	39,00	178,00	23,00
26-05-2009	63,00	190,00	27,00
27-05-2009	97,00	168,00	37,00
28-05-2009	71,00	195,00	35,00
29-05-2009	69,00	191,00	34,00

Quadro A1.22 - Concentrações de NH₃ medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.

Dias 10h00	Entrada no tratamento		Saída do tratamento
	Linha 1	Linha 2	[NH ₃] (ppm)
	[NH ₃] (ppm)	[NH ₃] (ppm)	
18-05-2009	3,10	15,00	2,10
19-05-2009	4,90	16,00	2,80
20-05-2009	5,60	22,00	4,30
21-05-2009	5,70	20,00	4,20
22-05-2009	5,20	19,40	3,30
25-05-2009	3,30	18,90	2,50
26-05-2009	3,20	19,00	3,10
27-05-2009	5,70	17,80	3,60
28-05-2009	4,30	21,90	3,40
29-05-2009	4,00	20,00	3,70

Quadro A1.23 - Concentrações de H₂S medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.

Dias 16h00	Entrada no tratamento		Saída do tratamento
	Linha 1	Linha 2	
	[H ₂ S] (ppm)	[H ₂ S] (ppm)	[H ₂ S] (ppm)
18-05-2009	32,00	152,00	23,00
19-05-2009	20,00	158,00	27,00
20-05-2009	54,00	180,00	37,00
21-05-2009	48,00	165,00	36,00
22-05-2009	72,00	184,00	38,00
25-05-2009	36,00	171,00	28,00
26-05-2009	44,00	189,00	34,00
27-05-2009	72,00	185,00	42,00
28-05-2009	55,00	191,00	38,00
29-05-2009	37,00	163,00	31,00

Quadro A1.24 - Concentrações de NH₃ medidas à entrada e à saída do tratamento odorífico.

Dias 16h00	Entrada no tratamento		Saída do tratamento
	Linha 1	Linha 2	
	[NH ₃] (ppm)	[NH ₃] (ppm)	[NH ₃] (ppm)
18-05-2009	1,40	17,20	2,50
19-05-2009	2,90	18,30	3,60
20-05-2009	4,30	18,50	3,80
21-05-2009	3,90	18,00	4,00
22-05-2009	5,50	19,90	4,10
25-05-2009	2,80	18,20	3,20
26-05-2009	3,70	19,70	3,80
27-05-2009	3,40	19,60	4,30
28-05-2009	3,30	20,20	3,90
29-05-2009	2,90	18,20	3,80

ANEXO 3

De seguida apresenta-se uma figura representativa de medição na torre alcalina, fim do tratamento odorífico.



Figura A3.1 - Saída da Torre Alcalina, fim do tratamento odorífico (exceção aos pontos de amostragem).

A figura A3.2 demonstra os efeitos da corrosão nesta ETAR, especialmente devido ao H_2S .



Figura A3.2 – Corrosão imposta especialmente devido ao H_2S .

Em baixo são representadas figuras que demonstram as condições de funcionamento de alguns órgãos.



Figura A3.3 - Condições operatórias de alguns órgãos da ETAR.

A figura seguinte representa a extracção que se encontra indevidamente localizada no poço de escorrências da centrifugadora.



Figura A3.4 - Extracção das escorrências da centrifugadora.

De seguida apresenta-se uma figura ilustrativa da camada de espuma que pode surgir na obra de entrada.



Figura A3.5 – Escumas na obra de entrada.