



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
Universidade Técnica de Lisboa

# **Operação de Sistemas de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas com Arejamento Prolongado**

**Rui Pedro Silvestre de Lima Luizi**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil**

**Júri**

Presidente: Prof. José Antunes Ferreira

Orientador: Prof. João Torres de Quinhones Levy

Vogal: Prof<sup>a</sup>. Filipa Ferreira

**Março 2012**

## **Agradecimentos**

Ao Professor João Levy por ter orientado esta dissertação e por ter partilhado os seus conhecimentos, experiência e extensivo material escrito em sistemas de tratamento por lamas activadas sem os quais não teria sido possível realizar este trabalho.

À Eng. Rita Pereira por ter permitido o acompanhamento diário das operações na Etar de Rio Maior e ao Técnico Miguel Duarte pela sua disponibilidade para que o acompanhasse nas visitas regulares a diversas Etars, sem a sua ajuda e apoio este estudo seria menos conseguido e actual.

## Resumo

Este estudo pretende ser uma referência que permita a alguém, com um conhecimento e noções de sistemas de tratamento de águas residuais, uma série de informações relacionadas com os objectivos e problemas inerentes á operação de um Sistema de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas.

O estudo centra-se nos sistemas de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas por Arejamento Prolongado, uma vez que são os sistemas mais comuns em Portugal e os geralmente usados para o Tratamento de Águas Residuais Domésticas; pelo mesmo raciocínio analisa-se a operação de ETAR que servem até 100000 habitantes.

Neste estudo descreve-se o sistema em análise a par com os critérios para apreciação das suas condições de funcionamento, assim como os problemas operacionais a esperar em cada elemento dos mesmos. A descrição do sistema passa por uma análise de todos os órgãos de um sistema de tratamento, critérios para apreciação de funcionamento e procedimentos correntes de operação e manutenção. Os problemas operacionais também são abordados, procedendo-se à sua identificação e definição de acções a desenvolver para os evitar ou eliminar.

Esta informação encontra-se disponível num programa de computador criado com o objectivo de permitir o acesso e uso fácil e rápido à informação recolhida e compilada.

Palavras-chave: Tratamento de água residual, lamas activadas, arejamento prolongado, problemas operacionais

## **Abstract**

This study intends to be a reference that will allow someone with knowledge and basic notions of wastewater treatment systems a series of information related to the objectives and problems inherent in the operation of a System of Wastewater Treatment by Activated Sludge.

The study focuses on systems of Wastewater Treatment by Activated Sludge with Extended Aeration, since they are the most common systems in Portugal and commonly used for the Treatment of Domestic Wastewater; by the same reasoning the analysis is of the operation of wastewater treatment plants serving up to 100000 inhabitants.

In this study we describe the system under consideration along with the criteria for assessment of their operating conditions, as well as operational problems to expect on each element of such system. The description of the system requires an analysis of all the constituent units of a system of treatment, criteria for review of the operation and current operating procedures and maintenance. The operational problems are also addressed, proceeding to the identification and definition of actions to avoid or eliminate them.

This information is available in a computer program created in order to allow access and easy and fast use to the information collected and compiled.

**Keywords:** wastewater treatment, activated sludge, extended aeration, operational problems

## ÍNDICE

1	Introdução .....	1
2	Justificação do tema e objectivos .....	2
3	Caracterização da situação portuguesa .....	5
4	Metodologia .....	11
5	Tratamento de águas residuais .....	13
6	Caracterização de águas residuais .....	18
6.1	Considerações Gerais .....	18
6.2	Sólidos Totais .....	18
6.3	Matéria Orgânica .....	19
6.4	Compostos de Azoto .....	19
6.5	Compostos de Fósforo .....	20
6.6	Temperatura .....	20
6.7	Alcalinidade .....	20
7	Análise do Sistema de tratamento por lamas activadas de arejamento prolongado .....	21
7.1	Esquema de tratamento .....	21
7.2	Caracterização das etapas do sistema de tratamento .....	22
7.2.1	Gradagem .....	22
7.2.2	Desarenação .....	22
7.2.3	Medição de Caudal .....	23
7.2.4	Arejamento .....	24
7.2.5	Decantação .....	24
7.2.6	Desinfecção .....	25
7.3	Caracterização dos elementos constituintes de um sistema de tratamento .....	26
7.3.1	Câmara de Grades .....	26
7.3.2	Tamisador .....	27
7.3.3	Desarenador .....	28
7.3.4	Tanque de Arejamento .....	29
7.3.5	Decantador .....	30
7.3.6	Espessador .....	32
7.3.7	Desidratação mecânica de Lamas (Centrifugação) .....	33
7.3.8	Estação Elevatória de Lamas .....	34
7.3.9	Desinfecção (por acção de radiação ultravioleta) .....	35
7.4	Operação de um sistema de tratamento .....	36
7.4.1	Controlo Analítico do processo de tratamento .....	36
7.4.2	Problemas operacionais e sua resolução .....	38
7.4.2.1	Câmara de Grades .....	38
7.4.2.2	Tamisador .....	41

7.4.2.3	Desarenador/Desengordurador.....	43
7.4.2.4	Tanque de Arejamento.....	46
7.4.2.5	Decantador Secundário.....	52
7.4.2.6	Espessador de lamas.....	64
7.4.2.7	Estações Elevatórias.....	67
7.4.2.8	Centrífugas (Desidratação mecânica das lamas).....	71
7.4.2.9	Desinfecção através do uso de radiação ultravioleta.....	76
8	Desenvolvimento do programa.....	77
9	Síntese, conclusão e recomendações.....	80
	REferências bibliográficas.....	82
	Anexo I.....	I
	Anexo II.....	IV
	Anexo III.....	VII
	Anexo IV.....	VIII
	Anexo V.....	IX

## Índice de Figuras

FIGURA I: ENTIDADES GESTORAS DO SERVIÇO DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE A.R., POR TIPO DE ENTIDADE .....	6
FIGURA II: PROPORÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA, POR TIPO DE TRATAMENTO .....	6
FIGURA III: CUSTO TOTAL POR UNIDADE DE VOLUME DRENADO DO SERVIÇO DE DRENAGEM E TRATAMENTO DA AR POR REGIÃO HIDROGRÁFICA.....	8
FIGURA IV: ESQUEMA TIPO DE TRATAMENTO DE LAMAS ACTIVADAS POR AREJAMENTO PROLONGADO	21
FIGURA V: CÂMARA DE GRADES COM LIMPEZA MECÂNICA.....	26
FIGURA VI: TAMISADOR EM FUNCIONAMENTO.....	27
FIGURA VII: DESARENADOR/DESENGORDURADOR .....	28
FIGURA VIII: TANQUE DE AREJAMENTO.....	29
FIGURA IX: DECANTADOR SECUNDÁRIO.....	30
FIGURA X: ESPESSADOR E ESQUEMA INTERNO TIPO .....	32
FIGURA XI: CENTRIFUGADORA .....	33
FIGURA XII: ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE LAMAS .....	34
FIGURA XIII: CANAL DE DESINFECÇÃO POR RADIAÇÃO UV .....	35
FIGURA XIV: ESQUEMA TIPO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMA OPERACIONAL.....	77
FIGURA XV: INTERFACE DE ESCOLHA DE CONSTITUINTE A ANALISAR.....	78
FIGURA XVI: EXEMPLO DE INTERFACE DE ESCOLHA DE PROBLEMA OPERACIONAL A ANALISAR .....	78
FIGURA XVII: EXEMPLO DE INTERFACE DE ESCOLHA DE CAUSA A ANALISAR .....	79
FIGURA XVIII: EXEMPLO DE INTERFACE DE INFORMAÇÃO SOBRE CAUSA A ANALISAR .....	79

## Índice de Quadros

QUADRO I: QUANTIDADE DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS, SEGUNDO TIPO DE TRATAMENTO E REGIÃO .	7
QUADRO II: NÚMERO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL POR REGIÃO.....	7
QUADRO III: ÍNDICES DE ATENDIMENTO POR REGIÃO .....	7
QUADRO IV: CUSTOS TOTAIS E POR UNIDADE DE VOLUME DRENADO DO SERVIÇO DE DRENAGEM E TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUAL POR REGIÃO HIDROGRÁFICA .....	8
QUADRO V: CUSTOS DE EXPLORAÇÃO E GESTÃO TOTAIS E POR UNIDADE DE VOLUME DRENADO DO SERVIÇO DE DRENAGEM E TRATAMENTO DA AR POR REGIÃO HIDROGRÁFICA.....	9
QUADRO VI: PROVEITOS TOTAIS DO TARIFÁRIO E POR UNIDADE DE VOLUME DRENADO DO SERVIÇO DE DRENAGEM E TRATAMENTO DA AR POR REGIÃO HIDROGRÁFICA.....	9
QUADRO VII: NÍVEL DE RECUPERAÇÃO DE CUSTOS EM PERCENTAGEM POR REGIÃO HIDROGRÁFICA ..	10
QUADRO VIII: VALORES LIMITE DE EMISSÃO NA DESCARGA DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	15
QUADRO IX: TESTES REALIZADOS DIARIAMENTE NA PRÓPRIA ETAR.....	36
QUADRO X: ANÁLISES LABORATORIAIS REALIZADAS PARA CONTROLO DO SISTEMA DE TRATAMENTO....	37

## Siglas

AEA – Agência Europeia do Ambiente

AR – Água residual

ARH – Administração da Região Hidrográfica

ASCE – American Society of Civil Engineering

AWWA – American Water Works Association

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais

OD – Oxigénio Dissolvido

PEASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

RASARP – Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal

WEF – Water Environment Federation

WPCF – Water Pollution Control Federation



## 1 INTRODUÇÃO

O processo biológico adoptado nas estações em estudo foi do tipo Lamas Activadas por Arejamento Prolongado, essencialmente por ser um sistema eficaz e flexível para fazer face às variações de caudal e de cargas afluentes, sendo um sistema de uso alargado em Portugal.

Este sistema garante a remoção biológica dos compostos de carbono e assegura ainda a nitrificação das águas residuais afluentes, minimizando os odores produzidos em todo o processo.

A dissertação que em seguida se apresenta encontra-se organizada em nove capítulos e três anexos.

No capítulo 2, apresentam-se os objetivos a que esta dissertação se propõe assim como a relevância e importância do trabalho desenvolvido.

No capítulo 3, caracteriza-se a situação actual portuguesa no respeitante ao tratamento de águas residuais urbanas.

No capítulo 4, descreve-se a metodologia aplicada na realização desta dissertação.

No capítulo 5, é realizado uma descrição do conceito e importância do tratamento de águas residuais, assim como dos vários e sequenciais processos englobados no processo de tratamento.

No capítulo 6, são definidos os principais parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados na análise do sistema de tratamento, ao longo das suas diferentes etapas.

No capítulo 7, é realizada a análise do Sistema de tratamento por lamas activadas por arejamento prolongado, quer através da análise de cada constituinte do sistema como dos problemas operacionais associados a cada um e a sua respectiva resolução.

No capítulo 8, é apresentada a metodologia e a estrutura que formam o programa de computador que resume os problemas operacionais compilados assim como as suas causas, verificações e soluções.

No capítulo 9, é apresentada a síntese final, conclusões e hipóteses de desenvolvimento futuro do estudo.

No anexo I, apresenta-se diferentes noções e conceitos complementares ao estudo desta dissertação e que auxiliam uma melhor compreensão da problemática do tratamento de águas residuais.

No anexo II, apresenta-se algumas das designações/distinções existentes dentro da caracterização de decantadores e explicado as principais características de cada uma.

No anexo III, apresenta-se algumas noções sobre o processo de cloragem.

No anexo IV, caracteriza-se as diversas formas de azoto e fósforo presentes em águas residuais.

No anexo V, definem-se os processos de nitrificação e desnitrificação.

## 2 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA E OBJECTIVOS

O sector de águas e resíduos em Portugal, materializado através dos serviços de abastecimento público de água às populações, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos, tem naturalmente uma importância fundamental na sociedade portuguesa. Não é possível falar de um verdadeiro desenvolvimento do País sem ter em conta a necessidade de dispor destes serviços de forma generalizada em todo o território e com uma aceitável qualidade de serviço. (RASARP2010)

A aplicação do Plano Estratégico de abastecimento de Água e Saneamento de Águas residuais para o período 2000-2006 (PEASAR 2000-2006) permitiu crescer o nível de atendimento nacional em termos de saneamento básico ao adotar como objetivo a necessidade de se proporcionar, em Portugal, níveis de proteção ambiental e de qualidade de vida equivalentes aos parceiros europeus. Tal objetivo implicou uma qualificação das infraestruturas ambientais e sua respetiva gestão, de forma a atingir os níveis pretendidos de atendimento e padrão de serviço.

Os resultados obtidos permitiram constituir uma situação de referência, a partir da qual se definiu a estratégia para o sector a desenvolver no período de 2007-2013 no PEASAR 2007-2013 e onde foram identificados os seguintes objetivos:

No contexto da universalidade, continuidade e qualidade do serviço:

- Servir 90% da população total do País com sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas, sendo que em cada sistema integrado o nível de atendimento deve atingir pelo menos 85% da população abrangida;
- Obter níveis adequados de qualidade de serviço, mensuráveis pela conformidade dos indicadores de qualidade do serviço definidos;
- Estabelecer, a nível nacional, tarifas ao consumidor final tendencialmente evoluindo para um intervalo compatível com a capacidade económica das populações.

No contexto da sustentabilidade do sector:

- Garantir a recuperação integral dos custos incorridos dos serviços;
- Otimizar a gestão operacional e eliminar custos de ineficiência.

No contexto da proteção dos valores ambientais:

- Cumprir os objetivos decorrentes do normativo nacional e comunitário;
- Garantir uma abordagem integrada na prevenção e controlo da poluição provocada pela atividade humana e pelos sectores produtivos;
- Aumentar a produtividade e a competitividade do sector através de soluções que promovam a eco-eficiência.

Os investimentos totais associados à implementação de sistemas em “alta” estavam estimados em 3400 milhões de euros no PEASAR 2000-2006. No PEASAR 2007-2013 estão estimados investimentos complementares na ordem dos 630 milhões de euros para a conclusão das infraestruturas dos novos sistemas intermunicipais, elevando o investimento global para cerca de 4200 milhões de euros.

De forma a garantir o sucesso dos investimentos e o cumprimento das metas estabelecidas, o PEASAR estabeleceu pressupostos de base, nos quais se salienta a necessidade de melhoria da qualidade do serviço prestado às populações, desenvolvimento de soluções integradas e aplicação de tarifas para os utentes dos serviços públicos.

É prioridade que as soluções adotadas otimizem os investimentos necessários à implementação dos sistemas e garantam a sustentabilidade futura, através de uma exploração tecnicamente qualificada e em condições de gerar as receitas necessárias à cobertura de todos os encargos de funcionamento em condições apropriadas e de renovação de equipamentos. (PEASAR)

Segundo o RASARP 2010, em termos de existência de capacidade adequada das estações de tratamento existentes, ou seja, percentagem máxima da capacidade das estações de tratamento existentes que foi utilizada, a média ponderada é de 98% mas com grande diferenças entre valor máximo (163%) e mínimo (48%) o que revela um número significativo de estações de tratamento com sobre ou subutilização.

Cabe ao engenheiro a correta concepção e dimensionamento do sistema, em relação a esses aspetos já existe documentação que permite ao engenheiro a obtenção de soluções técnica e economicamente viáveis e eficientes.

Igualmente segundo o RASARP 2010, no que respeita ao efetivo tratamento da totalidade das águas residuais recolhidas, a média ponderada é de 95% mas valor mínimo de 68%, o que demonstra uma grande disparidade dentro do universo do tratamento de águas residuais e o cumprimento dos parâmetros legais de descarga das mesmas tem como média ponderada 91% com valor mínimo de 48%; segundo o INSAAR 2010 a eficiência de remoção de CBO<sub>5</sub> nas estações de tratamento é de 73% com valor mínimo de 37%. Os valores mencionados ilustram tanto a necessidade como o potencial existente de melhoramento da eficácia de tratamento nas estações existentes a nível nacional, ou seja, a nível de operacionalidade das mesmas.

E é de facto no aspeto de operacionalidade das estações que o presente documento pretende ser uma mais-valia ao permitir ao engenheiro ter acesso a uma ferramenta que lhe permita igualmente encontrar soluções que aliem eficiência operacional em termos técnicos e económicos. Existe uma constante revisão dos parâmetros e limites legais impostos a uma estação de forma que se possa afirmar que está a cumprir o papel a que foi destinada sendo portanto um desafio permanente a nível de operação de Estações de Tratamento este equilíbrio entre eficiência técnica e económica, cabendo ao engenheiro responsável a adopção de soluções rigorosas e de qualidade e com um tempo de resposta às solicitações de operação o mais reduzido possível.

O principal objectivo é criar uma colectânea dos vários problemas operacionais que o engenheiro possa esperar numa estação de tratamento de águas residuais, sendo que cada estação terá os seus próprios problemas, derivados da forma como foi projectada e dimensionada e, particularmente, da qualidade do afluente que recebe pois nenhuma estação tem exactamente as mesmas condições de afluente que outra e normalmente só durante a exploração da estação se torna evidente os problemas de operação mais recorrentes que terão de ser enfrentados na gestão da mesma.

Nesse sentido pretende-se compilar um conjunto de informação que se encontra actualmente dispersa, concentrando num único documento as informações recolhidas de várias estações de tratamento, pois os problemas operacionais são muito individualizados, não existindo uma fonte única de onde um engenheiro possa extrair o grosso da informação sobre problemas operacionais possíveis e expectáveis.

O objectivo desta dissertação é portanto elaborar uma compilação de conhecimentos disseminados por diversas estações e com um cariz vincadamente prático e criar um programa de computador onde tal compilação seja facilmente acessível e utilizável.

Hoje em dia interessa não só conseguir uma avaliação rigorosa mas também fazê-la o mais rapidamente possível por isso tentou criar-se um documento com um formato prático, de fácil consulta que contribua para tornar todo o processo de análise mais simples e rápido.

Apesar de se pretender criar uma ferramenta que auxilie o engenheiro nas suas funções durante a operação de Estações de Tratamento, é de realçar que é uma área do conhecimento que se encontra em constante expansão e na qual as descobertas tecnológicas têm um papel fulcral, da mesma forma que é determinante a experiência do operador na perseguição dos objetivos a que se propõe de melhoria de eficiência. Este trabalho só foi possível de realizar devido ao acompanhamento realizado de várias estações de tratamento e da observação dos relatórios de exploração de cada uma, pois só assim se consegue ter uma visão mais abrangente dos problemas, causas e soluções decorrentes da exploração de uma estação de tratamento por lamas ativadas de arejamento prolongado. Apesar da extensão dos problemas mencionados neste estudo, existirá sempre algum problema que não estará mencionado neste estudo ou em qualquer outra publicação e que será necessário ao engenheiro responsável enfrentar e resolver individualmente, e dessa forma aumentar o conhecimento geral em relação a esta temática, sendo expectável que um estudo desta natureza realizado daqui a uma década terá necessariamente de englobar novos problemas e respetivas resoluções entretanto descobertas.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO PORTUGUESA

Neste sector coexistem numerosos e diversificados tipos de agentes. Ao nível da Administração, são de referir as entidades da Administração Central em geral e a entidade reguladora. Na gestão dos sistemas, incluem-se os municípios, as associações de municípios, as empresas municipais e intermunicipais, as empresas públicas (nomadamente as concessionárias), as empresas privadas concessionárias e as empresas privadas prestadoras de serviços de gestão.

A qualidade de serviço no abastecimento público de água, no saneamento de águas residuais urbanas e na gestão de resíduos urbanos em Portugal tem vindo a melhorar consideravelmente nas últimas três décadas. Para ilustrar o referido, na última década o País evoluiu em termos de cobertura da população de cerca de 80% para cerca de 93%, em abastecimento público, e de cerca de 31% para cerca de 83% em saneamento, incluindo o adequado tratamento de águas residuais urbanas.

No tocante às entidades gestoras multimunicipais e municipais de saneamento de águas residuais urbanas em alta, as prioridades devem passar por:

- a) Continuação dos investimentos de expansão dos sistemas e promoção de uma efectiva adesão dos municípios utilizadores, de forma a aumentar a cobertura do serviço;
- b) Continuação da melhoria dos rácios de solvabilidade das empresas;
- c) Minimização das afluências indevidas no caso de sobreutilização das estações ou construção de infra-estruturas de transporte nos casos de subutilização das estações;
- d) Cumprimento dos parâmetros de descarga e pelo adequado destino final de lamas de tratamento.

Relativamente às entidades gestoras municipais de saneamento de águas residuais urbanas em baixa, as prioridades devem passar por:

- a) Continuação dos investimentos de expansão dos sistemas e promoção de uma efectiva adesão dos utilizadores, de forma a aumentar efectivamente a cobertura do serviço;
- b) Melhoria dos rácios de solvabilidade das empresas;
- c) Minimização das afluências indevidas no caso de sobreutilização das estações ou construção de infra-estruturas de transporte no caso de subutilização das estações;
- d) Implementação de planos anuais de reabilitação do sistema em geral e dos colectores e ramais em particular, de forma a reduzir o número de obstruções;
- e) Cumprimento dos parâmetros de descarga e pelo adequado destino final de lamas de tratamento. (RASARP2010)

A grande maioria das entidades gestoras de serviços urbanos de drenagem e tratamento de águas residuais são os municípios mas existe uma tendência crescente de acréscimo no número de empresas privadas que prestam serviços nessa área de negócios. Esta tendência crescente de concessão de serviços a entidades privadas permite aos municípios assegurarem a realização de

investimentos no sector, mitigando os riscos associados e garantindo a melhoria da eficiência dos sistemas.

Na figura seguinte é apresentada a distribuição, por tipo de entidade, das entidades gestoras do serviço de drenagem e tratamento de águas residuais. (INSARR 2010)

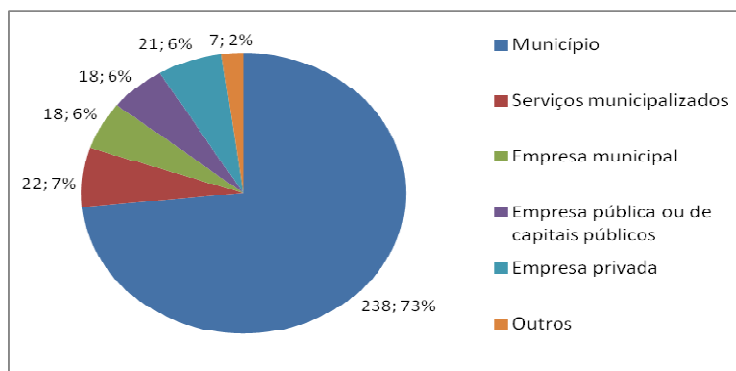


FIGURA I: Entidades gestoras do serviço de drenagem e tratamento de A.R., por tipo de entidade

Em termos de níveis de tratamento a que a água residual é sujeita, a grande maioria é sujeita a tratamento secundário e terciário, sendo o tratamento secundário aquele que é mais aplicado no total de 550 milhões de m<sup>3</sup> de águas residuais tratadas. Em relação à rejeição de água residual não tratada, a maior parte ocorre na região de Lisboa e ascende a 5 milhões de m<sup>3</sup>, cerca de 42% do total de 12 milhões de m<sup>3</sup> registados em Portugal. A figura seguinte representa a proporção de água residual tratada por nível de tratamento. (INSARR 2010)

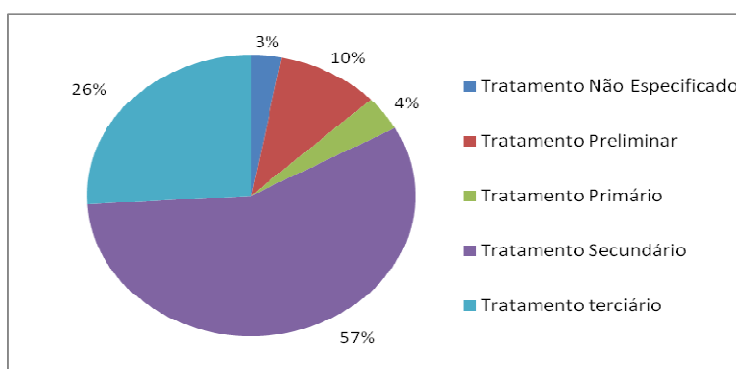


FIGURA II: Proporção de água residual tratada, por tipo de tratamento

Nos quadros seguintes é fornecida informação sobre água residual e tratamento nela aplicado, índices de atendimento da população e número de estações de tratamento por região, sendo que:

- Região Norte – engloba regiões de Minho-Lima, Cávado, Ave, Grande Porto, Tâmega, Entre Douro e Vouga, Douro e Alto Trás-os-Montes;
- Região Centro – engloba regiões de Baixo Vouga, Baixo Mondego, Pinhal Litoral, Pinhal Interior Norte, Dão-Lafões, Pinhal Interior Sul, Serra da Estrela, Beira Interior Norte, Beira Interior Sul, Cova da Beira, Oeste e Médio Tejo;

- Região Lisboa – engloba a Grande Lisboa e a Península de Setúbal;
- Região Alentejo – engloba regiões de Alentejo Litoral, Alto Alentejo, Alentejo Central, Baixo Alentejo e Lezíria do Tejo. (INSARR 2010)

Unidade: 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Total tratado	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário	Não Especificado	Não tratada
Norte	<b>162 126</b>	591	14 786	71 823	72 868	2 058	4 664
Centro	<b>118 976</b>	90	6 301	80 150	22 458	9 978	1 011
Lisboa	<b>187 233</b>	55 814	594	92 077	38 704	43	5 033
Alentejo	<b>37 665</b>	293	1 054	27 889	5 422	3 007	1 555
Algarve	<b>44 315</b>	697	6	39 841	3 039	733	17

Quadro I: Quantidade de águas residuais tratadas, segundo tipo de tratamento e região

Unidade: nº	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário	Não Especificado
Norte	85	399	569	27	274
Centro	29	546	538	53	478
Lisboa	7	13	78	8	20
Alentejo	36	153	315	19	119
Algarve	1	3	60	6	16

Quadro II: Número de estações de tratamento de águas residuais por região

Unidade: %	Proporção de população servida por sistemas públicos de:	
	Drenagem de águas residuais	Tratamento de águas residuais
Norte	75,9	70,3
Centro	75,4	70,2
Lisboa	96,8	84,1
Alentejo	85,5	75,7
Algarve	85,9	84,7

Quadro III: Índices de atendimento por região

Seguidamente apresenta-se quadros e figuras que representam os custos totais assim como de exploração e gestão dos serviços de tratamento existentes, os proveitos decorrentes do tarifário aplicado ao sector e o nível de recuperação de custos por região, sendo que estas regiões (hidrográficas) são diferentes das anteriores mas explicitadas nas figuras seguintes.

Os custos totais correspondem à soma dos custos de exploração e gestão, dos custos gerais (administrativos) indiretamente relacionados com o serviço de drenagem e tratamento de águas residuais, dos investimentos cuja realização financeira tiveram lugar efectivamente em 2009 anualizado e da taxa de recursos hídricos paga à ARH ou à entidade em alta a que presta serviço. (INSARR2010)



FIGURA III: Custo total por unidade de volume drenado do serviço de drenagem e tratamento da AR por Região Hidrográfica

Regiões Hidrográficas	Custos Totais (10 <sup>3</sup> €)	Custos totais/Volume drenado (€/m <sup>3</sup> )
RH1	11 653	1,87
RH2	69 289	1,35
RH3	95 933	1,45
RH4	144 983	1,98
RH5	207 501	1,08
RH6	19 993	0,88
RH7	7 554	0,79
RH8	38 516	1,08
RH9	8 457	1,50
RH10	8 198	0,48
<b>Nacional</b>	<b>612 077</b>	<b>1,29</b>

Quadro IV: Custos totais e por unidade de volume drenado do serviço de drenagem e tratamento da água residual por Região Hidrográfica



Os custos totais de exploração e gestão correspondem aos custos com a operação e manutenção das infra-estruturas associadas aos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais. (INSARR 2010)

Regiões Hidrográficas	Custos de exploração e gestão (10 <sup>3</sup> €)	Custos de exploração e gestão/Volume drenado (€/m <sup>3</sup> )
RH1	4 797	0,82
RH2	32 281	0,63
RH3	38 486	0,60
RH4	55 426	0,76
RH5	79 193	0,46
RH6	10 022	0,45
RH7	3 602	0,35
RH8	19 051	0,53
RH9	2 411	0,46
RH10	3 508	0,21
<b>Nacional</b>	<b>248 778</b>	<b>0,55</b>

Quadro V: Custos de exploração e gestão totais e por unidade de volume drenado do serviço de drenagem e tratamento da água residual por Região Hidrográfica

Os proveitos do tarifário resultam exclusivamente da aplicação das componentes variável e fixa da estrutura tarifária existente neste sector, esta estrutura tarifária é variável por região hidrográfica. (INSARR 2010)

Regiões Hidrográficas	Proveitos do tarifário (10 <sup>3</sup> €)	Proveitos do tarifário/ Volume drenado (€/m <sup>3</sup> )
RH1	3 878	0,74
RH2	28 800	0,47
RH3	36 950	0,60
RH4	43 851	0,65
RH5	99 574	0,58
RH6	7 472	0,56
RH7	2 954	0,32
RH8	19 830	0,56
RH9	2 235	0,43
RH10	4 851	0,30
<b>Nacional</b>	<b>250 394</b>	<b>0,56</b>

Quadro VI: Proveitos totais do tarifário e por unidade de volume drenado do serviço de drenagem e tratamento da água residual por Região Hidrográfica

Os proveitos exclusivamente originados pela aplicação do tarifário representam 87% dos proveitos totais no Continente e em termos Nacionais, 95% nos Açores e 94% na Madeira.

O nível de recuperação de custos (NRC) corresponde à percentagem de custos inerentes à prestação do serviço de drenagem e tratamento de águas residuais que é recuperada, através dos proveitos obtidos pelas entidades gestoras de sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais para o sector urbano. Para o cálculo do NRC são considerados, na rubrica de custos, os custos de exploração e gestão, os custos gerais, o valor actualizado e anualizado dos investimentos realizados pelas Entidades Gestoras e a taxa de recursos hídricos paga à ARH ou à entidade que fornece o serviço em alta. No que concerne a rubrica de proveitos são considerados os proveitos tarifários, outros proveitos relativos ao serviço de drenagem e tratamento de águas residuais e taxa de recursos hídricos faturada aos clientes finais. (INSARR 2010)

Regiões Hidrográficas	Recuperação de custos (%)
RH1	40
RH2	46
RH3	46
RH4	34
RH5	54
RH6	40
RH7	28
RH8	57
RH9	30
RH10	66
<b>Nacional</b>	<b>46</b>

Quadro VII: Nível de recuperação de custos em percentagem por Região Hidrográfica

#### 4 METODOLOGIA

De acordo com os objectivos definidos no capítulo 2 pretende-se elaborar um documento que faça uma compilação seleccionada da informação relevante para a compreensão e resolução de problemas decorrentes da operação de Estações de Tratamento de águas Residuais por Lamas Activadas por Arejamento Prolongado de uma forma simples e rigorosa. Nesse sentido distinguem-se três fases na elaboração deste documento:

1. Recolha da informação existente
2. Selecção dos conteúdos
3. Criação de esquemas que permitem uma leitura eficiente da informação

Uma vez que um dos objectivos é a compilação da informação num só documento, fez-se um levantamento dos manuais e livros que abordam o tema, sendo que essencialmente a informação foi recolhida de manuais e relatórios de exploração de várias estações de Tratamento. O acesso aos manuais e relatórios de exploração das estações de tratamento só foi possível devido a sucessivas visitas às mesmas, acompanhando uma equipa responsável pela operação das estações de tratamento.

Essas visitas periódicas e com duração diária foram efetuadas ao longo de vários meses e ao longo das mesmas e do contacto direto com os operadores de cada estação foi possível definir os problemas variados que cada estação padecia e das formas utilizadas para a sua deteção e resolução.

Como forma de complementar a informação recolhida foi realizado um acompanhamento das operações da estação de Rio Maior, estação essa do tipo abrangido neste estudo ou seja, com um sistema de tratamento por Lamas Activadas de Arejamento Prolongado, e através do acompanhamento diário do funcionamento da mesma ao longo de duas semanas foi possível adquirir um conjunto de dados extenso e um entendimento das reais dificuldades e exigências envolvidas na operação de uma estação deste tipo.

De todo o volume de informação recolhida, pela via descrita acima, foi necessário sintetizar e tornar mais acessível essa informação através de uma padronização da mesma com a incidência na descrição dos problemas, causas possíveis associadas, a forma de determinar qual das causas é de facto a correcta e uma vez determinada a causa como proceder à resolução do problema.

Não se pretende um documento com toda a fundamentação teórica, a própria dimensão da dissertação não permite um aprofundamento de todas as matérias envolvidas nos sistemas de tratamento de águas residuais. Na concepção foi dada preferência à identificação de conceitos fundamentais dos processos de tratamento e a conhecimentos bioquímicos necessários à compreensão dos parâmetros de controlo dos mesmos. Neste sentido deixou-se de parte as componentes eléctricas e mecânicas dos sistemas, havendo referência às mesmas mas constituindo essas componentes, devido à sua complexidade e diversidade, matéria suficiente para outro estudo.

A apresentação dos conteúdos foi pensada de forma a facilitar a consulta e teve por base o exemplo do estudo do Prof. Levy, 1987.

O desenvolvimento dos conceitos relativos à operação de sistemas de tratamento por arejamento prolongado é realizado em três capítulos principais, um referente à temática geral de tratamento de águas residuais, outro referente à caracterização dos constituintes dessas mesmas águas residuais e outro referente à análise de um sistema de tratamento por lamas activadas com arejamento prolongado. O capítulo referente à análise do sistema encontra-se dividido entre caracterização das etapas de tratamento do sistema, caracterização dos órgãos desse mesmo sistema e, após a introdução dos conceitos essenciais para a compreensão do tema, a apresentação extensiva de todos os problemas operacionais identificados em cada órgão do sistema de tratamento assim como a sua verificação e resolução, sendo esta apresentação e posterior criação de um programa de computador para fácil consulta, o cerne do trabalho desenvolvido no âmbito deste estudo.

## 5 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O tratamento de águas residuais é efectuado para evitar condições inaceitáveis tais como:

- Risco para a saúde pública
- Poluição dos recursos hídricos para os quais são descarregados efluentes, nomeadamente rede hidrográfica, lagos e o mar, até ao ponto que danifica a flora e a fauna aquática ou em que limita actividades económicas, sociais e de recreio normais como consequência de contaminação ou desoxigenação;
- Poluição do ambiente em geral, sob a forma de odores desagradáveis ou paisagem alterada e contaminação das águas subterrâneas.

Parâmetros de Controlo :

- Exigências de qualidade da água no rio.
- Limites de emissão à saída da ETAR.
- Limites de emissão à entrada da ETAR.
- Exigências quanto às descargas nos colectores.
- Limites de emissão em cada uma das correntes (líquida e sólida).
- Limites exigidos às unidades industriais.

Existem substâncias que, embora não entrem na qualidade exigida no meio receptor, têm importância no tratamento.

Os metais pesados deverão ser controlados no meio receptor (parâmetros de saída) e nas lamas (especialmente se estas são para utilização na agricultura).

Existem substâncias que não podem ser feitos balanços de massa devido à sua bioacumulação e persistência. As suas emissões devem ser tendencialmente zero (por exemplo: mercúrio [Hg] e cádmio [Cd]).

É errado controlarmos a poluição hídrica somente por controlo das descargas. Deve-se fazer através dos usos do meio hídrico.

É a partir da qualidade do meio hídrico desejada que se determinam as condições de descarga (balanço de massas).

As normas de descarga devem ser consideradas como o esforço mínimo de tratamento de água. As condições de tratamento são feitas pela situação mais desfavorável do ano (período de estiagem). Difícilmente os resíduos satisfazem as condições do meio hídrico.

Em seguida são apresentadas as diferentes componentes da água residual, os efeitos prejudiciais a elas associados e os benefícios do tratamento das mesmas como referido na literatura disponibilizada pelo Ministério do Ambiente:

- Materiais sólidos de grandes dimensões, tais como: papéis, trapos, sacos de plástico, entre outros. Os seus efeitos prejudiciais são a poluição visual provocada pela sua acumulação nos meios hídricos e o risco para a saúde pública provocada pela proliferação de agentes infecciosos.
- Matéria orgânica como restos de comida, matéria fecal e alguns resíduos industriais cujos efeitos prejudiciais mais relevantes são a diminuição dos níveis de oxigénio nos meios hídricos receptores pela acção de bactérias, essa diminuição acarreta danos na biosfera pois o meio hídrico torna-se incapaz de suportar a maior parte dos seres vivos, e o risco para a saúde pública provocada pela proliferação de agentes infecciosos.
- Óleos e gorduras cuja presença provoca a formação de espuma nas superfícies do meio hídrico com consequente degradação da paisagem e consequências negativas para toda a biosfera do meio e a formação de uma película impermeável na superfície líquida, reduzindo a transferência de oxigénio da atmosfera para o meio líquido, com as inerentes consequências que essa redução acarreta.
- Nutrientes, tais como o azoto e o fósforo que funcionam como fertilizantes e estimulam o crescimento de algas, tóxicas ou não, e outras plantas aquáticas que obstruem os cursos de água e poluem as margens dos meios hídricos com material em decomposição, que eventualmente se transforma em resíduos orgânicos, com as consequências nefastas daí decorrentes.
- Bactérias e vírus causadores de doenças, tais como cólera, febre tifóide e salmonelas, cuja presença em recursos hídricos onde se faz captação de água para consumo humano ou irrigação de culturas, que serão depois ingeridas cruas por pessoas ou animais, provoca um evidente risco para a saúde pública.
- Substâncias tóxicas, geralmente com origem em efluentes industriais e que, dependendo da toxicidade e concentrações nos meios receptores, podem danificar ou destruir a vida aquática e/ou serem acumuladas ao longo da cadeia alimentar até chegarem ao ser humano.

Os benefícios do tratamento de águas residuais são, portanto:

- O ambiente circundante aos meios hídricos fica mais seguro e agradável para qualquer actividade humana;
- Melhoria da saúde pública;
- Actividades económicas são beneficiadas;
- A transferência do oxigénio da atmosfera para a massa líquida é mais eficiente, favorecendo a sobrevivência da vida aquática, essencialmente no caso de remoção de óleos e gorduras.

Em função da sua origem há dois grandes tipos de água residuais: as domésticas e as industriais. As águas residuais domésticas são geralmente resultantes da actividade habitacional podendo ser águas fecais e saponáceas. As águas residuais industriais são provenientes das descargas de diversos estabelecimentos. As suas características são função do tipo e processo de produção. (AEA)

Segundo o decreto-lei nº 236/98 em vigor, os valores limite de emissão na descarga de águas residuais são:

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores Limite</b>
pH	6,0 - 9,0
Temperatura	Aumento de 3°C
CBO <sub>5</sub> , 20°C	40 mg/l O <sub>2</sub>
CQO	150 mg/l O <sub>2</sub>
SST	60 mg/l
Alumínio	10 mg/l Al
Ferro Total	2,0 mg/l Fe
Manganês total	2,0 mg/l Mn
Cheiro	Não detectável na diluição 1:20
Cor	Não detectável na diluição 1:20
Cloro Residual Livre	0,5 mg/l Cl <sub>2</sub>
Cloro Residual Total	1,0 mg/l Cl <sub>2</sub>
Fenóis	0,5 mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Óleos e gorduras	15 mg/l
Sulfuretos	1,0 mg/l S
Sulfitos	1,0 mg/l SO <sub>3</sub>
Sulfatos	2000 mg/l SO <sub>4</sub>
Fósforo total	10 mg/l P
Azoto amoniacal	10 mg/l NH <sub>4</sub>
Azoto total	15 mg/l N
Nitratos	50 mg/l NO <sub>3</sub>
Aldeidos	1,0 mg/l
Arsénio total	1,0 mg/l As
Chumbo total	1,0 mg/l Pb
Cádmio total	0,2 mg/l Cd
Crómio total	2,0 mg/l Cr
Crómio hexavalente	0,1 mg/l Cr
Cobre total	1,0 mg/l Cu
Níquel total	2,0 mg/l Ni
Mercúrio total	0,05 mg/l Hg
Cianetos totais	0,5 mg/l CN
Sulfuretos	1,0 mg/l S
Óleos minerais	15 mg/l
Detergentes (sulfato de lauril e sódio)	2,0 mg/l

Quadro VIII: Valores limite de emissão na descarga de águas residuais

Neste estudo as ETAR abordadas tratam águas residuais domésticas uma vez que o estudo de ETAR de águas residuais industriais é um assunto muito mais abrangente e complexo devido à grande diversidade e carga de poluentes presentes nessas águas do qual decorre uma igual complexidade nos sistemas de tratamento das mesmas.

Parâmetros de Controlo da Qualidade Final do Efluente :

- Se a estação tiver um determinado rendimento (capacidade de depuração) na remoção de um determinado parâmetro. Esta não pode ter à entrada um valor superior a determinado valor para esse parâmetro.
- Conjunto de parâmetros que têm a ver com o funcionamento a ETAR (tratamento biológico).
- Conjunto de parâmetros que não há possibilidade de reduzir mas repartir (fase líquida-fase sólida). Caso dos metais pesados.

Os sistemas de tratamento de águas residuais podem dividir-se em dois grupos :

- Sistemas intensivos ou convencionais: são sistemas que através de apreciáveis consumos energéticos (equipamentos electromecânicos), utilizam pequenas áreas de implantação por habitante equivalente (por exemplo: lamas activadas e leitos percoladores).
- Sistemas extensivos ou naturais: Baseiam-se em processos naturais, com pequeno ou nenhum recurso a consumos energéticos e que ocupam áreas superiores de implantação por habitante equivalente (por exemplo: lagoas, fito-ETAR e sistemas de tratamento pelo solo).

A selecção do sistema de tratamento de águas residuais deve atender a diversos factores, nomeadamente:

- Qualidade do afluente bruto;
- Qualidade pretendida do efluente final;
- Custos do investimento;
- Custos de exploração;
- Custos de transporte (sistemas de drenagem e bombagem de águas residuais).

O tratamento de águas residuais é tanto mais económico, quanto maior for o número de habitantes equivalentes a tratar num só local, minorando os custos de investimento e exploração por capita. Neste caso, os sistemas intensivos apresentam-se como vantajosos. Os custos por capita associados à concentração dos efluentes (custos de transporte) num só local, aumentam com a dispersão geográfica dos aglomerados populacionais e relevo acentuado. A utilização dos sistemas de tratamento de águas residuais intensivos versus extensivos passa pela análise dos factores anteriormente referidos de forma a minimizar os custos, mantendo a qualidade final do efluente. Face ao exposto, para pequenos aglomerados populacionais caracterizados por dispersão geográfica,



como é o caso do interior do Alentejo, a utilização de sistemas extensivos torna-se vantajosa face aos outros.

De modo geral existem quatro tipos de tratamentos de um efluente. Porém a necessidade de os utilizar é dependente do tipo e processo de produção das águas a tratar.

No tratamento preliminar, constituído por processos físico-químicos, é feita a remoção dos flutuantes através da utilização de grelhas e de crivos grossos; e a separação da água residual das areias a partir da utilização de desarenadores.

O tratamento primário é também constituído por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se ao pré-arejamento, equalização do caudal, neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e, seguidamente, procede-se à separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação, utilizando um decantador.

O tratamento secundário é constituído por processos biológicos seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento:

- aeróbio, onde se podem utilizar, dependente das características do efluente, tanque de lamas activadas ( o ar é insuflado com um arejador de superfície), lagoas arejadas com macrófitos, leitos percoladores ou biodiscos;
- anaeróbio, onde podem ser utilizadas as lagoas ou digestores anaeróbios. O processo físico-químico é constituído por um ou mais sedimentadores secundários. Nesta etapa é feita a sedimentação dos flocos biológicos, saindo o líquido, depois deste tratamento, isento de sólidos ou flocos biológicos. As lamas resultantes deste tratamento são secas em leitos de secagem, sacos filtrantes, filtros de prensa ou por centrifugação.

O tratamento terciário é também constituído por processos físico-químicos. A água resultante é sujeita a desinfecção através da adsorção (com a utilização de carvão activado), e, se necessário, tratamento com cloro e ozono ou radiação ultravioleta.

## **6 CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A caracterização de águas residuais pode ser efectuada em termos biológicos, físicos e químicos. Não se pretende neste capítulo uma abordagem exaustiva de todos os constituintes de águas residuais nem de todos os parâmetros que podem ser utilizados para as caracterizar mas apenas identificar os parâmetros mais importantes pois são esses os utilizados na análise da eficiência do tratamento da mesma. Além dos constituintes e parâmetros descritos abaixo, à que mencionar, no entanto, constituintes como metais pesados, sulfatos, organismos coliformes e outros patogénicos que podem ser determinantes tanto na análise do tipo de tratamento a aplicar assim como às possibilidades de reutilização da água tratada e das lamas produzidas durante o processo de tratamento e parâmetros de análise como dimensão das partículas sólidas presentes, cor, odor, densidade, transmitância, turvação e condutividade que auxiliam na análise de várias possibilidades tais como a utilização do efluente final para fins agrícolas, problemas expectáveis durante o tratamento das águas residuais ou a utilização de radiação ultravioleta para a sua desinfeção, entre outros.

### **6.2 SÓLIDOS TOTAIS**

Define-se teor de sólidos totais (ST) como a quantidade de resíduo que fica após a evaporação e secagem de uma amostra de água residual. (Metcalf & Eddy, 2003).

Nos sólidos totais há a distinguir dois componentes diferentes, determinados pela ignição da amostra a cerca de 600 °C (Sousa, 1990):

- Sólidos fixos totais (SFT), correspondentes à parcela que se mantém no resíduo e que equivale à matéria mineral, dado que com aquela temperatura é minimizada a possibilidade da sua volatilização;
- Sólidos voláteis totais (SVT), correspondentes à parcela volatilizada no processo e que equivalem à matéria orgânica. Trata-se de uma medida da matéria orgânica embora seja de referir que existe matéria orgânica que não queima como existe matéria inorgânica que é destruída a temperaturas elevadas.

Os sólidos totais são ainda classificados em dois grupos, em função da sua parcela dissolvida e em suspensão (Sousa, 1990):

- Sólidos suspensos totais (SST), correspondentes ao material retido no filtro e pesado após secagem a 105 °C;
- Sólidos dissolvidos totais (SDT), correspondentes à matéria que acompanha o filtrado e que permanece após evaporação e secagem a 105 °C.

### 6.3 MATÉRIA ORGÂNICA

A quantificação da matéria orgânica presente em água residual pode ser feita com recurso a vários parâmetros, sendo os mais utilizados (Pêgo, 1990):

- Carência bioquímica de oxigénio (CBO), correspondente à quantidade de oxigénio consumido pelos microrganismos na decomposição aeróbia da matéria orgânica, dentro de determinadas condições;
- Carência química de oxigénio (CQO), correspondente à quantidade de oxigénio que é consumido na oxidação por via química da matéria orgânica e da matéria inorgânica presente, convertendo-as em dióxido de carbono e água.

De realçar que diferentes substratos orgânicos, em idênticas condições ambiente e em contacto com os mesmos microrganismos, por igual período de tempo, revelam diferentes graus de decomposição. Dessa forma surge o conceito de biodegradabilidade, que revela a aptidão de um substrato orgânico para ser oxidado por via biológica a dióxido de carbono e água.

Esse conceito, embora importante na análise do comportamento do sistema e daí a sua menção, não é essencial à mesma pois o que é geralmente utilizado são os valores de  $CBO_5$ , que é o valor de carência biológica de oxigénio ao 5º dia do líquido em estudo.

### 6.4 COMPOSTOS DE AZOTO

Os compostos de azoto surgem nas águas residuais essencialmente por descarga directa de efluentes domésticos, industriais e agro-pecuários ou por escoamento superficial, sendo arrastados pelas águas das chuvas ou regas para os sistemas de drenagem e são provenientes quer de detritos orgânicos de qualquer tipo de actividade humana ou de fertilizantes.

São inúmeros os compostos de azoto existentes na natureza. A sua caracterização, no que respeita à sua presença em águas residuais, é realizada principalmente nas formas seguintes: azoto Total ( $N_t$ ), azoto Kjeldahl ( $N_{kt}$ ), azoto amoniacal, nitritos ( $NO_2^-$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ), azoto orgânico e azoto molecular ( $N_2$ ). O azoto total engloba todos os compostos de azoto sendo o parâmetro mais utilizado para quantificar a sua quantidade em água residual. As restantes formas encontram-se definidas no anexo IV.

## **6.5 COMPOSTOS DE FÓSFORO**

Os compostos de fósforo surgem nas águas residuais essencialmente por descarga directa de efluentes domésticos, industriais e agro-pecuários e são provenientes de dejectos humanos e animais ou da utilização de detergentes.

De acordo com a literatura corrente, a relação da concentração de fósforo total ( $P_t$ ) com a concentração de  $CBO_5$  em águas residuais domésticas varia entre 3 a 7%, podendo adoptar-se, por aproximação, o valor médio de  $0,05gP_t.g^{-1}CBO_5$  (Ronzano & Dapena, 1995). O fósforo apresenta-se nas águas residuais essencialmente como fosfato, sendo que pode ser de vários tipos, uma definição dos vários tipos encontra-se no anexo IV.

O fósforo total engloba todos os compostos de fósforo sendo o parâmetro mais utilizado para quantificar a sua quantidade em água residual.

## **6.6 TEMPERATURA**

A velocidade das reacções químicas varia, por regra, directamente com a temperatura, e por consequência, as concentrações das espécies em presença variarão também, uma vez que os equilíbrios químicos são afectados (Sousa, 1990). Deste modo, deverá considerar-se o efeito da temperatura na definição de taxas de processos químicos e biológicos, como por exemplo em taxas de transferência de oxigénio, entre outros parâmetros. A expressão utilizada para fazer a correcção de qualquer parâmetro devido a uma variação de temperatura está explicitada no anexo I.

## **6.7 ALCALINIDADE**

A alcalinidade traduz a capacidade da água para resistir a influências ácidas e básicas na solução. Processos biológicos como a nitrificação, desnitrificação e a precipitação química alteram a alcalinidade e, por conseguinte, caso esta não seja suficientemente alta, poderão levar à diminuição do pH, e à subsequente redução da taxa do processo (Henze et al., 1995).

De referir que os processos de nitrificação e desnitrificação são explorados com mais pormenor no anexo V.

## 7 ANÁLISE DO SISTEMA DE TRATAMENTO POR LAMAS ACTIVADAS DE AREJAMENTO PROLONGADO

### 7.1 ESQUEMA DE TRATAMENTO

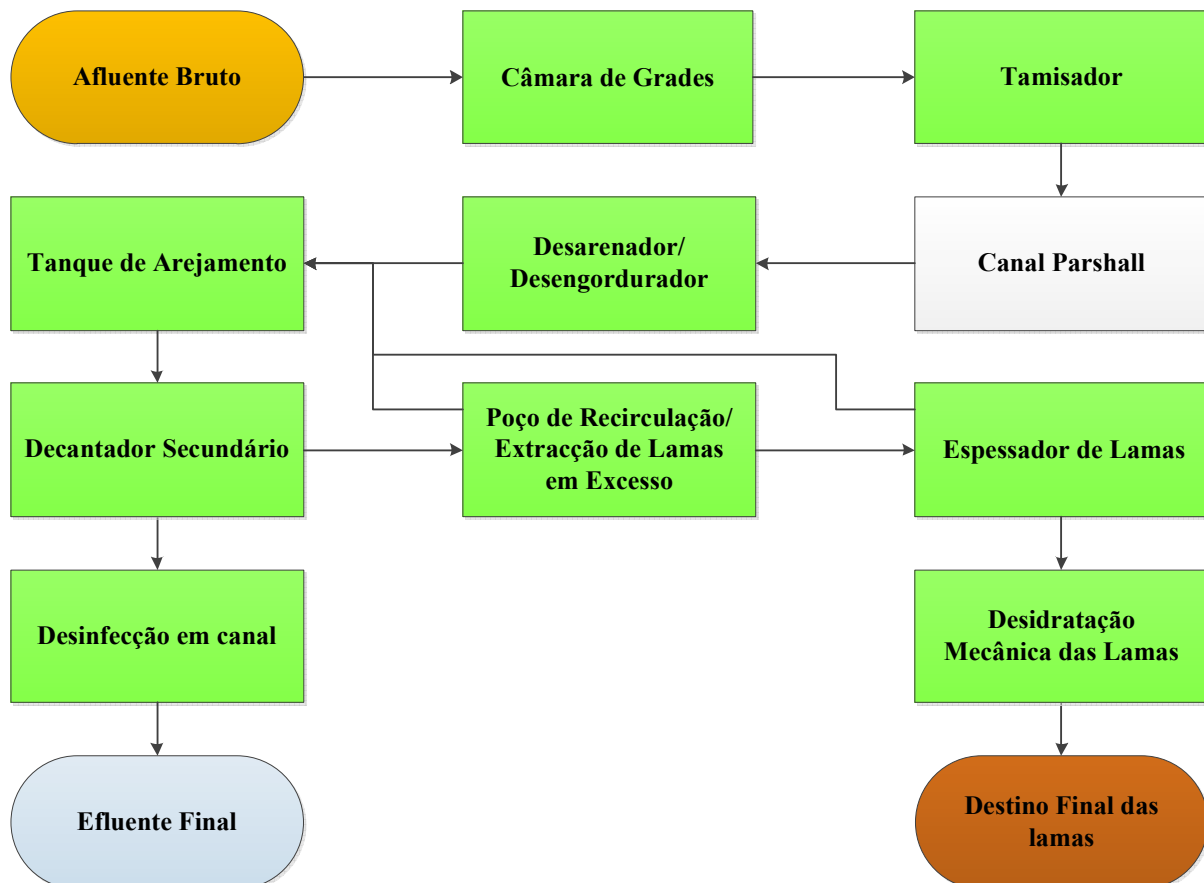


FIGURA IV: Esquema tipo de tratamento de lamas activadas por arejamento prolongado

O esquema apresentado é um esquema tipo simplificado e dependendo das condições da estação e características do afluente que recebe pode ser alterado e serem acrescentados constituintes ao sistema de forma a garantir o cumprimento do seu objectivo, sendo que em algumas das estações analisadas existiu a necessidade de, por exemplo, introdução de um decantador primário no sistema ou, devido ao elevado teor em gorduras e óleos do afluente, a introdução no circuito de um reactor biológico de gorduras, gorduras essas recolhidas no desarenador/desengordurador e nas escumas do decantador secundário e que, após o seu processamento, eram reintroduzidas no início do sistema.

## **7.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ETAPAS DO SISTEMA DE TRATAMENTO**

### **7.2.1 Gradagem**

A etapa da gradagem é a etapa inicial de tratamento preliminar numa estação de tratamento de águas residuais. À água residual é necessário retirar, a montante das etapas seguintes, parte da elevada carga de sólidos e detritos nela contida, de forma a evitar problemas de manutenção como o desgaste e avaria de equipamentos assim como o desgaste das próprias tubagens do sistema. A gradagem pode ser conseguida através do uso de uma câmara de grades ou de um tamisador, sendo que mesmo nesses casos existe geralmente uma câmara de grades presente para bypass em caso de avaria do tamisador. Os gradados removidos são posteriormente depositados em destino final.

### **7.2.2 Desarenação**

A etapa da desarenação visa reduzir ainda mais a carga de sólidos presentes na mesma, sendo que neste ponto existem na água residual uma carga elevada de areias, sólidos orgânicos suspensos e coloidais assim como outra matéria flotante. A redução de carga de areias é muito importante numa fase inicial do tratamento pois a sua presença aumenta tanto a carga de sólidos a tratar no sistema como os problemas de manutenção e operação no mesmo devido a uma elevada abrasão dos seus constituintes. Visto as partículas terem uma densidade superior ao do meio líquido onde se encontram e serem consideradas partículas discretas (não interagem com partículas vizinhas, alterando peso, tamanho ou forma), a sua recolha é feita por sedimentação em desarenadores, sendo posteriormente depositadas em destino final.

### 7.2.3 Medição de Caudal

A medição de um caudal afluente à estação de tratamento é parte importante do sistema pois só com esse conhecimento se poderá analisar a operação de todo o sistema subsequente, existem vários métodos para atingir o valor do caudal afluente, uns acarretando mais perdas de carga do que outros, assim como diferentes preocupações em termos de manutenção, o que poderá ser um factor decisivo no processo a utilizar sendo que os processos mais usuais englobam a utilização de um medidor em canal ou de um descarregador. A utilização de um descarregador em canal aberto é uma solução simples devido à sua fácil aplicação e baixo custo, todavia, tem algumas desvantagens pois acarreta uma perda de carga significativa e o rigor da medição pode ser influenciado por variações da velocidade de escoamento próximas ao local de medição ou pela deposição de sedimentos a montante do medidor. A utilização de um medidor de canal, como o medidor Parshall, é uma solução com custos de aplicação mais elevados mas tem vantagens a nível de operação, tais como a introdução de perdas de carga inferiores no sistema e menor sensibilidade a variações de velocidade de escoamento por comparação com um descarregador, assim como a não obstrução do canal, prevenindo dessa forma a deposição de resíduos que poderiam afectar a medição.

O Medidor Parshall, devido ao seu uso alargado nos sistemas em estudo, merece uma referência particular e uma definição mais completa do mesmo.

Trata-se de um medidor de caudal de velocidade crítica, caracterizado por um declive acentuado do seu fundo na zona de estreitamento do medidor. A quebra deste declive tem como consequência a criação de um ressalto hidráulico na secção de saída, assim como o estabelecimento da altura crítica na secção contraída. É nessa secção, denominada secção de controlo crítico, que a relação entre altura da água e caudal é única e independente de outras variáveis e serve de base teórica para a medição de caudal no canal.

#### **7.2.4 Arejamento**

A etapa de arejamento é crucial no tratamento secundário e é através desta etapa que se cria o tratamento biológico do efluente a tratar. No processo de tratamento por Lamas Activadas, a biomassa aeróbia em suspensão utiliza o oxigénio disponível para transformar a matéria orgânica existente em dióxido de carbono, água e energia. O tratamento biológico é efectuado, geralmente, num reactor em mistura completa mas é possível utilizar um reactor de fluxo pistão e a biomassa é mantida em suspensão através do uso de arejadores mecânicos ou pela turbulência criada pelos difusores ao introduzir ar no sistema e a biodegradação gerada nesta etapa depende de um arejamento correcto (níveis de oxigénio dissolvido) e de uma concentração ideal de microrganismos que é possível através de uma recirculação parcial das lamas recolhidas durante a etapa de decantação secundária. A eficiência desta etapa do tratamento pode ser melhorada através do estudo do efeito da turbulência na formação dos flocos e na concentração de oxigénio na superfície do floco.

#### **7.2.5 Decantação**

A etapa de decantação pode ser utilizada no tratamento primário e no secundário. A decantação primária é utilizada quando é considerado que existe uma excessiva carga de sólidos suspensos totais no efluente a tratar, de forma que se torna necessária a sua remoção prévia antes do tratamento biológico a ser utilizado para que o mesmo não seja impossibilitado de funcionar de acordo com os parâmetros estabelecidos. Esta etapa de decantação pode ser evitada se, após estudo do efluente a tratar, se considerar que o mesmo pode ser descarregado para tratamento secundário após a remoção de areias. A decantação secundária é parte essencial do tratamento secundário do efluente e é aplicada após o tratamento biológico, tendo como principais objectivos a clarificação do afluente através da separação da biomassa mineralizada e floculada no reactor biológico devido à acção microbiana e o espessamento e extracção das lamas assim criadas assim como, através da recirculação de lamas ao tanque de arejamento, manter a concentração de lamas activadas necessárias para manter a eficiência do reactor no tratamento das águas residuais.



## 7.2.6 Desinfecção

Esta etapa corresponde à etapa do tratamento terciário e o seu objectivo pode ser conseguido de várias formas entre os quais se salientam:

- Utilização de hipocloritos em solução aquosa: geralmente hipoclorito de sódio mas podendo utilizar-se hipoclorito de cálcio, trata-se do processo de desinfecção mais utilizado, devido à sua eficácia e estabilidade assim como à sua fácil aquisição, preços acessíveis e elevada disponibilidade;
- Utilização de cloro gasoso: tem características de aplicação semelhantes às dos hipocloritos mas a sua utilização levanta questões de segurança em relação ao transporte e manuseamento;
- Utilização de cloraminas: alternativa em relação ao cloro livre que não apresenta as desvantagens deste em relação aos subprodutos de desinfecção criados, tem no entanto um poder desinfectante inferior e é insuficiente em relação a vírus presentes na água, o que leva a que tenha de ser utilizado em conjunção com outro oxidante mais poderoso como o ozono ou o dióxido de carbono (Neves, 1995);
- Utilização de dióxido de cloro: alternativa em relação ao cloro livre, não é afectado como este pelo pH da água nem pela presença de azoto e tem uma capacidade desinfectante semelhante, no entanto, o seu custo mais elevado tem limitado a sua utilização;
- Utilização de ozono: é um oxidante poderoso mas tratando-se de um gás instável e de decomposição rápida necessita de ser produzido no local e momento de aplicação o que tem limitado a sua utilização;
- Utilização de radiação ultravioleta: constitui o processo físico de destruição microbiana que oferece mais garantias em relação à desinfecção química e a ausência de subprodutos do processo assim como uma descida no custo dos equipamentos necessários tem levado a um incremento na sua utilização.

Mais informações sobre o processo de cloração encontram-se no anexo III.

## 7.3 CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO

### 7.3.1 Câmara de Grades



FIGURA V: Câmara de Grades com limpeza mecânica

São utilizadas com o objectivo de prevenir a entrada no sistema de tratamento de sólidos de dimensão e natureza desadequada aos objectivos a que o sistema de tratamento se propõe dar resposta, têm uma função preventiva no sistema.

As câmaras de grades são caracterizadas pelo seu sistema de limpeza, nomeadamente manual ou mecânico sendo a sua limpeza assegurada por um temporizador ou um sensor de nível, assim como pelo espaçamento entre barras, sendo classificadas em finas, médias e grossas consoante o seu espaçamento seja de 5 a 20 mm, 20 a 50 mm e 50 a 150 mm respectivamente. (ASCE/WPCF, 1977).

As grades de limpeza são colocadas no canal de chegada do efluente à estação de tratamento de forma a preencher toda a sua secção transversal, sendo que as de limpeza manual têm uma inclinação entre 30° a 45° da vertical; em relação às grades de limpeza mecânica distinguem-se 3 tipos:

- Grades Curvas, onde a limpeza é assegurada por um ou mais pentes montados num braço que roda em torno de um eixo horizontal.
- Grade vertical com limpeza descontínua, geralmente com uma inclinação de 80° em relação à horizontal, o mecanismo de limpeza prolonga-se sobre o nível máximo e é accionado por nível ou temporizador removendo os detritos de baixo para cima.
- Grades verticais com limpeza contínua, têm uma inclinação semelhante às de limpeza descontínua sendo a principal diferença em relação a este mecanismo o facto de não necessitar de ser accionado sendo geralmente constituído por corrente sem fim.

### 7.3.2 Tamisador



FIGURA VI: Tamisador em funcionamento

São utilizados com o objectivo de dilacerar os sólidos grosseiros transportados nas águas residuais, reduzindo a sua granulometria, e dessa forma uniformizar o afluente a partir desse ponto do sistema de tratamento.

Os tamisadores são distinguidos pela sua instalação ao longo do sistema, sendo de canal aberto ou de conduta, e pela sua configuração, podendo ser de grades fixas, de tambor rotativo ou de degraus. As grades fixas têm um espaçamento entre barras de 0,25 a 2,5 mm, e os tamisadores rotativos têm uma malha que pode variar de 0,2 a 5 mm (Metcalf&Eddy, 1993).

O aparelho mais convencional consiste num tambor rotativo sobre um eixo vertical, tambor esse composto por barras circulares de bordos cortantes e tendo no seu interior pentes cortantes finos

### 7.3.3 Desarenador



FIGURA VII: Desarenador/Desengordurador

São utilizados com o objectivo de reduzir a carga de areias no efluente, algo essencial para garantir o bom funcionamento de todos os aparelhos posteriores no sistema de tratamento assim como a redução da quantidade de resíduos finais do sistema e a qualidade das lamas produzidas. Os desarenadores existem numa enorme variedade de geometrias e são de 2 tipos:

- Desarenador Estático, não utiliza outro equipamento além de comportas e adufas, geralmente é um canal que pode ter diversas geometrias na sua secção transversal, sem relevância para a sua função, e com uma velocidade de escoamento baixa controlada a jusante através de um descarregador ou medidor Parshall. É a velocidade de escoamento baixa que provoca a sedimentação das areias.

- Desarenador Mecânico, com 3 tipos de extracção de areias:

  - Grupo electrobomba submersível, instalado no fundo do desarenador;

  - Grupo electrobomba de eixo horizontal, instalado à superfície e com tubo de sucção geralmente flexível e orientável;

  - Compressor de ar (air lift), com 2 condutas verticais, numa é feita a injeção de ar e noutra a extracção de areias.

Para assegurar que apenas as areias se sedimentam pode ser instalado um sistema de injeção de ar a partir do fundo, o que garante todos os sólidos excepto as areias se mantêm imersos no líquido sem prejuízo do sistema escolhido para a recolha das areias sedimentadas. Ao utilizar o sistema de injeção de ar acima mencionado em conjunção com um raspador de superfície é possível também retirar parte das gorduras presentes no líquido, sendo que o aparelho passa a ser designado desarenador/desengordurador. As areias extraídas podem ser desidratadas quer através de um ciclone quer pela sua deposição numa plataforma de reduzida inclinação.

### 7.3.4 Tanque de Arejamento



FIGURA VIII: Tanque de Arejamento

Essenciais em qualquer tratamento por lamas activadas, a sua função é a de expor o efluente a oxigénio e acelerar a decomposição/digestão da carga biológica e desta forma reduzir a carga de resíduos no mesmo ao produzir lamas que são posteriormente retiradas, transformando matéria solúvel em decantável. O tanque de arejamento recebe parte das lamas decantadas no decantador secundário, de forma a manter a concentração mais eficaz de microrganismos no reactor.

O reactor ou tanque de arejamento pode apresentar diversas configurações, o fundo pode apresentar chanfros no caso de, devido à sua geometria, ser necessário a acumulação de sedimentos nos cantos e tem uma profundidade útil entre 3 e 5 metros. Utiliza como equipamento um arejador de superfície, geralmente uma turbina de eixo vertical cuja função passa por assegurar a mistura e provocar uma corrente de fundo que impede a acumulação de lamas e/ou uma difusão de ar em profundidade por meio de injectores. O sistema de arejamento tem como objectivo permitir a manutenção de um nível de oxigénio dissolvido que, por sua vez, possibilita a biodegradação da matéria orgânica, a respiração endógena dos microrganismos e, eventualmente, a nitrificação.

Dependendo da disposição adoptada para os tanques e o ponto, ou pontos, de introdução da água e da recirculação das lamas, definem-se dois tipos teóricos de fluxos hidráulicos presentes no reactor, fluxo pistão ou mistura integral. Estes conceitos encontram-se explicitados no anexo I e a definição do tipo de fluxo no tanque é essencial para a análise do funcionamento do mesmo, pois apesar de serem fluxos teóricos e o fluxo real do tanque apenas se aproximar do comportamento teórico deles, servem de base para uma análise do funcionamento expectável do mesmo. De realçar que a turbulência tem um efeito duplo no reactor, pois apesar de provocar a desagregação dos flocos de lamas activadas também aumenta a sua área específica, potenciando a transferência de oxigénio; só o estudo da eficiência em cada estação de tratamento do tanque de arejamento permite tirar conclusões sobre o nível adequado de turbulência a manter de acordo com o afluente a tratar

### 7.3.5 Decantador



FIGURA IX: Decantador Secundário

São utilizados com o objectivo de reduzir a carga poluente de sólidos, suspensos e sedimentáveis, no efluente.

Os decantadores/sedimentadores distinguem-se entre si por vários factores, tais como a geometria, a forma como se introduz o afluente a tratar no decantador, assim como a forma como as lamas sedimentadas são conduzidas para o poço de extracção e como são posteriormente descarregadas.

Existem 2 tipos gerais de decantadores:

Decantador estático ou Dortmund, tem grande inclinação das paredes de fundo ( $45^\circ$  a  $60^\circ$ ) e é devido a essa inclinação que as Lamas sedimentadas são encaminhadas para o fundo, não é usado qualquer equipamento para raspagem do fundo. A profundidade do mesmo é da ordem do seu diâmetro e está efectivamente limitada a sete ou oito metros.

Decantador mecânico, tem reduzida inclinação das paredes do fundo ( $6^\circ$  a  $8^\circ$ ) e é utilizado um raspador de fundo que arrasta as Lamas para um poço de descarga, neste tipo de decantador instala-se um raspador de superfície para remoção de Lamas e escumas que ascendam à superfície.

Ambos os tipos de decantadores têm geralmente secção superficial circular por razões económicas e de facilidade de manutenção, podendo ter outra geometria caso haja condicionais presentes na zona de implantação que assim o justifiquem.

Os decantadores secundários são em tudo semelhantes aos decantadores primários relativamente à geometria dos tanques, forma de encaminhamento e descarga das lamas, a diferença consiste essencialmente no diâmetro da tubagem utilizada para recolha das lamas, sendo esse diâmetro maior nos decantadores secundários.

No caso em estudo de lamas activadas, as lamas são recirculadas para o arejamento; o excesso de lamas pode ser descarregado quer a partir do decantador secundário ou do arejamento.

A apreciação do funcionamento de um decantador secundário está relacionada com o sistema em que se integra, sendo que no caso em estudo, o efluente final produzido deve ser clarificado, sem

pontos de lamas e turvação em simultâneo com a produção de uma lama espessa com uma concentração superior à do arejamento.

Dentro do tipo geral considerado decantador mecânico existem várias designações possíveis consoante vários factores de distinção, conforme referido acima, mas todos os decantadores são constituídos por uma zona de entrada do efluente, uma zona de decantação, uma zona de saída do efluente e uma zona de lamas. No anexo II são apresentadas algumas dessas designações/distinções e explicado as principais características de cada uma.

É de referir que a eficiência dos decantadores está profundamente relacionada com a sua carga hidráulica e com o dimensionamento e funcionamento das estruturas de entrada e de saída do efluente, sendo que uma incorrecta concepção ou funcionamento dos mesmos será responsável por uma série de fenómenos que afectam adversamente a eficiência do decantador, nomeadamente a ocorrência de correntes de densidade, curto-circuitos hidráulicos e arraste de sólidos decantados com o efluente clarificado.

As fórmulas utilizadas para calcular a taxa de recirculação de lamas e idade de lamas são apresentadas no anexo I.

### 7.3.6 Espessador

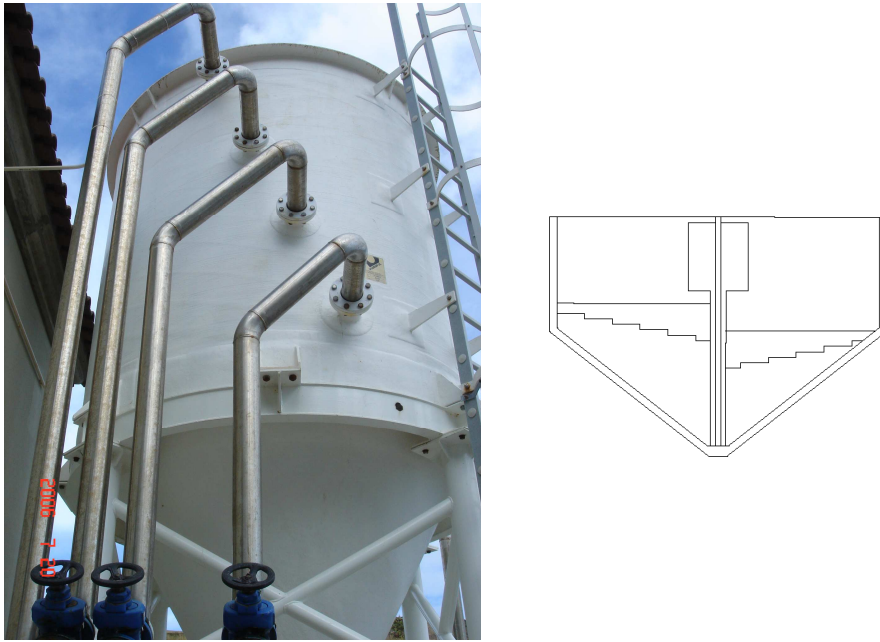


FIGURA X: Espessador e Esquema Interno tipo

O Espessador de Lamas apresenta, na generalidade, uma secção superficial, circular ou quadrada, com paredes laterais verticais. Na junção das paredes com o fundo, existem chanfros para evitar zonas de acumulação de lamas. O espessador é geralmente um constituinte do sistema que se encontra coberto e fechado de forma a reduzir a produção de odores, tendo no seu interior um mecanismo que pretende a homogeneização das lamas no interior através de pás que garantem a mistura das mesmas, conforme é ilustrado no esquema tipo apresentado acima.

Em estações até cerca de 10000 habitantes os espessadores são, em geral, do tipo estático, sem qualquer equipamento de raspagem mecânica do fundo, fundo esse que tem uma inclinação elevada de cerca de  $60^\circ$  com a horizontal. A superfície da secção superficial pode ser circular ou quadrada.

No caso em estudo de ETAR dimensionada para cerca de 100000 habitantes, o espessador precisa de maior envergadura e de forma a evitar grande acumulação de lamas no fundo é necessário utilizar espessadores com raspagem mecânica das lamas.

Esta unidade pode ainda servir para regular caudais de lamas e gerir o volume produzido dentro do sistema, quer as lamas se destinem aos decantadores (reintrodução) quer à desidratação final das mesmas.



### 7.3.7 Desidratação mecânica de Lamas (Centrifugação)



FIGURA XI: Centrifugadora

O objectivo da utilização da desidratação mecânica nas lamas retiradas do espessador é o aumento da eficácia na retirada de líquido das mesmas, reduzindo o seu volume e massa e permitindo a sua recepção para destino final, quer esse destino seja um uso (nomeadamente agrícola) ou depósito em aterro apropriado. No caso dos equipamentos de centrifugação, os equipamentos são constituídos por máquinas giratórias que, por acção da força centrífuga, atingem o objectivo pretendido.

Embora os equipamentos possam ser utilizados com lamas que não sofreram acondicionamento prévio, o acondicionamento químico com polielectrólitos, cloreto férrico e cal permite obter rendimentos superiores e uma maior retenção de sólidos de pequenas dimensões. Consoante o tipo de centrifugadora a separação resultante da sua acção pode ser entre duas fases, sólida e líquida, ou em três fases, sendo que a terceira fase provém da separação da fase líquida entre água e gorduras e óleos ainda existentes nas lamas.

Uma centrifugadora é um equipamento complexo e com configurações internas variadas mas, dentro do âmbito deste estudo, podemos descrevê-la como sendo essencialmente constituída por um cilindro cónico e por um parafuso destinado a extrair os sedimentos aplicados, pela força centrífuga produzida, na parede do cilindro.

### 7.3.8 Estação Elevatória de Lamas



FIGURA XII: Estação elevatória de lamas

As estações elevatórias têm um papel fundamental no sistema de tratamento, garantindo a drenagem do efluente ao longo do sistema e permitindo controlar o caudal em pontos chaves do mesmo. A utilização das estações elevatórias permite otimizar o desenho da estação de tratamento, deixando de ser necessário a utilização de drenagem gravítica para assegurar o avanço do efluente ao longo do mesmo, no entanto, por razões operacionais e económicas, o seu uso tem de ser ponderado em relação à solução gravítica, mais barata e de fácil operação. O funcionamento das estações elevatórias é automatizado, quer em função do nível de esgoto atingido no poço de bombagem e/ou temporização. A concepção genérica das estações elevatórias é muito semelhante, diferindo essencialmente na instalação do número de grupos electrobomba, potências e dimensões dos mesmos sendo que o funcionamento dos grupos instalados é alternado em sistema de rotatividade entre eles, de forma que um seja sempre reserva mecânica activa dos restantes.

### 7.3.9 Desinfecção (por acção de radiação ultravioleta)



FIGURA XIII: Canal de desinfecção por radiação UV

A desinfecção do efluente constitui a última etapa do tratamento do mesmo e é seu objectivo o assegurar a destruição dos elementos microbianos nele contidos. O processo geralmente é concretizado num canal onde se processa a desinfecção, sendo que adição de elementos químicos ou não depende do processo utilizado conforme referido anteriormente, e o processo é concretizado com a passagem do efluente ao longo do canal. Devido à ausência de subprodutos do processo, a eliminação da necessidade do transporte, armazenamento e manuseio de produtos tóxicos e corrosivos, a não alteração das propriedades físico-químicas da água, a sua acção rápida por comparação com outros processos disponíveis e aos reduzidos problemas operacionais associados pois a sua utilização é de fácil operação e manutenção, o processo de desinfecção por acção de radiação ultravioleta têm registado uma cada vez maior utilização em comparação com os outros processos existentes, sendo que a desinfecção é realizada com a passagem do efluente pelas lâmpadas de luz ultravioleta que são colocadas ao longo do canal e submergidas no líquido. De notar que, apesar das suas vantagens, a desinfecção por radiação ultravioleta é particularmente vulnerável a qualquer fenómeno de turvação do efluente e conseqüentemente a uma deficiente operação do decantador secundário, a utilização de um filtro no início do canal de desinfecção é geralmente a solução preconizada para evitar ou reduzir esta vulnerabilidade do processo.

## 7.4 OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO

### 7.4.1 Controlo Analítico do processo de tratamento

O controlo analítico processual da ETAR abrange um conjunto de análises laboratoriais e análises a efectuar em campo, de forma a atingir a melhor performance de cada constituinte do tratamento e do sistema em geral.

Em cada constituinte do sistema devem ser realizadas análises aos parâmetros analíticos convenientes, ou, sempre que necessário, caso ocorram descargas imprevistas de efluentes ou situações anómalas quanto ao aspecto das lamas ou do líquido e ao seu comportamento.

Quando as amostras são de controlo do funcionamento de cada órgão a colheita deve ser regular e dentro das mesmas condições, mas não têm de ser necessariamente análises compostas.

A amostragem para estudar a eficiência e controlo dos parâmetros de entrada e saída da estação de tratamento terá de ser rigorosa de forma que a amostra obtida seja representativa e respeite o exigido pela legislação em vigor.

Ao longo de todo o sistema existem pontos de amostragem, as análises realizadas nesses pontos permitem caracterizar o efluente durante todo o processo de tratamento e determinar a sua qualidade assim como os rendimentos de depuração obtidos nos vários órgãos do sistema. O conhecimento prévio dos rendimentos teóricos dos vários órgãos do sistema permite determinar a qualidade expectável do efluente à saída dos mesmos e a comparação dos resultados das amostras, quer discretas quer compostas, permite comparar a qualidade real com a expectável e determinar/eliminar as causas de eventuais desvios detectados. Em seguida são apresentados dois quadros, sendo que um diz respeito aos testes expeditos a realizar diariamente na central de tratamento para a aferição do funcionamento de alguns constituintes do sistema e noutro são descritos os parâmetros analisados, os pontos de análise assim como a frequência das análises que são realizadas em laboratório acreditado para uma análise mais extensa de todo o sistema de tratamento:

Parâmetros	Afluente bruto	Tanque de arejamento	Líquido recirculado	Efluente final
pH	X	X	X	X
Temperatura	X	X	X	X
Sedimentação		X	X	
Oxigénio dissolvido		X		
Potencial Redox		X		

Quadro IX: Testes realizados diariamente na própria ETAR

Parâmetros	Obra de entrada (a)	Tanque de arejamento (a)	Decantador secundário (a)	Decantador secundário (b)	Espessador (a)	Centrífuga (a)
pH				S, 1 M		
CBO <sub>5</sub> , 20°C	E, 2 Sm	1 Sm	S, 2 Sm	S, 1 M		
CQO	E, 2 Sm	1 Sm	S, 2 Sm	S, 1 M		
SST	E/S, 2 Sm	2 Sm	S, 2 Sm	S, 1 M	E/S, 2 Sm	S, 2 Sm
SSV	E, 2 Sm	2 Sm			E/S, 2 Sm	S, 2 Sm
Óleos e gorduras	E/S, 2 Sm					
Fósforo total				S, 1 M		
Azoto total				S, 1 M		
Alumínio				S, 1 M		
Ferro total				S, 1 M		
Cobre total				S, 1 M		
Chumbo total				S, 1 M		
Mercúrio total				S, 1 M		
Níquel total				S, 1 M		
Crómio total				S, 1 M		
Crómio hexavalente				S, 1 M		
Cádmio total				S, 1 M		
Hidrocarbonetos				S, 1 M		
Cianetos				S, 1 M		
D.L nº118/2006						S, 2 A

Quadro X: Análises laboratoriais realizadas para controlo do sistema de tratamento

E – Entrada; S – Saída; E/S – Entrada e Saída

Sm – por semana; M – por mês; A – por ano

(a) – amostra pontual; (b) – amostra composta em 24 horas

As análises referidas no quadro acima com a entrada D.L nº118/2006 referem-se às análises requeridas às lamas desidratadas sendo essas lamas destinadas a uso agrícola, uma vez que a sua extensão é grande e não se referem directamente ao tema desta dissertação não são referidas na mesma.

## 7.4.2 Problemas operacionais e sua resolução

### 7.4.2.1 Câmara de Grades

Para uma correcta operação as grades devem ser limpas com uma frequência adequada, removendo os sólidos retidos, uma vez que a acumulação dos mesmos poderá bloquear a passagem do líquido e provocar a subida do nível da água a montante da grade reduzindo a eficiência do equipamento. A frequência de limpeza das grades deverá estar relacionada com o caudal afluente à estação e o intervalo de tempo entre limpezas consecutivas deverá ser estabelecido de acordo com as condições de funcionamento de cada estação.

**Problema operacional:** Existência de marcas de fricção de metal com metal

Causa possível:

A) Grade e/ou sistema de limpeza mecânica mal posicionados.

Verificação:

AA) Verificar posições relativas de grade e sistema de limpeza.

Soluções:

AAA) Ajustar posições da grade e de sistema de limpeza;

AAB) Recorrer ao fabricante.

**Problema operacional:** Mecanismo automático de limpeza não funciona

Causas possíveis:

A) Avaria no motor;

B) Mecanismo encravado ou saída de água obstruída;

C) Sistema eléctrico comprometido.

.

Verificações:

AA) Testar motor;

BA) Inspeção visual;

CA) Testar circuitos de controlo.

.

Soluções:

AAA) Reparar ou substituir motor;

BAA) Remover obstrução ou substituir/limpar saída de água;

CAA) Reparar ou substituir circuitos.

**Problema operacional:** Bloqueamento excessivo das grades

Causas possíveis:

- A) Quantidade excessiva de detritos nos esgotos em relação ao previsto;
- B) Frequência de limpeza inadequada.

.

Verificações:

- AA) Verificar espaçamento das grades e velocidade de escoamento;
- BA) Verificar frequência de limpeza.

.

Soluções:

- AAA) Aumentar espaçamento entre barras;
- AAB) Determinar a origem do esgoto que causa o problema e evitar a sua descarga;
- BAA) Aumentar frequência de limpeza.

**Problema operacional:** Existência de cheiros desagradáveis e/ou proliferação de insectos

Causa possível:

- A) Acumulação excessiva de detritos.

.

Verificações:

- AA) Verificar método e frequência de remoção de detritos;
- AB) Verificar local de recepção de detritos.

.

Soluções:

- AAA) Aumentar frequência de remoção de detritos;
- ABA) Colocar detritos removidos em recipiente adequado.

**Problema operacional:** Excesso de areia na Câmara

Causas possíveis:

- A) Velocidade de escoamento baixa;
- B) Existência de irregularidades no canal.

Verificações:

- AA) Verificar velocidade de escoamento;
- BA) Verificar regularidade do fundo.

Soluções:

- AAA) Aumentar velocidade, se possível, e aumentar a frequência de lavagem da Câmara;
- BAA) Eliminar irregularidades da soleira ou aumentar inclinação da mesma.



#### 7.4.2.2 Tamisador

Para garantir um bom funcionamento do tamisador é necessário essencialmente um cuidado periódico e regular de verificação do funcionamento do sistema de lavagem do mesmo e da sua eficácia e assegurar a ausência de acumulação de detritos a montante do tamisador e que os gradados são recolhidos de forma eficaz para não sobrecarregar o aparelho.

**Problema operacional:** Entrada de esgotos obstruída

Causas possíveis:

- A) Limpeza insuficiente;
- B) Lâminas partidas.

.

Verificação:

AA e BA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Aumentar frequência/caudal/pressão no processo de lavagem;
- BAA) Remover e substituir lâminas.

**Problema operacional:** Após trituração, existência de partículas mais grosseiras que o normal

Causas possíveis:

- A) Lâminas sem capacidade de corte;
- B) Lâminas partidas.

.

Verificação:

AA e BA) Inspeção visual.

Solução:

- AAA e BAA) Rectificar ou substituir lâminas.

**Problema operacional:** Não se processa a trituração

Causas possíveis:

- A) Avaria no motor e/ou transmissão;
- B) Mecanismo encravado;
- C) Sistema eléctrico comprometido.

Verificações:

- AA) Testar motor e/ou transmissão;
- BA) Inspecção visual;
- CA) Testar circuitos de controlo.

Soluções:

- AAA) Reparar ou substituir elemento avariado;
- BAA) Remover obstrução;
- CAA) Reparar circuitos.

### 7.4.2.3 Desarenador/Desengordurador

O bom funcionamento do desarenador/desengordurador depende essencialmente da verificação periódica do processo de remoção das areias recolhidas, de forma a evitar a sua acumulação excessiva. É necessário regular o caudal de insuflação de ar comprimido associado ao processo de remoção de gorduras assim como assegurar as condições de remoção das gorduras recolhidas ao evitar a colmatagem das tubagens.

**Problema operacional:** Reduzida turbulência do líquido no desarenador com insuflação de ar

Causas possíveis:

- A) Difusores bloqueados;
- B) Circulação de ar insuficiente.

Verificação:

AA e BA) Verificar difusores.

Soluções:

- AAA) Limpar difusores;
- BAA) Aumentar arejamento.

**Problema operacional:** Excessiva vibração na desidratação por ciclone

Causas possíveis:

- A) Caudal excessivo;
- B) Colmatagem da secção de saída das areias.

Verificações:

- AA) Medir caudal;
- BA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Reduzir caudal;
- BAA) Remover obstruções.

**Problema operacional:** Fraca eficiência na remoção de areias

Causas possíveis:

- A) Velocidade excessiva em desarenador em canal;
- B) Arejamento excessivo em desarenador com insuflação de ar;
- C) Equipamento de remoção de areias com baixo rendimento;
- D) Tempo de retenção insuficiente.

Verificações:

- AA) Medir velocidade;
- BA) Controlar arejamento;
- CA) Medir velocidade do sistema de remoção de areias;
- DA) Calcular tempo de retenção.

Soluções:

- AAA) Manter velocidade próxima de 0,3 m/s;
- BAA) Reduzir arejamento;
- CAA) Aumentar frequência e/ou velocidade do sistema de remoção de areias;
- DAA) Aumentar tempo de retenção.

**Problema operacional:** Areias removidas com cor escura, cheiro e/ou gordurosas

Causas possíveis:

- A) Circulação de ar insuficiente;
- B) Pressão inadequada na desidratação por ciclone;
- C) Tempo de retenção excessivo.

Verificações:

- AA) Medir o caudal de ar;
- BA) Controlar a pressão de descarga;
- CA) Medir velocidade de escoamento.

.

Soluções:

- AAA) Aumentar arejamento;
- BAA) Manter pressão entre 4 e 6 psi;
- CAA) Reduzir tempo de retenção, ou seja, aumentar velocidade de escoamento.

**Problema operacional:** Esgoto séptico gorduroso com libertação de bolhas gasosas e/ou cheiro a ovos podres na câmara de areias

Causas possíveis:

- A) Formação de ácido sulfídrico;
- B) Lamas no fundo da câmara de areias e/ou detritos orgânicos submersos.

Verificações:

- AA) Controlar o teor em sulfatos;
- BA) Inspeção visual de câmara de areias.

Soluções:

- AAA) Lavar câmara com solução de água e hipoclorito;
- BAA) Aumentar frequência de lavagem da câmara.

**Problema operacional:** Corrosão de metal e betão

Causa possível:

- A) Ventilação insuficiente.

Verificação:

- AA) Verificar ventilação.

Solução:

- AAA) Aumentar ventilação.

**Problema operacional:** Câmara de areias cheias em sistemas de extracção automática

Causa possível:

- A) Sobrepressão na bombagem.

Verificação:

- AA) Verificar funcionamento das bombas.

Solução:

- AAA) Ajustar controlos das bombas.

#### 7.4.2.4 Tanque de Arejamento

Para uma correcta operação do tanque de arejamento é necessário inspeccionar e regular diariamente as comportas e válvulas de admissão do efluente, bem como a descarga da lama activada para os órgãos a jusante, nomeadamente o decantador secundário. Sendo o constituinte que, em conjunto com o decantador secundário, constitui o cerne do tratamento de água residual é fundamental uma verificação diária da eficiência da difusão de ar no tanque, através do controlo do oxigénio dissolvido (conforme referido no quadro II) e, de acordo com uma observação diária, desfazer quaisquer espumas ou crostas depositadas nas paredes interiores do tanque. É fundamental uma análise regular de todo o equipamento electromecânico, com vista a detectar vibrações, temperatura ou ruídos anómalos. As várias análises diárias necessárias para a aferição do funcionamento do constituinte já são referidas no capítulo 8.4.1. É de referir que alguns dos problemas operacionais referidos abaixo se manifestam no decantador secundário, mas uma vez que estes dois constituintes têm uma actuação interdependente dentro do sistema, a verificação e resolução dos mesmos é realizada no tanque de arejamento, daí serem referidos neste capítulo.

**Problema operacional:** Existência de escumas escuras e muito estáveis no tanque de arejamento

Causas possíveis:

- A) Idade excessiva das lamas, resultando em baixos valores de OD e pH;
- B) Tempo de retenção excessivo.

Verificações:

- AA) Verificar idade das lamas;
- BA) Verificar tempo de retenção.

Soluções:

- AAA) Se idade das lamas for superior a 15 dias é necessário aumentar a descarga de lamas em excesso em 10% diariamente até se atingir um valor inferior;
- BAA) Se tempo de retenção for superior a 24 horas é necessário aumentar a extracção de lamas e reduzir tempo de retenção até se atingir um valor inferior.

**Problema operacional:** Formação de uma camada de lama escura no decantador secundário

Causa possível:

A) Arejamento insuficiente.

Verificação:

AA) Verificar se OD no tanque de arejamento se situa entre 1 a 3 mg/l.

Soluções:

AAA) Verificar perdas no sistema de arejamento, nomeadamente tubagens, e repará-las;

AAB) Aumentar arejamento, utilizando outra turbina ou aumentando o nível de água no tanque;

AAC) Limpar difusores;

AAD) Diminuição de carga utilizando outro tanque de arejamento.

**Problema operacional:** Existência de lamas à superfície do decantador secundário

Causas possíveis:

A) Predominância de organismos filamentosos no líquido (Bulking);

B) Desnitrificação no decantador secundário, as bolhas produzidas aderem às partículas de lamas provocando a sua ascensão.

Verificações:

AA) Exame microscópico para determinar a existência de organismos filamentosos;

BA) Verificar concentração de nitratos no decantador secundário.

Soluções:

AAA) Elevar o pH;

AAB) Adicionar entre 5 a 60 mg/l de cloro às lamas recirculadas até IM <150;

AAC) Adicionar entre 50 a 200 mg/l de peróxido de hidrogénio até IM <150;

AAD) Aumentar idade das lamas;

AAE e BAA) Aumentar a recirculação de lamas;

AAF e BAB) Aumentar o oxigénio dissolvido no tanque de arejamento, se for menor que 1 mg/l;

BAC) Reduzir idade das lamas;

BAD) Aumentar nutrientes de modo a que a relação CBO/nutrientes não seja superior a 100 mg/l CBO para 5 mg/l de azoto total e 1 mg/l de fósforo e manter o mínimo de OD no tanque de arejamento em 1 mg/l.

IM = Índice de Mohlman

**Problema operacional:** Presença de bolhas de ar de grandes dimensões no arejamento por difusão

Causa possível:

A) Difusores obstruídos.

Verificação:

AA) Inspeccionar sistema de distribuição de ar.

Soluções:

AAA) Limpeza dos difusores;

AAB) Instalação de filtros de ar.

**Problema operacional:** Existência de espuma branca e espessa no tanque de arejamento

Causa possível:

A) Matéria total em suspensão muito baixa.

Verificação:

AA) Verificar matéria total em suspensão (SST e SSV).

Solução:

AAA) Diminuir extração de lamas para aumentar a matéria em suspensão.

**Problema operacional:** Grande turbulência na superfície do tanque de arejamento com destruição de flocos

Causa possível:

A) Sobre-arejamento, dando origem a elevado teor em OD;

Verificação:

AA) Verificar OD no tanque de arejamento;

Solução:

AAA) Reduzir arejamento, de forma a manter OD com valores entre 1 e 3 mg/l.



**Problema operacional:** Líquido no tanque com pH inferior a 6.7, lamas menos densas

Causas possíveis:

- A) Ocorrência de nitrificação da mistura;
- B) Afluência de águas residuais ácidas.

Verificações:

- AA) Verificar o teor de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e a alcalinidade do afluente;
- BA) Determinar pH do afluente.

Soluções:

- AAA) Reduzir idade das lamas, aumentando a sua extracção;
- BAA) Determinar a sua origem e interromper a sua afluência;
- BAB) Reduzir previamente a sua acidez.

**Problema operacional:** Pontos mortos e falta de agitação em áreas do tanque

Causas possíveis:

- A) Reduzido arejamento;
- B) Interrupção de fluxos dentro do tanque.

Verificações:

- AA) Verificar OD no tanque de arejamento;
- BA) Verificar difusores.

Soluções:

- AAA) Aumentar arejamento até OD ter valores entre 1 a 3 mg/l e assegurar uma mistura adequada da massa líquida;
- BAA) Reparar e/ou desobstruir difusores.

**Problema operacional:** Incremento de arejamento sem alteração da carga orgânica e sem atingir OD pretendido

Causas possíveis:

- A) Perdas ou obstruções no sistema de arejamento;
- B) Deficiente colocação dos difusores.

.

Verificações:

- AA) Verificar sistema de arejamento;
- BA) Verificar difusores.

Soluções:

- AAA) Reparar sistema de arejamento e/ou apertar parafusos das flanges e vedar ligações do mesmo;
- BAA) Reparar e/ou desobstruir difusores.

**Problema operacional:** Concentração de lamas recirculadas é baixa (< 8000 mg/l)

Causas possíveis:

- A) Excessiva recirculação de lamas;
- B) Entrada de esgoto ácido no sistema;
- C) Predominância de Actino-micetos.

Verificações:

- AA) Verificar sólidos suspensos e sedimentáveis;
- BA) Controlo do pH do afluente;
- CA) Exames microscópicos e controlo de OD, pH e nutrientes.

Soluções:

- AAA) Reduzir recirculação de lamas;
- BAA) Aumentar OD, pH e teor em azoto;
- CAA) Aumentar teor de ferro dissolvido se este for inferior a 5 mg/l.

**Problema operacional:** Baixo teor de oxigénio dissolvido, embora o fornecimento de ar seja grande

Causas possíveis:

- A) Sistema de arejamento inadequado;
- B) Carga orgânica demasiado elevada.

Verificação:

AA e BA) Verificar sistema de arejamento.

Soluções:

- AAA) Aumentar nº de arejadores mecânicos;
- BAA) Colocar outro tanque de arejamento em serviço.

**Problema operacional:** Flocos de reduzida dimensão no efluente do decantador secundário, causam turvação embora efluente tenha boa qualidade

Causas possíveis:

- A) Turbulência excessiva no tanque de arejamento;
- B) Lamas sobre oxidadas;
- C) Condições anaeróbicas no tanque de arejamento;
- D) Sobrecarga tóxica;
- E) Excessiva carga de sólidos no decantador.

Verificações:

- AA) Verificar se OD no tanque de arejamento se situa entre 1 a 3 mg/l;
- BA) Aparência das lamas;
- CA) Verificar se OD no tanque de arejamento se situa entre 1 a 3 mg/l;
- DA) Exame microscópico para detectar protozoários inactivos;
- EA) Verificar se carga de sólidos superficial ultrapassa 7 kg/m<sup>2</sup>.hora.

Soluções:

- AAA) Reduzir agitação no tanque de arejamento;
- BAA) Reduzir idade das lamas;
- CAA) Aumentar o OD no tanque de arejamento;
- DAA) Introduzir lamas de outra estação;
- EAA) Aumentar extracção de lamas do sistema.

#### 7.4.2.5 Decantador Secundário

Para garantir um bom funcionamento do decantador secundário e a sua conservação adequada é necessário um cuidado diário com a limpeza de caleiras e descarregadores, de forma a manter uma distribuição e descarga uniforme e homogénea, uma inspecção visual diária da superfície do decantador de forma a aferir condições de funcionamento, nomeadamente formação de bolhas ou arrastamento de lamas de fundo e capacidade de recolha de flotantes pelos raspadores de superfície e regulação do canal de recirculação assim como a execução, com a periodicidade necessária, de purgas de lamas em excesso para o espessador. Como com todos os constituintes em que existem elementos electromecânicos necessários à sua função, é necessário assegurar a lubrificação dos mesmos assim como um controle de ruídos, temperaturas ou vibrações anómalas.

**Problema operacional:** Existência de lamas à superfície

Causas possíveis:

- A) Recirculação de lamas activadas nitrificadas;
- B) Decomposição de lamas no próprio decantador;
- C) Conduta de extracção de lamas obstruída;
- D) Deflector de entrada danificado ou inexistente;
- E) Raspadores gastos ou danificados.

Verificações:

- AA) Determinar o teor em nitratos no efluente, verificar se é elevado;
- BA) Inspeção visual da superfície;
- CA) Verificação da existência de descarga de lamas;
- DA) Inspeção visual do deflector;
- EA) Inspeção visual dos raspadores.

Soluções:

- AAA) Reduzir idade das lamas secundárias ou não conduzir lamas secundárias para o tanque de arejamento;
- BAA) Aumentar caudal de descarga de lamas e/ou frequência de remoção das mesmas;
- CAA) Limpar conduta;
- DAA) Reparar ou substituir deflector;
- EAA) Reparar ou substituir raspadores.

**Problema operacional:** Águas residuais sépticas e/ou com mau cheiro

Causas possíveis:

- A) Operação de remoção de lamas insuficiente;
- B) Conduta de extracção de lamas obstruída;
- C) Recirculação excessiva do sobrenadante do digestor;
- D) Decomposição de esgoto na rede de drenagem.

Verificações:

- AA) Verificar se a concentração de lamas é elevada;
- BA) Verificar existência de descarga de lamas;
- CA) Controlar quantidade e/ou qualidade do sobrenadante do digestor;
- DA) Determinar tempo de retenção e/ou velocidade de escoamento no sistema de drenagem.

Soluções:

- AAA) Aumentar frequência e/ou duração dos períodos de descarga de lamas;
- BAA) Limpar conduta;
- CAA) Reduzir caudal de sobrenadante;
- DAA) Fazer cloragem do sistema de drenagem.

**Problema operacional:** Excesso de escumas

Causas possíveis:

- A) Frequência de remoção de escumas insuficiente;
- B) Lâmina de remoção de escumas danificada;
- C) Alinhamento incorrecto do sistema de remoção de escumas.

Verificações:

- AA) Controlar período de remoção de escumas;
- BA e CA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Aumentar frequência de remoção de escumas;
- BAA) Limpar/Reparar ou substituir lâmina de remoção de escumas;
- CAA) Rectificar alinhamento.

**Problema operacional:** Funcionamento irregular da ponte raspadora/do sistema de extracção de lamas

Causas possíveis:

- A) Acumulação excessiva de lamas;
- B) Existência de detritos em volta da lâmina raspadora;
- C) Ponte raspadora danificada.

Verificações:

- AA) Medir a altura de lamas no fundo do decantador, por meio de sonda ou de amostrador;
- BA) Verificar funcionamento de ponte raspadora e de sistema de extracção de lamas;
- CA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Aumentar frequência de remoção de lamas;
- BAA) Remover detritos e obstruções;
- CAA) Reparar ou substituir ponte raspadora.

**Problema operacional:** Dificuldade na remoção de lamas sedimentadas

Causas possíveis:

- A) Acumulação excessiva de areias, argila e outros materiais facilmente compactáveis, criando lamas muito espessas e densas;
- B) Baixa velocidade na conduta de extracção de lamas.

Verificações:

- AA) Verificar a operação de remoção de areias;
- BA) Medir a velocidade de extracção de lamas.

Soluções:

- AAA) Melhorar eficiência do desarenador;
- BAA) Limpar conduta;
- BAB) Aumentar velocidade de extracção de lamas com uso da válvula de descarga.

**Problema operacional:** Baixo teor de sólidos nas lamas

Causas possíveis:

- A) Sobrecarga hidráulica;
- B) Perturbação dos fluxos no decantador;
- C) Excessiva bombagem das lamas.

Verificações:

- AA) Medir o caudal afluyente;
- BA) Verificar com traçadores, inspeção visual com introdução de líquidos corantes;
- CA) Verificar a frequência e duração da descarga de lamas e a concentração de sólidos em suspensão.

Soluções:

- AAA) Distribuição do caudal pelos decantadores, no caso de haver mais que um;
- BAA) Alterar disposição dos descarregadores;
- BAB) Reparar/substituir deflectores;
- CAA) Reduzir frequência e duração das descargas.

**Problema operacional:** Turbulência na massa líquida

Causa possível:

- A) Bombagem deficiente do afluyente.

Verificação:

- AA) Verificar períodos e/ou duração de bombagem.

Solução:

- AAA) Ajustar períodos e/ou duração de bombagem.

**Problema operacional:** Sedimentação excessiva no canal de alimentação do decantador

Causa possível:

A) Velocidade de escoamento insuficiente.

Verificação:

AA) Medir velocidade de escoamento.

Soluções:

AAA) Aumentar velocidade de escoamento;

AAB) Aumentar frequência de lavagem do canal.

**Problema operacional:** Lamas homogêneas mas com aspecto fofo em algumas zonas da superfície do decantador secundário. Teste de sedimentação revela pequenos flocos no sobrenadante

Causa possível:

A) Tanque de arejamento com fraca concentração de SST, dando origem a lamas jovens com baixa densidade.

Verificação:

AA) Verificar se no tanque de arejamento houve diminuição de concentração em SSV, diminuição do tempo de retenção médio, aumento da razão  $CBO_5/SSV$ , aumento do oxigênio dissolvido.

Solução:

AAA) Reduzir descargas de lamas em 10%, até que concentração de SSV se aproxime dos valores normais.

**Problema operacional:** Crescimento excessivo de algas nas paredes e descarregadores

Causa possível:

A) Acumulação de matéria orgânica.

Verificação:

AA) Inspeção Visual.

Solução:

AAA) Aumentar frequência de limpeza das superfícies;

AAB) Pré-cloragem e raspagem das superfícies com maior frequência.



**Problema operacional:** Curto-circuito do caudal através do decantador

Causas possíveis:

- A) Carga hidráulica excessiva;
- B) Descarregadores desnivelados;
- C) Mau funcionamento do equipamento;
- D) Tempo de retenção reduzido devido à acumulação de sólidos e areias no fundo.

Verificações:

- AA) Calcular carga hidráulica superficial;
- BA e CA) Inspeção Visual;
- DA) Inspeção por meio de amostra e de sonda.

Soluções:

- AAA) Distribuição do caudal pelos decantadores, no caso de haver mais que um;
- BAA) Nivelar descarregadores;
- CAA) Reparar ou substituir equipamento danificado;
- DAA) Remover a acumulação excessiva de sólidos e melhorar eficiência do desarenador.

**Problema operacional:** Lamas a transbordar uniformemente pelos descarregadores do decantador

Causas possíveis:

- A) Extracção de lamas insuficiente;
- B) Carga hidráulica superficial excessiva;
- C) Caudais de ponta afogam os descarregadores.

Verificações:

- AA) Verificar o funcionamento da bomba de recirculação/extracção de lamas;
- AB) Verificar profundidade das lamas;
- BA) Determinar a carga hidráulica e medir o caudal distribuído para cada decantador;
- CA) Calcular carga hidráulica em condições de ponta;

Soluções:

- AAA) Limpeza da conduta de extracção de lamas e/ou reparar bomba de recirculação/extracção;
- ABA) Aumentar recirculação e /ou extracção de lamas e controlar espessura da camada de lamas entre trinta e noventa cm;
- BAA) Distribuição do caudal pelos decantadores, no caso de haver mais que um;
- CAA) Se carga hidráulica de ponta superior a  $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , construir tanque de regularização de caudais.

**Problema operacional:** Pequenas partículas semelhantes à cinza à superfície do decantador

Causas possíveis:

- A) Início da desnitrificação;
- B) Quantidade excessiva de gorduras no tanque de arejamento.

Verificações:

- AA) Efectuar testes de sedimentação. Agitar a superfície após 30 minutos;
- BA) Efectuar a análise de gorduras no líquido do tanque de arejamento e verificar se há acumulação de gorduras nos descarregadores.

Soluções:

- AAA) Manter OD entre 1 e 3 mg/l e garantir uma agitação adequada no tanque de arejamento;
- BAA) Se o teor em gorduras for significativo, instalar raspadores de superfície no decantador primário ou construir um desoleador/desengordurador à entrada da estação.

**Problema operacional:** Destruição de flocos no decantador

Causas possíveis:

- A) Esgotos tóxicos ou ácidos;
- B) Condições anaeróbias no tanque de arejamento;
- C) Tanque de arejamento sobrecarregado;
- D) Carência de nutrientes: fósforo e/ou azoto;
- E) Turbulência excessiva do líquido.

Verificações:

- AA) Verificar se o efluente secundário apresenta turvação uniforme;
- BA) Medir o oxigénio dissolvido no tanque de arejamento;
- CA) Calcular carga volúmica ( $\text{Kg CBO}_5/\text{m}^3/\text{d}$ );
- DA) Medir as concentrações de  $\text{CBO}_5$ , Fósforo e Azoto;
- EAA) Medir o oxigénio dissolvido e comprovar a agitação no tanque de arejamento.

Soluções:

- AAA) Evitar ou reduzir a afluência de esgotos industriais;
- BAA) Aumentar a insuflação de ar no tanque de arejamento;
- CAA) Pôr outro tanque de arejamento em serviço;
- DAA) Adição de nutrientes, usando adubo, por exemplo;
- EAA) Reduzir a agitação.

**Problema operacional:** Lamas homogêneas em algumas zonas da superfície do decantador secundário. Teste revela boas características de sedimentação, com sobrenadante clarificado

Causas possíveis:

- A) Mau funcionamento do equipamento;
- B) Arrastamento de sólidos devido a uma sobrecarga hidráulica;
- C) Ocorrência de desnitrificação, libertação de bolhas gasosas com arrastamento dos flocos para a superfície;
- D) Diferença significativa de temperatura dentro do decantador com o diferencial entre a superfície e o fundo a exceder os 2 graus.

Verificações:

- AA) Agitação excessiva no tanque de arejamento e deficiente em algumas zonas do tanque, verificar o sistema de arejamento e medir o oxigénio dissolvido;
- AB) Calibrar os medidores de caudal. Verificar se as bombas ou condutas de recirculação e extração de lamas estão obstruídas e o funcionamento da ponte raspadora;
- AC) Verificar a frequência de remoção de lamas e a espessura de lamas no decantador;
- BA) Verificar tempos de retenção hidráulica no tanque de arejamento e no decantador secundário assim como carga superficial no decantador e idade das lamas;
- CA) Realizar testes de sedimentação de lamas. Após lamas estarem no fundo, verificar se existe libertação de bolhas quando se agita ligeiramente à superfície. Se houver libertação de bolhas, verificar se houve aumento do teor em nitratos no efluente secundário;
- DA) Determinar os perfis da temperatura e de oxigénio dissolvido, no decantador secundário;
- DB) Verificar os deflectores de entrada e de saída do decantador.

Soluções:

- AAA) Reduzir insuflação de ar;
- ABA) Reparar ou substituir equipamento danificado;
- ACA) Ajustar caudal de recirculação de lamas e velocidade da ponte raspadora, de modo a manter uma espessura de lamas entre 30 a 90 cm no decantador;
- BAA) Alterar razão de recirculação de lamas de modo a manter uma espessura de 30 a 90 cm no decantador;
- CAA) Aumentar a insuflação de ar no tanque de arejamento, de forma a aumentar o oxigénio dissolvido;
- DAA) Colocar outro decantador em serviço;
- DBA) Modificar e/ou instalar deflectores adicionais.

**Problema operacional:** Lamas homogéneas cobrindo quase totalmente a superfície do decantador. As lamas sedimentam mal e lentamente. O sobrenadante apresenta-se razoavelmente clarificado

Causas possíveis:

- A) Presença de organismos filamentosos;
- B) Os valores de carga orgânica, no tanque de arejamento, não são os adequados;
- C) Carência de nutrientes no esgoto;
- D) Baixo teor em oxigénio dissolvido no tanque de arejamento;
- E) O pH no tanque de arejamento é menor do que 6,5.

Verificações:

- AA) Proceder a exame microscópico de uma amostra de líquido do tanque de arejamento e de uma amostra de lamas recirculadas. Identificar o tipo de organismos, e se são fungos ou bactérias;
- BA) Verificar se no tanque de arejamento houve diminuição de concentração em SSV ou do tempo de retenção médio, aumento da razão  $CBO_5/SSV$ , alteração do níveis do oxigénio dissolvido, aumento brusco do índice de volume de lamas (IM), ou diminuição do índice de densidade de lamas;
- CA) Verificar o teor de nutrientes no esgoto afluyente. A relação  $CBO/nutrientes$  deverá ser 100 de  $CBO_5$  para, 5 de azoto total, 1 de fósforo, 0,5 de ferro;
- DA) Medir o teor de oxigénio dissolvido em vários pontos do tanque de arejamento;
- EA) Verificar o pH do afluyente à ETAR;
- EB) Verificar se ocorre nitrificação devido à alta temperatura do esgoto ou à baixa carga mássica.

Soluções:

- AAA) Se forem identificados fungos, é necessário efectuar a cloragem das lamas recirculadas com 2 ou 3 g/KgSSV/dia;
- AAB) Se forem identificadas bactérias, é necessário efectuar a cloragem do caudal afluyente com uma dose de 5 a 10 mg/l. Aumentar a dosagem em quantidades de 1 a 2 mg/l, se necessário;
- BAA) Reduzir descargas de lamas em 10%, até que concentração de SSV se aproxime dos valores normais;
- BAB) Aumentar a razão de recirculação de lamas para o arrastamento superficial de sólidos no decantador diminuir, até que parâmetros de controlo tenham valores adequados;
- CAA) Se o teor em nutrientes não for suficiente, devem ser realizados testes no afluyente de forma a acrescentar azoto na forma de amónia anidro, fósforo sobre a forma de fosfato trisódico e/ou ferro sobre a forma de cloreto de ferro. Para aferir as quantidades de nutrientes proceder a testes de sedimentação;
- DAA) Se a média dos valores de oxigénio dissolvido for menor que 0,5 mg/l, aumentar o arejamento até que o oxigénio dissolvido médio esteja entre 1 a 3 mg/l;
- DAB) Se os teores de OD são próximos de zero em alguns pontos do tanque de arejamento, e de 1mg/l ou mais, noutros, calibrar o sistema de insuflação de ar ou limpar os difusores;

EAA) Aumentar o pH, adicionando um agente alcalino, tal como a soda cáustica ou cal, no afluente ao tanque de arejamento;

EBA) Se a nitrificação não for necessária, aumentar diariamente de 10% a extracção de lamas em excesso;

EBB) Se a nitrificação for necessária, aumentar o pH, adicionando um agente alcalino, tal como a soda cáustica ou a cal, no afluente ao tanque de arejamento.

**Problema operacional:** Pedacos de lamas de cerca de 2 cm, por todo o decantador e arrastamento através dos descarregadores. Teste de sedimentação revela razoável sedimentação, as lamas não compactam bem no fundo, existindo flocos suspensos

Causa possível:

A) Tanque de arejamento com concentração baixa em SST devido à alteração da carga orgânica.

Verificações:

AA) Verificar se houve no tanque de arejamento uma diminuição em SSV, no tempo de retenção médio, aumento da razão  $CBO_5/SSV$ , aumento do teor de oxigénio dissolvido, aumento da extracção de lamas em excesso, aumento ou diminuição da carga orgânica e redução da idade das lamas;

AB) Verificar se à formação de espuma no tanque de arejamento.

Soluções:

AAA) Reduzir a extracção de lamas em excesso em 10%, até que concentração de SSV se aproxime dos valores normais;

ABA) Ajustar a razão de recirculação de lamas de modo a manter uma espessura de lamas, no decantador, entre 30 e 90 cm;

ABB) Reduzir a concentração de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento para valores compreendidos entre 1 e 3 mg/l.

**Problema operacional:** Corrosão excessiva

Causa possível:

A) Esgotos sépticos.

Verificação:

AA) Verificação de cor e cheiro de esgoto.

Solução:

AAA) Proteger superfícies com tinta resistente à corrosão.

**Problema operacional:** Subida de lamas em flocos que vão desde uma bola de golfe a uma de ténis e dispersão pela superfície do decantador; teste de sedimentação revela boa sedimentação com parte das lamas sedimentadas a subir à superfície horas após início do teste

Causa possível:

A) Desnitrificação no decantador.

Verificações:

AA) Verificar se o teor de nitratos no efluente secundário aumentou;

AB) Verificar o teor em oxigénio dissolvido e a temperatura no tanque de arejamento;

AC) Controlar a razão de recirculação de lamas e a espessura de lamas no decantador.

Soluções:

AAA) Aumentar diariamente em 10% a extracção de lamas em excesso, de forma que os seguintes parâmetros apresentem valores normais: tempo de retenção no tanque de arejamento, idade das lamas e carga mássica;

ABA) Manter oxigénio dissolvido mínimo entre 1 e 2 mg/l e garantir uma agitação adequada no tanque de arejamento;

ACA) Ajustar a razão de recirculação de lamas de modo a manter uma espessura de lamas, no decantador, entre 80 e 90 cm

**Problema operacional:** Flocos finos (tamanho de cabeça de alfinete) dispersos no decantador, aglomerados em algumas zonas e transbordando sobre os descarregadores. Teste de sedimentação revela razoável sedimentação; lamas densas no fundo e partículas finas de flocos suspensos no sobrenadante

Causa possível:

A) Tanque de arejamento com uma concentração muito elevada de lamas devido à existência de lamas velhas no sistema.

Verificação:

AA) Verificar se no tanque de arejamento houve aumento em SSV, aumento do tempo de retenção médio; diminuição da razão CBO5/SSV, níveis de OD a manterem-se com o aumento do arejamento, diminuição da extracção de lamas em excesso, diminuição da carga orgânica.

Solução:

AAA) Aumentar diariamente em 10% a extracção de lamas em excesso, de forma que os seguintes parâmetros apresentem valores normais: tempo de retenção no tanque de arejamento, idade das lamas e carga mássica.

**Problema operacional:** Efluente do decantador apresenta-se turvo e contém sólidos em suspensão.  
Teste de sedimentação revela má sedimentação e sobrenadante turvo

Causas possíveis:

- A) Baixo teor em SSV no tanque de arejamento;
- B) Aumento da carga orgânica;
- C) Aumento de cargas tóxicas;
- D) Sobre-arejamento no tanque causa a destruição dos flocos.

Verificações:

- AA) Verificar matéria total em suspensão (SST e SSV);
- BA) Analisar líquido do tanque de arejamento e lamas recirculadas. Verificar a presença de protozoários e determinar a carga orgânica afluyente e o oxigénio dissolvido no tanque de arejamento;
- CA) Analisar líquido do tanque de arejamento e lamas recirculadas. Verificar presença de protozoários inactivos;
- DA) Analisar líquido do tanque de arejamento e lamas recirculadas. Verificar a presença de protozoários activos e o oxigénio dissolvido no tanque de arejamento.

Soluções:

- AAA) Reduzir extracção de lamas em excesso;
- BAA) Inexistência de protozoários no líquido do tanque de arejamento e/ou nas lamas recirculadas, é necessário reduzir a extracção de lamas em excesso (máximo de 10% por dia) e aumentar a razão de recirculação de lamas, de modo a manter uma espessura entre 30 a 90 cm;
- BAB) Existência de protozoários no líquido do tanque de arejamento e/ou nas lamas recirculadas, trata-se de um problema de sobrearejamento e é necessário ajustar o afluxo de ar de forma a manter o oxigénio dissolvido compreendido entre 1 e 3 mg/l;
- CAA) Se os protozoários estão inactivos houve uma descarga tóxica e é necessário substituir parte das lamas activadas por outras de outra estação;
- DAA) Reduzir a concentração de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento para valores compreendidos entre 1 e 3 mg/l.

#### 7.4.2.6 Espessador de lammas

Para garantir um bom funcionamento do espessador de lammas é necessário essencialmente um cuidado com a lavagem do mesmo, o controlo das superfícies e a regular vistoria dos descarregadores e das válvulas a eles associados, no caso de existir uma ponte raspadora a manutenção cuidada da mesma, com o cumprimento do plano de manutenção no que diz respeito à lubrificação dos seus componentes deverá ser suficiente para assegurar um funcionamento regular de todo o sistema.

**Problema operacional:** Curto-circuito hidráulico

Causas possíveis:

- A) Disposição não uniforme dos descarregadores;
- B) Deflectores de entrada danificados.

Verificações:

- AA) Verificar a disposição da descarga da ponte raspadora;
- BA) Verificar se os deflectores estão danificados.

Soluções:

- AAA) Nivelar e corrigir a disposição dos descarregadores;
- BAA) Reparar e/ou substituir os deflectores.

**Problema operacional:** Lammas espessadas muito diluídas

Causas possíveis:

- A) Descarga de fundo muito elevada;
- B) Carga hidráulica superficial muito elevada;
- C) Curto-circuito do caudal através do espessador.

Verificações:

- AA) Verificar se a altura mínima de lammas é 90 cm;
- BA) Determinar a carga hidráulica superficial;
- CA) Observação Visual da superfície do tanque. Verificar se a descarga de sólidos sobre os descarregadores é uniforme.

Soluções:

- AAA) Diminuir a extracção de lammas;
- BAA) Reduzir o caudal de afluentes de lammas, caso seja superior a  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ;
- CAA) Nivelar e fixar os descarregadores e/ou reparar os reflectores.



**Problema operacional:** Cheiro séptico, subida de lamas

Causas possíveis:

- A) Caudal de extracção de lamas é muito baixo;
- B) Carga hidráulica superficial muito baixa.

Verificações:

- AA) Verificar se a altura de lamas é superior a 1,2 m;
- BA) Determinar a carga hidráulica superficial. Manter uma carga mínima de  $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .

Soluções:

- AAA) Aumentar a extracção de lamas;
- BAA) Aumentar o caudal afluente ao espessador, parte do efluente secundário pode ser bombeado para o espessador;
- BAB) Clorar o afluente ao espessador de forma a manter uma concentração mínima de cloro residual de  $1 \text{ mgCl/l}$  no efluente;
- BAC) Injectar ar 30-60 m abaixo da superfície.

**Problema operacional:** Sobrebinário no equipamento de colecta de lamas

Causas possíveis:

- A) Sobrecarga da ponte por acumulação de lamas motivada por paragem do equipamento;
- B) Prisão do raspador de fundo por objectos estranhos.

Verificações:

- AA) Medir a altura da camada de lamas e determinar a sua concentração;
- BA) Por meio de uma vara determinar a localização desses objectos.

Soluções:

- AAA) Remover lamas com vara ou por meio de um jacto de água;
- BAA) Remover objectos estranhos, se possível, sem esvaziar o tanque.

**Problema operacional:** Colectores de lamas e bombas obstruídos

Causas possíveis:

- A) Concentração excessiva de lamas;
- B) Baixa velocidade na condução de extracção de lamas.

Verificações:

- AA) Determinar a concentração das lamas e controlar a frequência das descargas;
- BA) Controlar a velocidade de extracção de lamas.

Soluções:

- AAA) Lavar as condutas com água, assegurando a abertura completa de todas as válvulas;
- BAA) Aumentar a velocidade de extracção de lamas por manobra da válvula de descarga.

**Problema operacional:** Correntes do raspador partidas e mau funcionamento da transmissão

Causas possíveis:

- A) Incorrecto alinhamento do sistema de arraste;
- B) Carga de lamas demasiado elevada para a ponte raspadora.

Verificações:

- AA) Verificar dimensões e modo de funcionamento do sistema de arrastamento;
- BA) Controlar a altura das lamas.

Soluções:

- AAA) Proceder às alterações de equipamento necessárias;
- BAA) Remover as lamas com maior frequência.

**Problema operacional:** Crescimento excessivo de algas nos descarregadores

Causa possível:

- A) Acumulação de sólidos nos descarregadores.

Verificação:

- AA) Inspeção visual.

Solução:

- AAA) Aumentar frequência de limpeza de descarregadores.

#### 7.4.2.7 Estações Elevatórias

As estações elevatórias, para o seu correcto funcionamento, obrigam a cuidados de monitorização e manutenção que se prendem predominantemente com uma atenção aos mecanismos de arranque e paragem das bombas assim como uma limpeza cuidada e com a periodicidade necessária das bóias ou sondas de nível, a remoção dos detritos acumulados nos poços de bombagem e a limpeza periódica das paredes dos mesmos. Todo o sistema eléctrico, quer de alimentação quer de controlo, é fonte de grande parte dos problemas operacionais deste constituinte do sistema mas a sua análise não está dentro do âmbito desta dissertação ficando, no entanto, aqui a referência à sua existência.

**Problema operacional:** Grupo electrobomba não arranca

Causas possíveis:

- A) Defeito no circuito de controlo (arrancador, cabos eléctricos ou sonda);
- B) Defeito no motor;
- C) Bomba obstruída ou válvula fechada.

Verificações:

- AA) Usar um medidor para testar os circuitos de ligação;
- BA) Verificar o motor;
- CA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Substituir as partes com defeito;
- BAA) Substituir o motor;
- CAA) Remover a obstrução.

**Problema operacional:** Bomba ou tubagem de aspiração obstruídas

Causa possível:

- A) Acumulação de gorduras.

Verificação:

- AA) Verificar as gorduras acumuladas nas paredes do poço de aspiração.

Solução:

- AAA) Aumentar frequência de limpeza das paredes e fundo do poço de aspiração.

**Problema operacional:** Efluente escuro e existência de mau cheiro

Causas possíveis:

- A) Mau funcionamento do equipamento;
- B) Obstruções no sistema de colectores.

Verificações:

- AA) Verificar funcionamento do equipamento;
- BA) Verificar velocidade de escoamento nos colectores.

Soluções:

- AAA) Reparar estação elevatória;
- BAA) Limpar colectores.

**Problema operacional:** Desgaste excessivo das bombas

Causa possível:

- A) Acumulação de areias no poço de aspiração.

Verificação:

- AA) Verificar a erosão, a corrosão e o teor em sólidos flutuantes.

Solução:

- AAA) Remover areia do poço de aspiração.

**Problema operacional:** Ocorrência de Golpe de Aríete

Causas possíveis:

- A) Deficiência do dispositivo de protecção;
- B) Protecção insuficiente.

Verificações:

- AA e BA) Verificar condições hidráulicas de escoamento.

Soluções:

- AAA) Reparar e/ou substituir equipamento de protecção;
- BAA) Reduzir o caudal das válvulas.

**Problema operacional:** Lamas bombadas muito diluídas

Causas possíveis:

- A) Incorrecta localização dos pontos de aspiração;
- B) Válvulas da conduta de aspiração pouco aberta ou velocidade de aspiração baixa.

Verificações:

AA e BA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Localizar correctamente pontos de aspiração;
- BAA) Aumentar velocidade de aspiração.

**Problema operacional:** Aumento do consumo de energia

Causas possíveis:

- A) Bomba obstruída;
- B) Veios desalinhados.

Verificações:

- AA) Verificar volume diário e caudal máximo e mínimo;
- BA) Verificar alinhamento dos veios.

Soluções:

- AAA) Remover a obstrução da bomba;
- BAA) Realinhar veios.

**Problema operacional:** Níveis incorrectos no tanque de aspiração

Causas possíveis:

- A) Sondas recobertas e/ou presas com detritos ou danificadas;
- B) Entupimento no borbulhador.

Verificações:

AA e BA) Inspeção visual.

Soluções:

- AAA) Limpar e/ou reparar sondas;
- BAA) Limpar borbulhador.

**Problema operacional:** Grupo electrobomba arranca mas eleva um caudal menor que o esperado

Causas possíveis:

- A) Bomba não escorvada;
- B) Impulsor obstruído;
- C) Válvula parcialmente aberta.

Verificações:

- AA) Tubos de escorvar;
- BA) Verificar obstruções;
- CA) Verificar válvulas.

Soluções:

- AAA) Remover ar;
- BAA) Remover obstruções;
- CAA) Abrir completamente as válvulas.

**Problema operacional:** Caudal afluyente intermitente ou com oscilações

Causas possíveis:

- A) Sensor com afinação inadequada;
- B) Ligações ilegais ao sistema;
- C) Capacidade hidráulica da estação excedida;
- D) Entrada de águas pluviais através de câmaras de visita ou de colectores partidos.

Verificações:

- AA) Testar o grau de afinação do sensor;
- BA) Verificar ligações aos colectores;
- CA) Testar a capacidade de projecto;
- DA) Verificar a vedação das tampas das câmaras de visita e os colectores.

Soluções:

- AAA) Afinar e calibrar sensores;
- BAA) Interromper ligações ilegais;
- CAA) Colocar em uso um tanque de regularização hidráulica;
- DAA) Vedar e reparar eventuais fendas nas câmaras de visita ou colectores.

#### 7.4.2.8 Centrífugas (Desidratação mecânica das lamas)

A centrífuga é um equipamento complexo e é essencial garantir a lubrificação da mesma obedecendo às recomendações do fabricante pois é um equipamento que trabalha a velocidades elevadas e muito sensível a qualquer fricção. Durante a sua utilização é necessário estar atento a repentinas alterações de binários e à produção de qualquer vibração ou ruído anormal assim como à temperatura de funcionamento do equipamento e se a mesma está dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante. Após a utilização da máquina e com ela desligada é preciso limpar cuidadosamente a mesma para evitar o seu arranque com um excesso de produto e pela mesma razão verificar que a conduta de alimentação está correctamente fechada de forma a não existir nenhum escorrimento de produto quando ela está desligada. É periodicamente necessário analisar as peças que a constituem por sinais de abrasão ou depósito de materiais e verificar o aperto de todas as cavilhas, porcas, tubos de ligação, transmissão, etc.

**Problema operacional:** Rejeitado pouco clarificado

Causas possíveis:

- A) Estabilização química;
- B) Velocidade de alimentação elevada;
- C) Baixa profundidade do reservatório;
- D) Desgaste do parafuso transportador;
- E) Velocidade demasiado elevada;
- F) Excessiva alimentação de sólidos.

Verificações:

- AA) Verificar caudal;
- BA) Formação de represas;
- CA) Vibrações e formação de excessivos sólidos na centrífuga;
- DA) Verificar correia de transmissão;
- EA) Testar quantidade de alimentação de lamas de forma a ser menor que 40% do volume;
- FA) Verificar dosagem do polímero introduzido.

Soluções:

- AAA) Redução de caudal;
- BAA) Aumento da profundidade do reservatório para melhorar a claridade;
- CAA) Reparar e/ou substituir parafuso transportador;
- DAA) Mudar posição de correia de transmissão para redução de velocidade;
- EAA) Diluir a alimentação de lamas;
- FAA) Modificar dosagem do polímero.

**Problema operacional:** Lamas finais muito húmidas

Causas possíveis:

- A) Alimentação de lamas excessiva;
- B) Alta profundidade da cuba;
- C) Velocidade muito reduzida;
- D) Excessiva alimentação de polielectrólito.

Verificações:

- AA) Verificar caudal;
- BA) Formação de represas;
- CA) Verificar correia de transmissão;
- DA) Verificar dosagem do polielectrólito.

Soluções:

- AAA) Redução de caudal;
- BAA) Reduzir profundidade da cuba para melhorar secagem;
- CAA) Mudar posição de correia de transmissão para aumento de velocidade;
- DAA) Diminuir dosagem do mesmo.

**Problema operacional:** Torção excessiva da centrífuga

Causas possíveis:

- A) Alimentação de lamas excessiva;
- B) Alimentação excessiva de sólidos;
- C) Material estranho no interior da centrífuga.

Verificações:

- AA) Verificar caudal;
- BA) Testar quantidade de alimentação de lamas de forma a ser menor que 40% do volume;
- CA) Inspeção do interior da mesma.

Soluções:

- AAA) Redução de caudal;
- BAA) Diluir a alimentação de lamas;
- CAA) Remoção de material estranho.



**Problema operacional:** Irregular aparecimento de sólidos na descarga

Causas possíveis:

- A) Baixa profundidade do reservatório;
- B) Danos no parafuso sem-fim.

Verificações:

- AA) Formação de represas;
- BA) Verificar parafuso sem-fim em relação a desgaste, corrosão ou incrustações.

Soluções:

- AAA) Aumentar profundidade do reservatório;
- BAA) Reparar e/ou substituir parafuso sem-fim.

**Problema operacional:** Abrupto aumento da potência de consumo

Causas possíveis:

- A) Acumulação de sólidos no interior da centrífuga;
- B) Entupimento da tubagem do efluente.

Verificações:

- AA) Verificar saídas de lamas;
- BA) Verificar a descarga de sólidos.

Soluções:

- AAA) Efectuar lavagens em sucessão até remover os sólidos no interior da mesma, se necessário abrir a centrífuga;
- BAA) Limpar a zona da tubagem entupida.

**Problema operacional:** Dificuldades no arranque e/ou paragem da centrífuga

Causas possíveis:

- A) Sistema eléctrico comprometido;
- B) Torções excessivas;
- C) Vibrações excessivas;
- D) Caixa de velocidades desalinhada.

Verificações:

- AA) Testar circuitos de controlo;
- BA) Ver problema operacional “Torções excessivas na centrífuga”;
- CA) Ver problema operacional “Vibrações excessivas”;
- DA) Verificar alinhamento da caixa de velocidades.

Soluções:

- AAA) Reparar e/ou substituir circuitos;
- DAA) Rectificar alinhamento.

**Problema operacional:** Aumento gradual do consumo de potência para níveis constantes de rotação

Causa possível:

- A) Desgaste do parafuso sem-fim.

Verificação:

- AA) Verificar parafuso sem-fim.

Soluções:

- AAA) Rectificar zona de desgaste;
- AAB) Substituição do parafuso sem-fim.

**Problema operacional:** Vibrações excessivas

Causas possíveis:

- A) Lubrificação indevida;
- B) Desalinhamento no sistema anti-vibratório;
- C) Funil de descarga em contacto com a centrífuga;
- D) Folgas no rolamento de transmissão;
- E) Caixa de velocidades desalinhada;
- F) Acumulação de sólidos entre o parafuso e o cilindro.

Verificações:

- AA) Verificar sistema de lubrificação;
- BA) Verificar isoladores de vibração;
- CA) Verificar posição do funil;
- DA) Inspeccionar rolamentos;
- EA) Verificar alinhamento da caixa de velocidades.
- FA) Verificar saídas de lamas.

Soluções:

- AAA) Corrigir lubrificação;
- BAA) Ajustar isoladores;
- CAA) Repor funil na posição correcta;
- DAA) Reparar e/ou substituir rolamentos;
- EAA) Rectificar alinhamento.
- FAA) Efectuar lavagens em sucessão até remover os sólidos acumulados.

#### **7.4.2.9 Desinfecção através do uso de radiação ultravioleta**

O comando e acompanhamento da unidade de desinfecção bacteriológica por radiação ultravioleta é efectuado a partir de um quadro eléctrico, sendo o seu funcionamento automático. A instalação das lâmpadas ao longo do canal pode variar mas geralmente as mesmas são de fácil acesso. O equipamento tem reduzidas necessidades operacionais, não obstante, para assegurar o seu funcionamento e correcta operação é necessário verificar se o nível de líquido no canal é suficiente para cobrir correctamente as lâmpadas de luz ultravioleta e se existem incrustações nas mangas das mesmas assim como ter em atenção a possibilidade de existência de lâmpadas fundidas.

**Problema operacional:** Pouca eficiência na desinfecção

Causas possíveis:

- A) Caudal excessivo no canal;
- B) Existência de lâmpadas fundidas;
- C) Baixa intensidade ultravioleta;
- D) Má qualidade da água.

Verificações:

- AA) Medir caudal;
- BA e CA e DA) Inspeção Visual.

Soluções:

- AAA) Redução de caudal;
- BAA) Substituir lâmpadas;
- CAA) Limpar manga das lâmpadas e aumentar frequência de limpeza das mesmas;
- CAB) Substituir lâmpadas;
- DAA) Aumentar frequência de limpeza do canal;
- DAB) Rever processos a montante do sistema.

## 8 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

No âmbito da presente dissertação, a aplicação desenvolvida abarcou os constituintes de um sistema de tratamento de lamas activadas por arejamento prolongado com o objectivo de ser uma ferramenta útil ao engenheiro responsável pela operação de uma estação com este processo de tratamento, sendo que essa utilidade advém da disponibilidade de informação, geralmente contida em diversos manuais de operação de estações, de forma centralizada e extensiva. Todos os problemas operacionais, causas, verificações e possíveis resoluções associadas apresentadas nesta dissertação encontram-se igualmente na aplicação desenvolvida, sendo que a árvore de decisão referente a cada problema operacional e que origina a estrutura de todo o programa encontra-se representada abaixo.

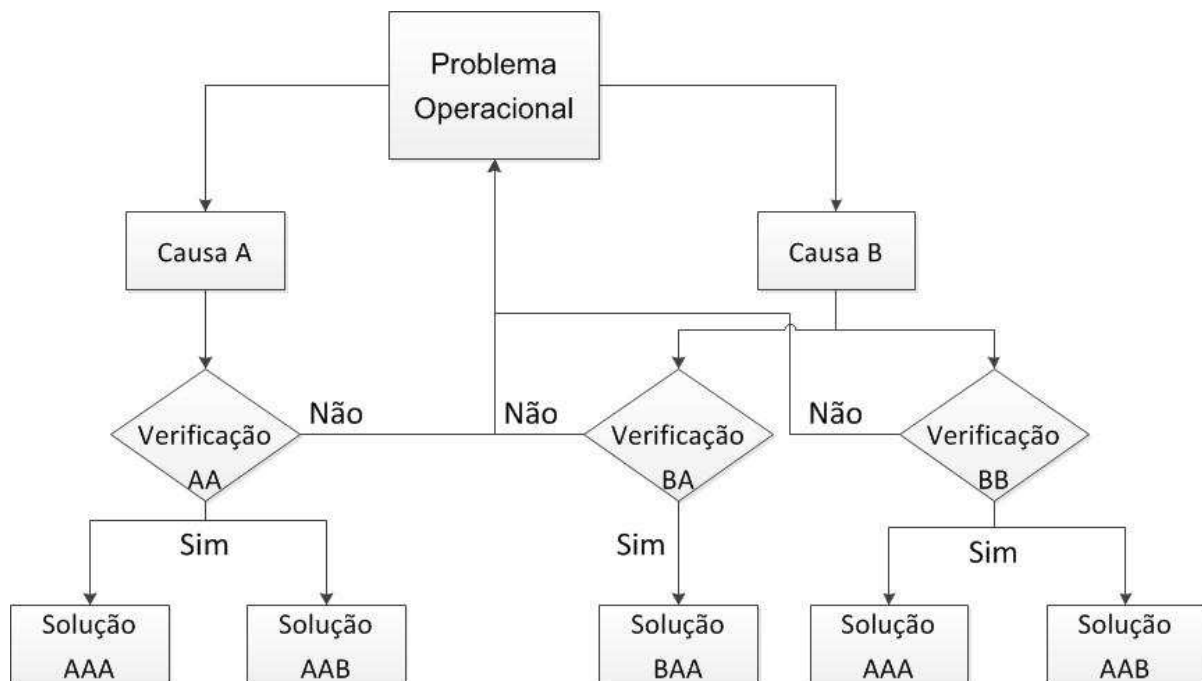


FIGURA XIV: Esquema tipo de resolução de problema operacional

A aplicação pretende ser de utilização intuitiva, eficiente e rápida, sendo somente necessária a utilização do “rato” do computador para poder aceder a toda a informação contida na mesma. Foi utilizado o programa “Visual Basic 6.0” para a criação do ficheiro executável essencialmente pelo conhecimento do autor em relação a esta linguagem de programação e por ser um tipo de programa que se coaduna bem com as potencialidades desta linguagem de programação, dessa forma a aplicação criada será executada por qualquer computador, sendo desnecessário a aplicação de uma rotina de instalação e bastando, para aceder a todas as funcionalidades da mesma, a execução do ficheiro “POEtarAP”.

Na aplicação são analisados 9 constituintes do sistema de tratamento e o operador escolhe o constituinte a analisar a partir da janela representada abaixo.

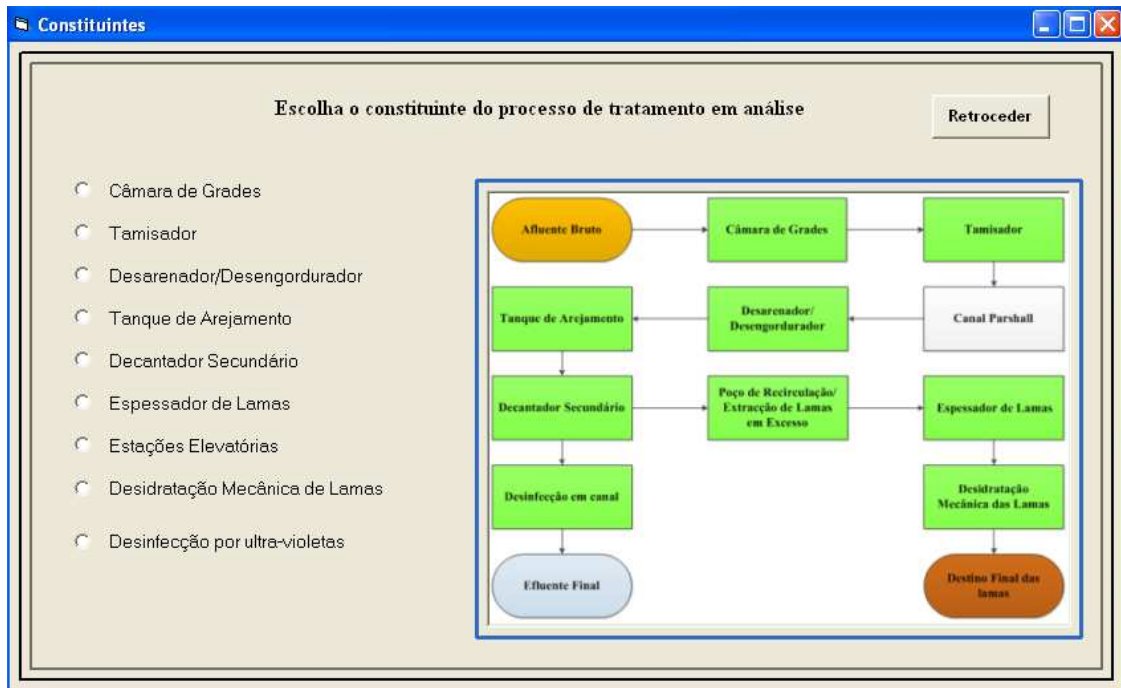


FIGURA XV: Interface de escolha de constituinte a analisar

A organização da informação segue a mesma estrutura já definida e representada na dissertação e portanto após a escolha do constituinte a analisar, ao operador é apresentada a lista dos problemas operacionais passíveis de análise, conforme figura demonstra.

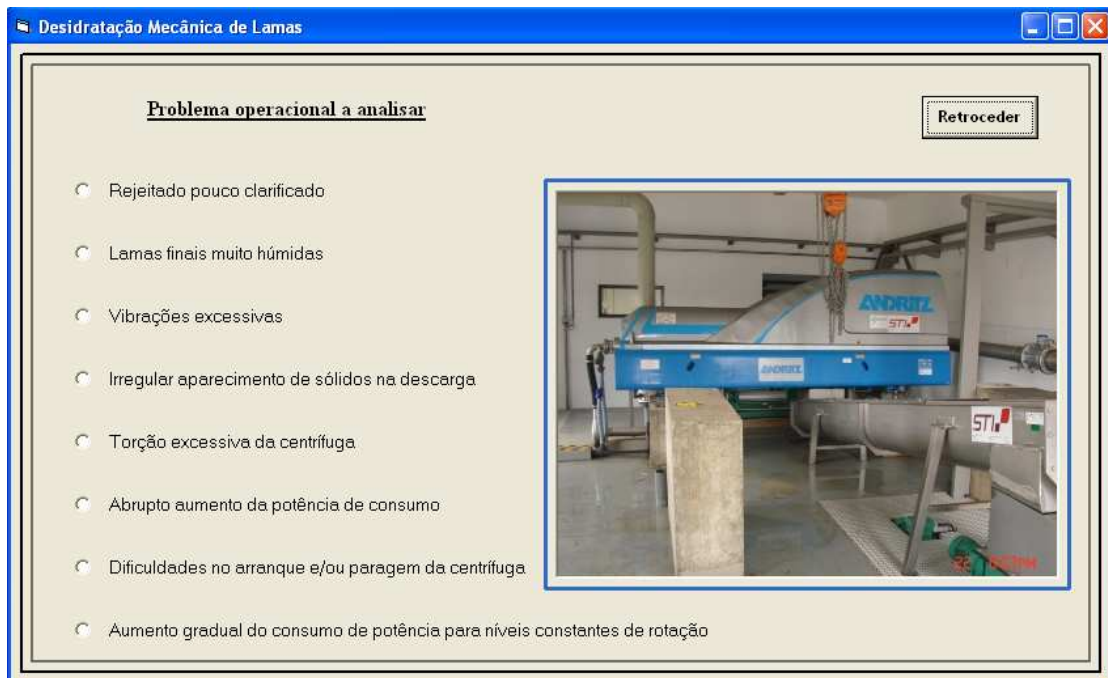


FIGURA XVI: Exemplo de Interface de escolha de problema operacional a analisar

Após a escolha de um deles são facultadas as causas possíveis do mesmo e mediante a escolha de uma é apresentada a verificação e resolução da mesma, sendo possível ao operador analisar todas as causas, verificações e correcções associadas de forma que se pretende fácil e rápida.

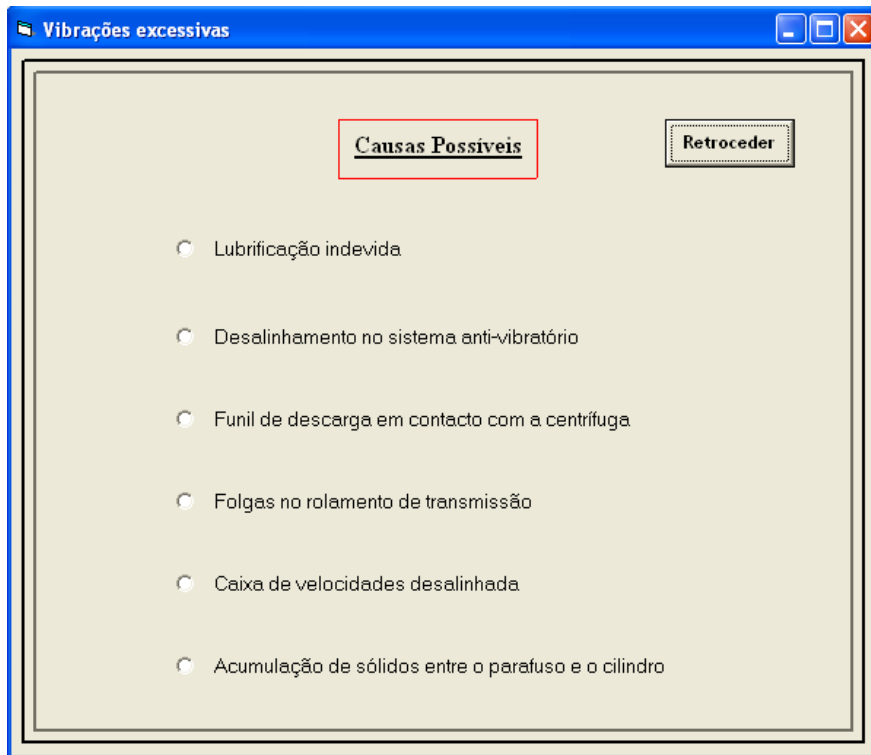


FIGURA XVII: Exemplo de Interface de escolha de causa a analisar

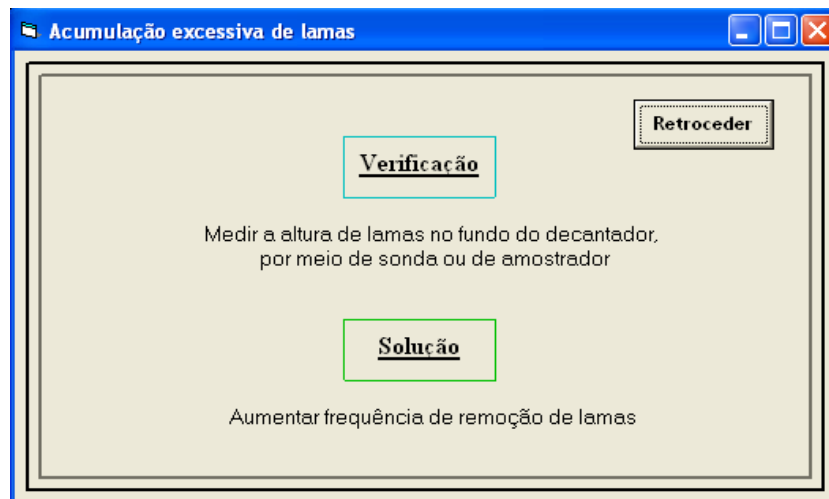


FIGURA XVIII: Exemplo de Interface de informação sobre causa a analisar

O desenvolvimento do programa passou por várias fases até atingir o presente formato, sendo que as cores introduzidas, o tipo e tamanho de letras escolhidas assim como as imagens associadas tiveram como função tornar a experiência de uso do mesmo mais agradável. A estrutura da aplicação manteve-se inalterável desde a sua génese pois foi considerado que era a melhor forma de disponibilizar a considerável quantidade de informação existente.

## 9 SÍNTESE, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em Portugal decorre a implementação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais para o período 2007-2013 (PEASAR 2007-2013) que tem como objectivo principal a obtenção de um nível de atendimento de 90% da população total do País com sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas. Estes sistemas deverão constituir uma melhoria na qualidade de serviço prestado às populações, resultando na preservação e promoção da qualidade das origens da água e no desenvolvimento de soluções integradas com garantias de sustentabilidade futura.

Uma vez que serão suportados pelas tarifas aplicadas aos utentes os custos de exploração destes equipamentos, é necessário assegurar um bom funcionamento dos equipamentos e uma crescente eficiência dos sistemas. Uma vez que segundo o RASARP 2010 e o INSAAR 2010, com o sector de tratamento de águas residuais a apresentar valores médios de cumprimento dos parâmetros legais de descarga das águas residuais de 91% com valor mínimo de 48% e valores de eficiência de remoção de CBO<sub>5</sub> nas estações de tratamento de 73% com valor mínimo de 37%, é evidente o potencial de melhoramento de eficiência do sector do tratamento de águas residuais a nível de operação de sistemas. Na perspectiva de que a eficiência dos sistemas passa pela correcta análise do mesmo e dos seus problemas operacionais por parte do engenheiro responsável, o objectivo desta dissertação era compilar informação sobre problemas operacionais que se encontra disseminada por várias fontes, nomeadamente diversos manuais de operações de ETAR assim como alguns problemas que são conhecidos pelos operacionais dos sistemas e que são descobertos e solucionados pelos mesmos sem estarem ainda concretizados em qualquer manual de operação ou outra fonte escrita. A recolha de informação teve diversas fontes sendo que além de diversos manuais de operação analisados, foram cruciais as visitas a diferentes ETAR e o acompanhamento por duas semanas da operação de funcionamento da Etar de Rio Maior para conseguir alcançar e definir problemas operacionais que não estavam assinalados em qualquer manual. A próxima fase do trabalho desenvolvido passou por criar uma ferramenta de trabalho, a partir da informação recolhida, para permitir ao engenheiro a consulta da informação na forma de um programa de computador e na apresentação dos problemas operacionais encontrados com um esquema simplificado que permita a verificação da causa e da acção correctiva a tomar de forma rápida, considerando que essa rapidez de acção será um dos factores do aumento de eficiência pretendido. As informações adicionais existentes nesta dissertação servem de complemento para a compreensão da temática e a situação portuguesa neste sector e nesta dissertação foram analisadas as etapas de tratamento que definem uma linha de tratamento convencional de lamas activadas por arejamento prolongado assim como os constituintes essenciais que compõem esse sistema. Os constituintes considerados essenciais foram a câmara de grades, o tamisador, o desarenador, o tanque de arejamento, o decantador secundário, o espessador de lamas, a desidratação mecânica (por centrifugação), as bombas elevatórias e a desinfecção em canal (por radiação ultravioleta) e em relação a estes constituintes foram compiladas todas as informações possíveis no que diz respeito a problemas operacionais relacionados com cada um deles assim como as causas associadas a cada problema e as verificações para confirmação da causa e o procedimento a ter para a resolução das mesmas. Existem diversos constituintes passíveis



de ser incorporados num sistema de tratamento como o analisado conforme as necessidades específicas do afluente a tratar, nomeadamente um decantador primário ou um reactor específico para a degradação de gorduras e óleos recolhidos durante o tratamento mas como não foram considerados essenciais e definidores de um sistema de tratamento de lamas activadas por arejamento prolongado, não foram estudados da mesma forma que os considerados essenciais para o mesmo. Uma futura hipótese de melhoramento do trabalho desenvolvido durante esta dissertação passa por analisar e incorporar, num programa semelhante ao criado, informações referentes a estes constituintes possíveis de serem adicionados ao processo de tratamento.

Em conclusão, pensa-se que os objectivos estabelecidos foram atingidos, na medida em que se conseguiu recolher informação actual sobre os temas pretendidos e criar uma fonte única para a informação compilada assim como uma ferramenta de auxílio ao desempenho do engenheiro na sua função diária de análise e melhoria da operação de uma estação de tratamento de águas residuais.

Noutra hipótese de melhoria e incremento ao trabalho realizado, além da descrita acima, recomenda-se uma análise semelhante que aborde o sistema de tratamento de lamas activadas por arejamento convencional e o reactor biológico que o diferencia do arejamento prolongado assim como a incorporação de novas unidades de tratamento, nomeadamente tanque anaeróbio, tanque de anoxia e tanque de contacto, referentes aos processos de remoção de fósforo por via biológica, remoção de azoto por via biológica e desinfecção por cloragem, respectivamente. Como referido anteriormente, esta área de conhecimento encontra-se em constante expansão devido a novas descobertas tecnológicas e a acumulação de experiência decorrente do funcionamento de sistemas de tratamento e como tal, um estudo do mesmo género realizado dentro de uma década terá necessariamente de englobar novos problemas e respectivas resoluções entretanto descobertas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros e revistas da especialidade

AWWA/ASCE. (1997). *Water treatment Plant Design*. 3<sup>rd</sup> Ed. New York: McGraw-Hill

Grady, C. P. L. Jr., Daigger, G. T. & Lim, H. C. (1999). *Biological Wastewater Treatment*. 2<sup>nd</sup> Ed. Marcel Dekker.

Gray, N. F. (2004). *Biology of Wastewater Treatment*. 2<sup>nd</sup> Ed. Irlanda, University of Dublin: Imperial College Press.

Gerardi, M. H. (2002). *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*: Wiley-Interscience.

Hazen, A. (1904). *On Sedimentation*. Transc. ASCE, vol. 53.

Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J. C. & Arvin, E. (1995). *Wastewater Treatment – Biological and Chemical Treatment*. 2<sup>nd</sup> Ed. Springer

João Miguel Carvalho Ferreira da Silva. (2006). *Dimensionamento e Modelação Matemática de processos terciários em Estações de tratamento de água residual*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico

Levy, João T. de Quinhones. (1987). *Operação de Estações de Tratamento de Águas Residuais*. Lisboa: Direcção Geral de Recursos Naturais

Levy, João T. de Quinhones. (1987). *Exploração de estações de tratamento de águas residuais – Modelação matemática*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico

McGhee, Terence J. (1991). *Water Supply and Sewerage*. 6<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill College.

Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*. 4<sup>nd</sup> Ed. McGraw-Hill.

Metcalf&Eddy, Inc. (1993). *Wastewater engineering treatment and disposal reuse*. 4<sup>th</sup> Ed. New York: McGraw-Hill.

Nina, N. (2000). *Visual Basic 6.0: Curso Completo*: FCA.

Ondeo Degremont. (1990). *Memento technique de l'eau*. 9<sup>th</sup> Ed. Paris: Degremont.

Quintela, A. C. (1996). *Hidráulica*. 4<sup>a</sup> Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ronzano, E. & Dapena, J. L. (1995). *Tratamiento Biológico de Las Aguas Residuales*: Ediciones Díaz dos Santos.

Sousa, T. M. D. G. & Sousa, J. M. G. (1994). Cloragem. Em *Manual de Saneamento básico Tomo III – Tratamento de Água*: Instituto da Água.

Sousa, A. A. (1990). Elementos de Física e Química. Em *Manual de Saneamento Básico I*: Direcção Geral de Recursos Naturais.

Vanda Maria Barata de Silva Soares. (2008). *Hidráulica em Sistemas de Tratamento de Águas Residuais*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico

WEF & ASCE (1998). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*, Volume II: Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers.

WEF, *Operation of municipal Wastewater Treatment Plants – Manual of Practice*, (1990)

White, G. C. (1999). *Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants*. 4<sup>nd</sup> Ed. John Wiley & Sons.

Wong, C., H., Barton, G. W. & Barford, J. P. (2003). The Nitrogen Cycle and its application in Wastewater Treatment. Em *The Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. Reino Unido, Universidade de Leeds, School of Civil Engineering: Academic Press.

Nota: As referências bibliográficas apresentadas referem-se às citadas e às consultadas não directamente citadas.

## Sites utilizados

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água (2010). *Inventário Nacional de sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais*. Recuperado de <http://insaar.inag.pt/index.php?id=21> em Setembro 2011.

Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. (2007). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)*. Recuperado de <http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoTecnica/PGA/PNPlaneamento/Pages/PEAASAR.aspx> em Fevereiro de 2011.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Entidade reguladora dos serviços de água e resíduos (2010). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal*. Recuperado de <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx> em Fevereiro de 2012.

## Legislação utilizada

Ministério do Ambiente, *Normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos* em Decreto-Lei nº 236/98, publicado em Diário da República a 1 de Agosto.

## Anexo I

Neste anexo são definidos alguns dos conceitos referidos no decurso da dissertação e o conhecimento dos mesmos permite uma melhor compreensão da temática abordada.

Mistura Integral - Neste tipo de fluxo, o sistema de arejamento coloca tanto as lamas em recirculação como a água a tratar misturam-se integralmente com o líquido no reactor; é impossível efectuar um processo de desnitrificação ao utilizar-se este sistema.

Fluxo Pistão - Neste caso, o depósito de arejamento divide-se em canais ou células ligados em série. As lamas em recirculação e a água a tratar são introduzidos na entrada do primeiro canal e o líquido, teoricamente, segue o seu caminho sem misturar-se com o do resto do tanque.

Carga Hidráulica Superficial – Valor através do qual, após a sua fixação em valor pretendido, se pode determinar a profundidade do tanque ou o tempo de retenção necessário do equipamento, segundo as relações:

$$C_s = \frac{Q}{A}$$

em que:

C<sub>s</sub> – Carga Hidráulica Superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d)

Q – Caudal afluente ao equipamento (m<sup>3</sup>/d)

Ã – Área Superficial do equipamento (m<sup>2</sup>)

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

em que:

T<sub>rh</sub> – Tempo de retenção Hidráulico (d)

V – Volume do decantador (m<sup>3</sup>)

Correntes de densidade – O efluente que entra no equipamento tem uma densidade e concentração superior em sólidos suspensos que a do fluido à sua volta. Esta diferença de densidades faz com que o efluente ao entrar mergulhe até ao fundo numa corrente descendente, arrastando consigo o líquido à sua volta e formando um padrão de recirculação na zona de entrada do mesmo. Esse padrão pode perturbar o normal funcionamento do equipamento.

A variação de um parâmetro devido à acção da temperatura, é feita com o recurso à expressão modificada de Van't Hoff-Arrhenius: (WEF & ASCE, 1998)

$$K_{T_2} = K_{T_1} \times \theta^{(T_2 - T_1)}$$

em que:

$K_{T_1}$  – Valor apresentado pelo parâmetro à temperatura T1

$K_{T_2}$  – Valor apresentado pelo parâmetro à temperatura T2

$\theta$  – Coeficiente de temperatura, função do parâmetro a corrigir

Transferência de Oxigénio – A transferência de oxigénio é um factor condicionante no tratamento de lamas activadas. O parâmetro principal para caracterizar a transferência de oxigénio no arejamento é o coeficiente de transferência de massa, sendo a sua fórmula:

$$OC = K_L \times a \times C_s$$

em que:

$K_L$  – Coeficiente de transferência de massa

$a$  – Área interfacial

$C_s$  – Diferença entre a concentração real e de saturação

A circulação deve ser assegurada em todo o tanque, de forma a favorecer a transferência de oxigénio e a concentração de oxigénio em redor dos flocos aumenta com o aumento da turbulência no líquido até um valor de cerca de 90%, sendo que a concentração se torna independente do tamanho a partir dos flocos terem raios superiores a 100  $\mu\text{m}$ .

Flocos de Lamas Activadas – As propriedades dos flocos nas lamas activadas influenciam o transporte de massa e a separação das lamas no efluente.

Os flocos são sólidos suspensos agregados, constituídos por grupos de microrganismos e que resultam de processos de floculação bioquímica e físico-química tendo uma forma irregular, frágil, contendo elevado teor de água e dimensões variáveis. O tamanho das partículas e a sua distribuição resulta de um equilíbrio dinâmico entre a formação, transformação e quebra dos agregados microbiológicos. A formação dos flocos depende essencialmente do tamanho das partículas constituintes, podendo a floculação diferenciar-se entre *pericinetica* e *ortocinetica*.

A floculação pericinetica ocorre em partículas pequenas, menores que 1  $\mu\text{m}$ , sendo o movimento das partículas devido à agitação térmica das moléculas no seio do líquido. A floculação ortocinetica ocorre em partículas de maiores dimensões, como é o caso das partículas presentes num tanque de arejamento, e a colisão entre partículas em suspensão é proporcional ao gradiente de velocidade do fluxo. A desagregação dos flocos pode começar ainda no regime laminar, sendo que as

características do escoamento deixam de ter influência nas propriedades físicas dos flocos para valores de número de Reynolds acima de 5000. Na gama entre 5000 e 9000, ocorre a transferência de massa entre as bactérias e efluente, ou seja, a difusão de partículas presentes em regiões de concentração elevada para regiões de concentração baixa.

Índice de Molhman – parâmetro operacional definido pela razão entre o volume de sólidos decantáveis e os sólidos em suspensão total do tanque de arejamento, ou seja, reflecte a densidade do líquido em estudo.

## Anexo II

Em seguida são apresentadas as diferentes configurações possíveis num decantador e uma descrição do funcionamento de cada uma.

Num decantador existem dois tipos principais de entrada, com o uso de uma entrada central ou periférica.

O que utiliza um deflector central também é designado de “Clifford” devido ao seu inventor e pode ter uma tubagem vertical na qual existem pequenas ranhuras verticais que asseguram, através da perda de carga, uma boa e igual repartição no plano horizontal; também pode ter uma tubagem horizontal e nesse caso o afluente é distribuído dentro da câmara de entrada formada pelo deflector central.

O primeiro método não tem problemas mas o segundo tem uma assimetria de entrada que pode reduzir o rendimento. A velocidade de saída nas ranhuras deve ser ao mesmo tempo alta o suficiente para garantir uma repartição igual e constante e baixa o suficiente para não criar perturbações no líquido existente ao dissipar-se a velocidade, um valor de 0,25 m/s é considerado um bom valor de velocidade de saída. O deflector deve ser construído suficientemente baixo para cortar as velocidades superficiais, deixando espaço adequado para não produzir um aumento da velocidade, ao passar de velocidades verticais descendentes para horizontais. Considera-se que uma altura livre de  $R/2$  como adequada para um máximo de  $2/3$  da profundidade da água.

O uso de vários difusores passa por um aumento do diâmetro da tubagem vertical de chegada utilizada, de forma a baixar a velocidade, e os orifícios existentes, por perda de carga, levam a uma boa e igual repartição do líquido, formando um fluxo horizontal. A posição dos difusores e o caudal utilizado nos mesmos varia, não havendo uma configuração ideal estabelecida.

O segundo tipo de entrada utiliza um canal periférico para a distribuição do afluente sendo a recolha da água tratada central ou também periférica. O objectivo deste género de distribuição é atingir um melhor rendimento do que com alimentação central devido a uma melhor separação dos fluxos existentes no decantador.

A recolha de água tratada também pode ser de dois tipos, através de um canal de recolha ou de tubos perfurados.

A recolha através de tubos perfurados, por oposição a um canal de recolha, tem 4 vantagens:

- Permite a recolha de flóculos flutuantes sem necessidade de placas separadoras;
- O caudal através de um orifício depende somente da superfície e da diferença de nível de água entre o decantador e o canal de recolha, não necessitando de grande precisão na sua colocação;
- Os vertedores circulares realizam uma recolha linear da água, os tubos perfurados instalados radialmente produzem uma recolha superficial mais uniforme;
- Menor influência do vento.



No entanto, a utilização de um canal de recolha tem grandes vantagens em termos de problemas, e consequentemente custos, de operação e manutenção sendo geralmente a solução adoptada.

A extracção das lamas do decantador pode ser feita através de três métodos diferentes, sendo a extracção feita por aspiração central, por sucção radial ou por aspiração anelar.

Na extracção por aspiração central, o sistema tem o inconveniente de cruzar dois fluxos, o do afluente a tratar e o das lamas a recolher, nessa zona pode haver uma diminuição do espessamento das lamas sendo necessário prever uma zona central do decantador profunda de forma a facilitar o cruzamento dos fluxos ou introduzir no cilindro central uma série de orifícios que sirvam de deflectores no terço superior do mesmo de forma a criar uma corrente horizontal que efectivamente separe os dois fluxos. Pode-se também criar um decantador de aspiração central e alimentação periférica de forma a não haver cruzamento de fluxos.

A extracção por sucção radial utiliza tubos verticais integrados numa estrutura de suporte giratório para a recolha das lamas. Actualmente é bastante utilizado pela facilidade de recolha das lamas, no entanto quando da sua criação o conceito a que obedeceu era de manter pelo menor tempo possível as lamas no decantador, neste momento o conceito mudou para a obtenção de lamas com a maior concentração possível de forma a reduzir tanto o caudal de recirculação como a quantidade de material em suspensão.

Em termos de regulação das concentrações de lamas obtidas, uma vez que elas variam ao longo do fundo do decantador, seria necessário regular também os caudais recolhidos pelos vários tubos, algo que se revela difícil em termos operacionais, sendo estabelecido uma regulação que garanta uma concentração suficiente em todos eles mas que impede que a concentração atingida seja a óptima.

Na extracção por aspiração anelar as lamas sedimentadas são recolhidas através de orifícios existentes num canal circular existente no fundo e a uma distância de cerca de  $R/3$  do seu centro. O fundo tem uma inclinação de cerca de 15% de forma a permitir que as lamas sejam conduzidas por uma ponte giratória para o canal de aspiração. Este sistema permite evitar o cruzamento de fluxos contrários no primeiro terço do diâmetro do difusor e minimiza o problema no restante do diâmetro pois o afluente já tem pouca velocidade ao atingir essa zona; dessa forma o problema do sistema central é evitado, sendo que custo e resultados operacionais são sensivelmente os mesmos entre os dois sistemas.

A descarga das lamas pode ser efectuada através de várias formas, com o uso de uma válvula de seccionamento, por aspiração directa ou com o uso de uma válvula telescópica.

No uso de uma válvula de seccionamento, por abertura ou fecho da válvula instalada na conduta de descarga o caudal é regulado e conduzido do poço, quer por bombagem quer graviticamente, à unidade de tratamento de Lamas.

Na bombagem por aspiração directa, a descarga das Lamas é feita por meio de bomba submersível no interior do decantador ou por grupo de eixo horizontal num compartimento vizinho com aspiração directa ao decantador.

Através de uma válvula telescópica, onde a maior ou menor abertura da válvula permite aumentar ou reduzir o caudal de Lamas descarregadas no poço e controlar o nível de líquido no decantador. Este sistema é instalado em associação com uma válvula rápida para permitir descarga elevada de Lamas e é o método que permite a melhor descarga de lamas em termos de problemas operacionais devido à simplicidade da solução e flexibilidade da mesma.

### Anexo III

Apesar de todos os subprodutos resultantes da desinfecção química, a cloragem continua a ser o processo que apresenta maior difusão na desinfecção de águas residuais.

Quando o cloro é dissolvido na água, sob a forma de cloro gás, dá-se a sua hidrólise originando o ácido hipocloroso, que constitui a forma de cloro com maior poder germicida, à excepção do dióxido de cloro. A hidrólise do cloro molecular,  $Cl_2$ , a ácido hipocloroso, HOCl, dá-se de acordo com a reacção:



Designa-se de cloro disponível combinado o conjunto que engloba as cloroaminas e os compostos orgânicos cloroazotados.

O poder desinfectante do cloro disponível livre é superior ao poder desinfectante do cloro disponível combinado, havendo também diferença entre os poderes germicidas das formas de cloro livre entre si (o ácido hipocloroso é mais energético que o ião hipoclorito) e das formas combinadas (a diocloramina tem maior poder desinfectante do que a monocloramina, sendo semelhante ao ião hipoclorito), pelo que o poder desinfectante global do cloro dependerá de todos os factores que determinem as formas de cloro disponível que são preponderantes em cada caso (Sousa & Sousa, 1994). O cloro pode ser utilizado como oxidante na remoção de azoto, compostos orgânicos e compostos inorgânicos oxidáveis.

A utilização de cloro como agente desinfectante apresenta alguns inconvenientes tais como:

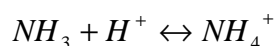
- A presença de matéria orgânica e de substâncias inorgânicas redutoras como o ferro, manganês e sulfuretos, origina uma utilização do cloro quando este é aplicado, sendo convertido em HCl ou em outras formas não desinfectantes (Sousa & Sousa, 1994) e deixando de estar disponível para a eliminação de organismos patogénicos;
- A presença de sólidos suspensos nas águas a desinfectar tem um efeito de escudo que protege da acção do cloro os organismos que se encontram embebidos nas partículas em suspensão (Metcalf & Eddy, 2003).

## Anexo IV

O presente anexo define as várias formas de azoto e fosfatos presentes em águas residuais.

Formas de azoto:

- O Azoto Kjeldahl, que engloba o azoto orgânico total e os compostos de amónia;
- O Azoto orgânico encontra-se nas proteínas existentes na matéria fecal, em microrganismos e como resíduo de plantas e animais em decomposição;
- O Azoto amoniacal é um composto de azoto e hidrogénio que em solução aquosa se pode apresentar como ião amónio ( $NH_4^+$ ) ou como amoníaco ( $NH_3$ ). O equilíbrio entre estas duas formas depende do pH e da temperatura, de acordo com a expressão:



- A amónia resulta essencialmente da amonização do azoto orgânico, por decomposição bacteriana do material proteico e da hidrólise da ureia por acção de enzimas;
- Os nitritos e os nitratos resultam da oxidação da amónia por acção de microrganismos aeróbios específicos, denominados bactérias nitrificantes, sendo os nitratos os compostos em que o azoto se encontra na sua forma mais oxidada e é a forma predominante em águas residuais em relação aos nitritos;
- O Azoto molecular é produzido no processo de desnitrificação do ião nitrato, que ocorre quando as bactérias heterotróficas crescem em condições anóxicas.

Em águas residuais o azoto apresenta-se predominantemente na forma de amónia ou na forma de azoto orgânico sendo a presença de nitratos e nitritos geralmente pouca significativa.

Formas de fosfato:

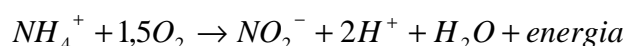
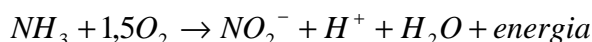
- O Ortofosfato, tipo de composto que aparece em maior quantidade podendo estar presente na descarga do efluente ou resultar da hidrólise de outros compostos;
- O Fosfato orgânico, presente em dejectos, restos alimentares e outros, é um composto que pode estar dissolvido ou em suspensão mas que não tem um papel relevante em águas residuais pois tem uma duração relativamente curta devido à sua hidrólise que origina ortofosfatos;
- O Polifosfato orgânico ou inorgânico, composto que pode estar dissolvido ou em suspensão, permanecendo na forma de polifosfato ou, mediante um processo lento de hidrólise, transformar-se em ortofosfato (Metcalf & Eddy, 2003).

A predominância dos ortofosfatos em relação a outras formas de fosfatos aumenta ao longo do processo de tratamento de águas residuais, podendo atingir 90% após o tratamento biológico (Ronzano & Dapena, 1995).

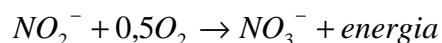
## Anexo V

Nitrificação – É o processo de oxidação da amónia, que tem como produto final o nitrato e que se efectua em condições aeróbias devido à acção de dois grupos distintos de bactérias nitrificantes (Henze e tal., 1995):

- Oxidação da amónia a nitrito, por acção de bactérias autotróficas essencialmente do género *Nitrosomonas*, e expressa pelas expressões:

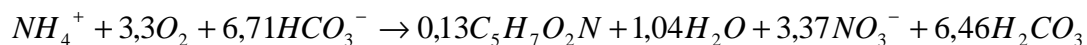


- Oxidação do nitrito a nitrato, por acção de bactérias autotróficas essencialmente do género *Nitrobacter*, e expressa pela expressão:



O processo de nitrificação é essencialmente autotrófico, apesar da produção de nitratos por organismos heterotróficos também ser possível.

Assumindo que a composição celular da biomassa autotrófica é traduzida pela fórmula empírica  $C_5H_7O_2N$ , a reacção geral da oxidação da amónia e síntese de material celular no processo de nitrificação pode representar-se pela expressão (Grady e tal., 1999):



A taxa de crescimento das bactérias *Nitrobacter* é superior à taxa apresentada pelas *Nitrosomas* durante os processos de tratamento, constituindo esta última o factor limitante no dimensionamento do processo de nitrificação (Ronzano & Dapena, 1995).

Devido aos baixos valores de energia obtida com a oxidação de amónia e nitritos, as bactérias nitrificantes apresentam uma baixa taxa de crescimento comparativamente à taxa das bactérias heterotróficas presentes em outros processos (Henze e tal., 1995) e, para garantir a nitrificação, torna-se necessário estabelecer valores relativamente altos para a idade das lamas utilizadas.

No tanque de arejamento, verifica-se a reacção de amonificação do azoto orgânico em amónia, ao mesmo tempo que tem início a oxidação da amónia para síntese de tecido celular. A reacção de amonificação é mais rápida que a remoção de amónia pela actividade bacteriológica, o que leva a um aumento da presença de amónia até à conclusão do processo de amonificação (Gerardi, 2002).

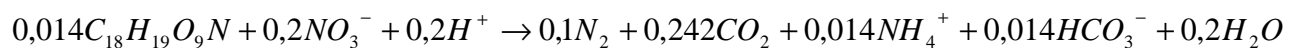
A presença de teores elevados de amónia pode inibir a actividade das bactérias nitrificantes ao mesmo que a sua presença constitui o substrato dessas bactérias, verificando-se que o mesmo composto pode actuar como substrato e inibidor. A inibição parcial do processo não implica uma redução do grau de nitrificação mas sim uma maior lentidão do processo (Henze e tal., 1995).

Verifica-se que o intervalo de temperatura onde se obtém uma taxa de crescimento da biomassa autotrófica mais elevada se situa entre 28 e 36°C. e que o teor de oxigénio dissolvido mínimo, em sistema de lamas activadas, se situa em 2 mg/l.

Em relação à alcalinidade e pH verifica-se que uma grande quantidade de alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ) é utilizada durante o processo de nitrificação, sendo que se encontra associada à neutralização dos iões de hidrogénio libertados durante a transformação de amónia a nitrato (Grady e tal., 1999) e que o pH se situa entre 8 a 9 durante a nitrificação, sendo expectável uma redução do pH no final do processo. Henze et al. (1995) coloca a hipótese da dependência da nitrificação relativamente ao pH estar relacionada com o fenómeno inibidor da amónia, uma vez que tanto o equilíbrio entre as relações  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  e  $\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-$  dependem do pH.

Desnitrificação – É o processo de redução dos compostos oxidados do azoto, de nitratos a nitritos, de nitritos a amónia e de amónia a gás azoto.

Assumindo que as bactérias desnitrificantes utilizam como fonte de carbono e de energia a matéria orgânica disponível no afluente, a representação do processo de desnitrificação de nitrato a gás azoto (Henze e tal., 1995) é dada pela expressão:

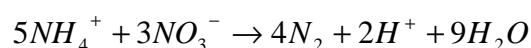


O processo de desnitrificação refere-se à redução biológica do nitrato por dissimilação, pois o produto final é o gás azoto, que é libertado para a atmosfera, no entanto também pode ocorrer redução do nitrato por assimilação, em que o produto final é um composto amoniacal na forma  $\text{NO}_2\text{OH}$ , que é depois utilizado na síntese do tecido celular. Este processo só se verifica quando a amónia não está presente (Metcalf & Eddy, 2003).

A desnitrificação é efectuada por uma grande variedade de bactérias desnitrificantes e necessita da presença de dadores e receptores de electrões específicos para se poder verificar.

Os receptores de electrões são os nitratos e os dadores de electrões são obtidos a partir da matéria orgânica disponível nas águas residuais ou de uma fonte externa, como o etanol ou metanol.

De referir que experiências desenvolvidas por Van de Graff mostraram ser possível, em condições anaeróbias, a desnitrificação autotrófica mediante o uso de amónia como dador de electrões mediante a reacção de denominação Anammox (Anaerobic Ammonia Oxidation) com a expressão:



No caso de remoção de amónia de águas residuais, se metade do teor de amónia afluente for primeiro oxidado a nitrato, poderá usar-se o processo Anammox para converter amónia a gás azoto sem que seja necessário arejamento ou qualquer fonte de carbono (Wong e tal., 2003).