



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



Projecto de pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda - Angola

NUNO FILIPE TOMÉ ALVES
(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Civil na Área de Especialização de Hidráulica

Orientadora: Doutora **Maria Teresa Loureiro dos Santos**

Júri:

Presidente: Doutor **João Alfredo Ferreira dos Santos**

Vogais: Doutora **Maria Helena Ferreira Marecos do Monte**
 Doutora **Maria Teresa Loureiro dos Santos**

Dezembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Quero aqui expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro quero agradecer à Professora Doutora Teresa dos Santos por ter aceitado orientar este trabalho, pela disponibilidade e todo o apoio prestado ao longo da orientação do mesmo, pois de outro modo não teria sido possível o seu desenvolvimento e finalização.

Ao Eng.º João Cristóvão da EACE (Engenheiros Associados – Consultores em Engenharia, Lda), pela sugestão do estudo referente à presente ETAR e pela disponibilização dos elementos que serviram como base ao desenvolvimento do respectivo projecto.

À Cláudia, a minha cara-metade, pelo apoio, motivação, confiança, paciência e carinho ajuda ao longo deste percurso.

À minha Família, especialmente aos meus Pais e à minha Irmã, agradeço a compreensão, paciência, motivação e todo o apoio prestado ao longo da minha vida e especialmente neste momento.

A todos os meus colegas, pelo apoio e partilha no estudo ao longo deste curso. Foi uma turma muito porreira.

A todos os meus amigos, que em certos momentos permitiram-me desanuviar um pouco da cansativa vida académica.

A todos, um Muito Obrigado.

RESUMO

O presente projecto, no âmbito do Trabalho Final de Mestrado, prevê o pré-dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) para um empreendimento turístico e habitacional titulado "Futungo Belas", localizado em Luanda – Angola.

Os dados de base que caracterizam o empreendimento são os fornecidos pelo promotor, no que concerne à localização do empreendimento, as tipologias das edificações e equipamentos, incluindo as respectivas taxas de ocupação populacional e as fases de construção previstas. Deste modo, o projecto baseou-se nos elementos fornecidos pela entidade promotora e em pesquisas realizadas, no âmbito dos requisitos legais angolanos em vigor, referentes à rejeição de águas residuais e respectiva reutilização, tendo sido seguido o Decreto Presidencial n.º 261/11.

A construção do empreendimento está prevista num prazo de 10 anos repartidos em quatro fases de construção, sendo que a ETAR será concebida para arrancar no final da 1ª fase. O sistema de tratamento foi preconizado tendo em conta o diferencial da população residente, desde o final da 1ª fase até ao ano horizonte de projecto. Para tal efeito, os processos para as linhas de tratamento que compõe a ETAR, foram dimensionados de modo a atender às diferentes situações de exploração.

Primeiramente foi elaborada uma estimativa da população e subsequente caracterização qualitativa e quantitativa do afluente. Posteriormente, foi analisada a necessidade de remoção dos principais poluentes integrantes do afluente, sendo assim delineada as fileiras de tratamento para a ETAR. Desta forma, conclui-se que o nível de tratamento secundário é aquele se melhor enquadra à situação, dando cumprimento aos valores limites de emissão (VLE), apresentados no Decreto citado.

A metodologia utilizada resulta da bibliografia específica consultada e do contributo da Unidade Curricular de ETAR. Foram previstos tratamentos físicos e biológicos

incorporados nas diversas fases características do tratamento das águas residuais: fase líquida e fase de lamas.

Quanto à fase líquida a fileira de tratamento é composta por: gradagem, desarenação, desengorduração, decantação primária, tratamento biológico e decantação secundária. Na fase sólida, as lamas resultantes da decantação primária e secundária são posteriormente espessadas, digeridas (por via anaeróbia) e desidratadas. A fase gasosa contempla a desodorização e possível cogeração do biogás produzido na digestão anaeróbia das lamas.

Nos critérios de dimensionamento foram sempre tidas em conta as questões associadas à disponibilidade de equipamentos/sistemas no mercado. Por último, é ainda avaliada a possibilidade de reutilização de águas residuais promovendo a sustentabilidade ambiental e constituindo uma mais-valia económica.

ABSTRACT

The present project, in this Final Master Working, provides a pre-sizing for a Wastewater Treatment Plant (WWTP), for a tourism and housing titled "Futungo Futungo", located in Luanda - Angola. The basic data characterizing the project are provided by the sponsor, regarding the location of the project, the types of buildings and equipment, including their occupancy rates of population and construction phases provided. Thus, the project was based on information provided by the promoter and research conducted under the Angolan legal requirements in force, relating to the rejection of wastewater and their reuse, and was followed by the Presidential Decree nr. 261/11.

Construction of the project is expected within 10 years, divided into four phases of construction, and the plant will be designed to start at the end of the 1.st phase. The treatment system was recommended in view of the spread of the resident population, since the end of the 1.st phase to the horizon year project. For this purpose, procedures for handling lines that compose the WWTP, were arranged to suit different situations of exploitation.

First we created a population estimate and subsequent qualitative and quantitative characterization of the influent. Subsequently, we analyzed the need for removal of members of the affluent principal pollutants, thus outlined the ranks of the WWTP for treatment. Thus, it is concluded that the level of secondary treatment is that better fits the situation, in compliance with the emission limit values (ELV), presented at the said Decree.

The methodology results from the research literature consulted and the contribution of discipline study of WWTP. Treatments were predicted physical and biological features incorporated in the various phases of the wastewater treatment: the liquid phase and the sludge phase.

As for the liquid phase row treatment consists of: screening, grit removal, grease removal, primary sedimentation, biological treatment and secondary sedimentation. In the solid phase, the sludge resulting from primary sedimentation and secondary

are subsequently thickened, digested (anaerobically) and dehydrated. The gas phase includes the deodorization and possible cogeneration biogas produced in the anaerobic digestion of sludge.

In the design criteria were always taken into account the issues related to the availability of equipment / systems on the market. Finally, we further evaluated the possibility of reuse of wastewater promoting environmental sustainability and constituting a economic asset.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS UTILIZADOS

| | |
|--------------------|--|
| AR | Águas Residuais |
| ART | Águas Residuais Tratadas |
| ARU | Águas Residuais Urbanas |
| CBO | Carência Bioquímica de Oxigénio |
| CBO ₅ | Carência Bioquímica de Oxigénio ao final de 5 dias à temperatura de 20°C |
| CBO _(s) | CBO solúvel |
| CQO | Carência Química de Oxigénio |
| ETAR | Estação de Tratamento de Águas Residuais |
| N | Azoto |
| MLTSS | Mixed Liquor Total Suspended Solids (Sólidos Suspensos Totais do Licor Misto) |
| MLVSS | Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (Sólidos Suspensos Voláteis do Licor Misto) |
| O | Oxigénio |
| P | Fósforo |
| Q | Caudal |
| SDF | Sólidos Dissolvidos Fixos |
| SDT | Sólidos Dissolvidos Totais |
| SDV | Sólidos Dissolvidos Voláteis |
| SF | Sólidos Fixos |
| ST | Sólidos Totais |
| SST | Sólidos Suspensos Totais |
| SV | Sólidos Voláteis |
| SSV | Sólidos Suspensos Voláteis |
| VLE | Valor Limite de Emissão |
| VMA | Valor Máximo Admissível |
| VMR | Valor Máximo Recomendável |

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. OBJECTIVO | 1 |
| 2..... ESTRUTURAÇÃO | 2 |
| 3. INTRODUÇÃO | 4 |
| 3.1 EQUADRAMENTO LEGAL DO EFLUENTE À ETAR | 4 |
| 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AR | 5 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DA QUALIDADE DAS AR | 6 |
| 3.4 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS TÍPICOS DE AR..... | 7 |
| 3.5 DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES E PROCESSOS E UNITÁRIOS SELECIONADOS..... | 11 |
| 3.5.1 Gradagem | 11 |
| 3.5.2 Desarenação/Desengorduração | 12 |
| 3.5.3 Decantação primária | 13 |
| 3.5.4 Tratamento secundário biológico..... | 13 |
| 3.5.5 Decantação secundária | 16 |
| 3.5.6 Espessamento de lamas | 18 |
| 3.5.7 Estabilização de lamas - Digestão Anaeróbia..... | 19 |
| 3.5.8 Desidratação de lamas - Centrífugas | 21 |
| 4. DADOS BASE | 23 |
| 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ETAR..... | 25 |
| 4.2 ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO..... | 27 |
| 5. CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE À ETAR..... | 29 |
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DO AFLUENTE..... | 29 |
| 5.1.1 Capitações..... | 29 |
| 5.1.2 Caudais de Dimensionamento..... | 29 |
| 5.2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO AFLUENTE À ETAR..... | 32 |
| 6. FILEIRA DE TRATAMENTO PROPOSTA | 34 |
| 6.1 EFICIÊNCIAS TÍPICAS DOS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO PROPOSTOS | 36 |
| 6.2 EFICIÊNCIAS ADMITIDAS PARA OS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO PROPOSTOS..... | 37 |
| 7. DIMENSIONAMENTO DA FASE LÍQUIDA..... | 39 |
| 7.1 EMISSÁRIO DE CHEGADA À ETAR..... | 40 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.2 | GRADAGEM..... | 42 |
| 7.3 | DESARENAÇÃO/DESENGORDURAÇÃO | 49 |
| 7.4 | DECANTAÇÃO PRIMÁRIA..... | 53 |
| 7.5 | REACTOR BIOLÓGICO – LAMAS ACTIVADAS | 62 |
| 7.6 | DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA..... | 74 |
| 8. | DIMENSIONAMENTO DA FASE SÓLIDA | 81 |
| 8.1 | ESPESSADOR DE LAMAS | 82 |
| 8.2 | ESTABILIZAÇÃO DE LAMAS – DIGESTÃO ANAERÓBIA | 89 |
| 8.3 | DESIDRATAÇÃO DE LAMAS – CENTRIFUGAÇÃO | 101 |
| 9. | COMPILAÇÃO DOS PROCESSOS UNITÁRIOS DA ETAR..... | 105 |
| 10. | REUTILIZAÇÃO DE ART | 106 |
| 10.1 | POTENCIAIS APLICAÇÕES PARA A REUTILIZAÇÃO DE ART..... | 106 |
| 10.2 | CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA REUTILIZAÇÃO DE ART..... | 107 |
| 10.3 | SELECÇÃO DO SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DA ART | 110 |
| 10.3.1 | Seleção da Fileira do Sistema de Reutilização de ART | 112 |
| 10.3.2 | Seleção do Processo de Desinfecção..... | 113 |
| 10.3.1 | Sistemas de Filtração..... | 118 |
| 10.3.2 | Proposta para o Sistema de Reutilização de ART para a ETAR..... | 120 |
| 11. | CONCLUSÕES E CRÍTICAS | 123 |
| 12. | BIBLIOGRAFIA | 126 |

ANEXOS:

ANEXO I – Qualidade das águas na descarga de águas residuais. Anexo VI do DP n.º 261/11 (Angolano), pág. 4722

ANEXO II – Eficiências típicas de remoções para os processos unitários

ANEXO III – Qualidade das águas destinadas à rega. Anexo XVI do DL n.º 236/98, pág. 3714 à 3715

ANEXO IV – Catálogos de fornecedores utilizados para o presente estudo

ANEXO V – Desenho nº. 001 – Diagrama de Princípio da ETAR

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – VLE (adaptado do Anexo VI do DP N.º 261/11 - Angolano) | 5 |
| Quadro 2 – Características físicas, químicas e biológicas das AR e suas origens [Tchobanouglos et al., 2004] | 6 |
| Quadro 3 – Composição típica de AR não tratadas [adaptado de Monte e Albuquerque, 2010] | 7 |
| Quadro 4 – Valores típicos de alguns parâmetros característicos para diferentes tipos de ARU [Monte e Albuquerque, 2010] | 7 |
| Quadro 5 – Descrição dos diversos níveis de tratamento que compõem uma ETAR (Adaptado de Tchobanouglos et al., 2004) | 10 |
| Quadro 6 – Edificações Previstas | 27 |
| Quadro 7 – Densidades Populacionais | 27 |
| Quadro 8 – Populações Estimadas (Fase 1 e 2) | 28 |
| Quadro 9 – Populações Estimadas (Fase 3 e 4) | 28 |
| Quadro 10 – Produção de AR no Ano 0 | 31 |
| Quadro 11 – Produção de AR no Ano HP | 32 |
| Quadro 12 – Caudais de água residual afluyente | 32 |
| Quadro 13 – Concentrações poluentes afluentes adoptadas | 33 |
| Quadro 14 – Cargas poluentes afluentes calculadas | 33 |
| Quadro 15 – Eficiências de Remoções (adaptado de Santos, 2013) | 37 |
| Quadro 16 – Eficiência de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos – Valores Médios | 37 |
| Quadro 17 – Eficiência de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos – Valores Admitidos | 38 |
| Quadro 18 – Concentrações de poluentes submetidos aos tratamentos propostos | 38 |
| Quadro 19 – Cargas poluentes determinadas com base em concentrações e caudais médios | 39 |
| Quadro 20 – Dimensionamento do emissário /colector de chegada à ETAR | 41 |
| Quadro 21 – Valores típicos para a espaçamento e espessura das barras (adaptado de Santos, 2013) | 45 |
| Quadro 22 – Critérios de projecto para equipamentos de gradagem, com limpeza manual e mecânica (adaptado de Santos, 2013) | 45 |
| Quadro 23 – Valores para o factor forma das barras (adaptado de Santos, 2013) | 46 |

| | |
|---|----|
| Quadro 24 – Critérios e parâmetros dimensionamento adoptados para a gradagem | 46 |
| Quadro 25 – Características das barras admitidas (para cada canal) | 47 |
| Quadro 26 – Condições de afluência ao canal de gradagem | 47 |
| Quadro 27 – Características das grades mecânica (canal em operação permanente) | 47 |
| Quadro 28 – Características das grades manuais (canal de recurso) | 48 |
| Quadro 29 – Estimativa de produção de gradados | 49 |
| Quadro 30 – Características típicas de dimensionamento de desarenadores arejados (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 51 |
| Quadro 31 – Condições de funcionamento para a operação de desarenação/desengorduração..... | 52 |
| Quadro 32 – Dimensão das câmaras/tanques de desarenação/desengorduração | 52 |
| Quadro 33 – Dimensão das câmaras/tanques de desarenação/desengorduração | 53 |
| Quadro 34 – Valores típicos para as constantes empíricas de remoção (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 55 |
| Quadro 35 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de decantadores primários (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 57 |
| Quadro 36 – Dimensões típicas para decantadores circulares primários (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 57 |
| Quadro 37 – Valores típicos para as taxas de descarga dos descarregadores (adaptado de Santos, 2013)..... | 58 |
| Quadro 38 – Parâmetros típicos para as lamas produzidas em decantadores primários (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 58 |
| Quadro 39 – Condições de funcionamento para a operação de decantação primária | 58 |
| Quadro 40 – Configuração dos decantadores primários..... | 59 |
| Quadro 41 – Parâmetros de cálculo por decantador primário | 59 |
| Quadro 42 – Eficiência de Remoção de Poluentes (CBO e SST) estimada após a decantação primária..... | 60 |
| Quadro 43 – Cálculo das lamas produzidas nos decantadores primários | 60 |
| Quadro 44 – Cálculo do colector de alimentação aos decantadores primários | 61 |
| Quadro 45 – Cálculo do total de descarregadores necessários para os decantadores primários..... | 61 |
| Quadro 46 – Dimensionamento dos descarregadores para os decantadores primários | 62 |
| Quadro 47 – Valores típicos dos coeficientes cinéticos para o processo de lamas activadas no tratamento de A.R. domésticas (adaptado de Santos, 2013) | 70 |

| | |
|--|----|
| Quadro 48 – Valores típicos de dimensionamento para o processo de lamas activadas (adaptado de Santos, 2013)..... | 70 |
| Quadro 49 – Dados gerais do tratamento biológico..... | 71 |
| Quadro 50 – Configuração dos compartimentos dos reactivores biológicos..... | 72 |
| Quadro 51 – Dimensionamento dos compartimentos aeróbio (nitrificação)..... | 72 |
| Quadro 52 – Dimensionamento dos compartimentos anóxico (desnitrificação)..... | 73 |
| Quadro 53 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de decantadores secundários (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 76 |
| Quadro 54 – Parâmetros típicos para as lamas produzidas em decantadores secundários (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 76 |
| Quadro 55 – Condições de funcionamento para a operação de decantação secundária..... | 77 |
| Quadro 56 – Configuração dos decantadores secundários..... | 78 |
| Quadro 57 – Parâmetros de cálculo por decantador secundário..... | 78 |
| Quadro 58 – Cálculo das lamas produzidas em excesso para os decantadores secundários..... | 79 |
| Quadro 59 – Cálculo do colector de alimentação aos decantadores secundários..... | 79 |
| Quadro 60 – Cálculo do total de descarregadores necessários para os decantadores secundários..... | 80 |
| Quadro 61 – Dimensionamento dos descarregadores para os decantadores secundários..... | 80 |
| Quadro 62 – Dimensionamento do tanque misturador de lamas..... | 82 |
| Quadro 63 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de espessadores gravíticos (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 86 |
| Quadro 64 – Condições de afluência para a operação de espessamento..... | 86 |
| Quadro 65 – Balanço de lamas afluentes ao espessamento..... | 87 |
| Quadro 66 – Balanço de lamas efluentes ao espessamento..... | 87 |
| Quadro 67 – Sobrenadantes efluentes ao espessamento..... | 88 |
| Quadro 68 – Configuração dos espessadores gravíticos..... | 88 |
| Quadro 69 – Parâmetros de cálculo por espessadores gravíticos..... | 89 |
| Quadro 70 – Parâmetros típicos para tempos de retenção de sólidos de digestores anaeróbios (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 96 |
| Quadro 71 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de digestores anaeróbios (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 97 |
| Quadro 72 – Dimensões típicas para digestores anaeróbios de mistura completa (adaptado de Astals and Mata, 2011)..... | 97 |
| Quadro 73 – Condições de funcionamento para a operação de digestão anaeróbia..... | 98 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 74 – Parâmetros de cálculo para a operação de digestão anaeróbia..... | 98 |
| Quadro 75 – Balanço de massas afluentes à operação de digestão anaeróbia..... | 99 |
| Quadro 76 – Balanço de massas efluentes à operação de digestão anaeróbia..... | 100 |
| Quadro 77 – Parâmetros característicos para a operação de centrifugação (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 103 |
| Quadro 78 – Condições de funcionamento para a operação de centrifugação..... | 104 |
| Quadro 79 – Balanço de massas da operação de centrifugação..... | 104 |
| Quadro 80 – Compilação dos processos unitários constituintes da ETAR..... | 105 |
| Quadro 81 – Critérios de qualidade recomendados para reutilização de ART em Portugal [adaptado de Monte e Albuquerque, 2010]..... | 109 |
| Quadro 82 – Factores a considerar na selecção da fileira de tratamento de ART [Monte e Albuquerque, 2010]..... | 112 |
| Quadro 83 – Características de um desinfectante ideal..... | 114 |
| Quadro 84 – Vantagens e desvantagens dos tipos de desinfecção para a reutilização de ART..... | 116 |
| Quadro 85 – Níveis de serviço propostos para a reutilização de ART..... | 121 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Localização do empreendimento | 23 |
| Figura 2 - Planta urbanística do empreendimento | 24 |
| Figura 3 – Localização da ETAR..... | 25 |
| Figura 4 – Local da ETAR..... | 26 |
| Figura 5 - Fileira de tratamento proposta | 36 |
| Figura 6 – Sistema de grades mecânicas (adaptado do catálogo da Ecoplants) | 43 |
| Figura 7 - Esquema representativo da posição e dimensões das grades | 44 |
| Figura 8 – Tanque desarenador/desengorduração (adaptado de Santos, 2013) | 50 |
| Figura 9 – Decantador primário (adaptado do catálogo da Ecoplants)..... | 54 |
| Figura 10 - Esquema representativo do dimensionamento dos descarregadores..... | 56 |
| Figura 11 - Esquema representativo do sistema de tratamento secundário proposto..... | 63 |
| Figura 12 – Espessador gravítico (adaptado do catálogo da Ecoplants)..... | 83 |
| Figura 13 – Digestor anaeróbio de mistura completa | 90 |
| Figura 14 – Centrífuga (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)..... | 101 |
| Figura 15 - Esquema do circuito da reutilização da água tratada | 122 |

1. OBJECTIVO

No âmbito do Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de mestre do curso de engenharia civil, ramo de hidráulica, serve o presente projecto para desenvolver um estudo ao nível de um pré-dimensionamento das linhas de tratamento e dos respectivos órgãos que as compõe, para uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), destinada ao tratamento de efluentes provenientes de um empreendimento turístico e habitacional titulado “Futungo Belas” previsto em Luanda – Angola.

2. ESTRUTURAÇÃO

O desenvolvimento do presente trabalho, teve por base os seguintes princípios e metodologias:

I. Avaliação da composição quantitativa do afluente à ETAR a tratar para o ano de início de exploração e horizonte de projeto

- Estimativa das populações previstas;
- Estudo das capitações de água, baseado nos hábitos de consumo previstos para os diferentes equipamentos que constituem o empreendimento;
- Quantificação dos caudais afluentes à ETAR.

II. Avaliação da composição qualitativa do afluente e efluente à ETAR

- Avaliação da composição qualitativa do afluente caracterizado através de parâmetros físicos, químicos e biológicos;
- Definição dos valores limites de concentração de poluentes do efluente a descarregar no meio receptor, em conformidade com o enquadramento legal.

III. Análise dos processos de tratamento a implementar

- Definição dos níveis de tratamento a implementar;
- Avaliação das eficiências dos processos a implementar de modo a atingir o objectivo pretendido para a qualidade do efluente a descarregar no meio receptor;
- Definição das linhas de tratamento da fase líquida e sólida.

IV. Dimensionamento dos sistemas de tratamento da ETAR

- Dimensionamento dos órgãos que constituem os processos e operações unitárias selecionados, com base em critérios e parâmetros bibliográficos tipicamente utilizados e em conformidade com os equipamentos disponíveis no mercado.

V. Reutilização de águas residuais tratadas

- Avaliação de potenciais aplicações para a reutilização de águas residuais tratadas (ART) e abordagem dos processos e sistemas que compõe as fileiras típicas de reutilização de ART, deixando uma proposta para a ETAR em estudo.

3. INTRODUÇÃO

3.1 ENQUADRAMENTO LEGAL DO EFLUENTE À ETAR

A ETAR tem por objectivo tratar as águas residuais (AR), reduzindo a carga poluente através de várias fases de tratamento até se atingirem concentrações admissíveis, de modo a que o efluente final possa ser descarregado nas massas de águas (meios receptores), cumprindo os níveis de concentrações estipulados por Lei, e/ou de modo a permitir a sua reutilização.

No Anexo VI do Decreto Presidencial N.º 261/11 de 6 de Outubro (Regulamento da Qualidade da Água - Angolano), estão definidos os valores limites de emissão (VLE) na descarga de AR, à semelhança do Decreto-Lei 236/98 em Portugal, em que ambos estabelecem as 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.

No caso de Portugal, o Decreto-Lei 152/97 e respectivas alterações estabelecem os requisitos para a recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas (ARU) no meio aquático de um modo mais aprofundado, em função da classificação de zonas do meio receptor, estabelecendo valores de parâmetros de descarga de AR mais exigentes, assim como impõe o nível de tratamento mínimo da fase líquida para as ETAR's.

No Quadro 1 apresentam-se alguns dos VLE do Decreto Presidencial N.º 261/11 (Angolano) que servem de base como principais indicadores para a qualidade do efluente na descarga de AR para o meio receptor (Anexo I).

Quadro 1 – VLE (adaptado do Anexo VI do DP N.º 261/11 - Angolano)

| Parâmetro | Unidade | VLE |
|---------------------|----------------------|--|
| CBO ₅ | mg/L | 40 |
| CQO | mg/L | 150 |
| SST | mg/L | 60 |
| N - total | mg/L N | 15 |
| N - NH ₄ | mg/L NH ₄ | 10 |
| P - total | mg/L P | 10 3 (em águas que alimentem lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras) |

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AR

As ARU constituem uma mistura complexa de substâncias orgânicas, inorgânicas, dissolvidas e suspensas na água. São também constituídas por numerosos microrganismos, nomeadamente patogénicos. É necessário um conhecimento detalhado das características físicas, químicas e microbiológicas das AR, para que possa haver um correcto dimensionamento e funcionamentos das ETAR's.

As características das ARU variam imenso de população servida para população servida, devido não só à qualidade das águas de abastecimento como as características sócio-económicas da própria população.

Assim a caracterização das águas residuais, é em função da sua origem, avaliando a sua composição através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Características físicas, químicas e biológicas das ARU e suas origens [Tchobanouglos et al., 2004]

| CARACTERÍSTICAS | PARÂMETROS | ORIGEM |
|-------------------|---------------------------|--|
| Físicos | Cor | Resíduos domésticos/industriais e decomposição de matéria orgânica. |
| | Cheiro | Decomposição de substâncias. |
| | Temperatura | AR domésticas/industriais |
| | Sólidos | Água de abastecimento, Erosão, infiltrações e AR domésticas/industriais. |
| Químicos | Orgânicos | |
| | Carbohidratos | AR domésticas/industriais |
| | Proteínas | |
| | Óleos e Gorduras | |
| | Detergentes | |
| | Pesticidas | Resíduos agrícolas |
| | Fenóis | AR industriais |
| | Compostos Voláteis | AR domésticas/industriais |
| | Compostos Carcinogénicos | |
| | Inorgânicos | |
| | Alcalinidade | AR domésticas/industriais, água potável e água subterrânea infiltrada. |
| | Cloretos | |
| | Metais Pesados | AR industriais |
| | Azoto | AR domésticas e escorrências agro-pecuárias |
| | Fósforo | AR domésticas/industriais e escorrências naturais |
| | pH | AR domésticas/industriais |
| | Enxofre | AR domésticas/industriais e águas de abastecimento |
| | Gases | |
| | Ácido Sulfídrico e Metano | Decomposição de AR domésticas |
| | Oxigénio | Água de abastecimento e infiltração de águas superficiais |
| Biológicos | Plantas e Animais | Cursos de Água e ETAR |
| | Vírus e Bactérias | AR domésticas e ETAR |

3.3 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DA QUALIDADE DAS AR

Com base em valores bibliográficos, segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), os valores típicos de alguns parâmetros característicos para diferentes tipos de ARU em Portugal, apresentam-se de acordo com os Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Composição típica de ARU não tratadas em Portugal [adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010]

| Parâmetro | Unidade | Valor típico |
|------------------|---------|--------------|
| CBO ₅ | mg/L | 290 |
| CQO | mg/L | 608 |
| SST | mg/L | 190 |
| N | mg/L | 60 |
| P | mg/L | 8,5 |
| Óleos e Gorduras | mg/L | 115 |

Quadro 4 – Valores típicos de alguns parâmetros característicos para diferentes tipos de ARU em Portugal [Marecos do Monte e Albuquerque, 2010]

| Parâmetro | Unidade | Águas residuais | | |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Não tratadas | Após tratamento primário | Após tratamento secundário |
| CBO ₅ | mg/L | 150 – 400 | 100 – 250 | 20 – 40 |
| CQO | mg/L | 350 – 1000 | 200 – 500 | 80 – 140 |
| SST | mg/L | 100 – 350 | 80 – 140 | 10 – 50 |
| N- tot | mg/L N | 50 – 80 | 30 – 50 | 5 – 15 |
| N-NH ₄ | mg/L NH ₄ | 25 – 50 | 20 – 40 | 10 – 20 |
| P- tot | mg/L P | 15 – 20 | 10 – 15 | 5 – 10 |
| Coliformes fecais | NMP/100 mL | 10 ⁷ – 10 ⁹ | 10 ⁶ – 10 ⁸ | 10 ² – 10 ⁷ |

3.4 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS TÍPICOS DE AR

Os níveis de tratamento necessários que as AR têm de sofrer para diminuir a sua carga poluente, de modo a que possam ser descarregadas nos cursos de água sem que se contaminem os mesmos, são os que definem a fileira de tratamento de AR que compõe uma ETAR.

A fim de se atingirem os diferentes níveis de remoção de contaminantes, o tratamento de águas residuais urbanas é constituído por três fases: líquida, sólida e gasosa. A fase líquida, a mais importante no processo da ETAR, na generalidade divide-se em quatro níveis de tratamento, nomeadamente, preliminar, primário, secundário e terciário ou avançado. O tratamento da fase sólida, resulta dos

subprodutos que vão sendo extraídos ao longo da fase líquida (Pereira, 2008), e por sua vez, a fase gasosa resulta dos subprodutos das fases anteriores (líquida e sólida).

Fase líquida:

Tratamento Preliminar – é onde se inicia o tratamento das ARU quando chegam à ETAR, abrangendo a obra de entrada. Esta fase consiste na eliminação/redução de elementos grosseiros que possam interferir com os tratamentos seguintes ou que possam aumentar os custos de operação destes. Entre estes elementos destacam-se os trapos, plásticos, latas, pedaços de madeira, pequenas pedras e areias. O tratamento preliminar pode ser constituído pelas seguintes operações unitárias: gradagem, desarenação/desengorduramento e homogeneização e/ou equalização (Vesilind, 2003). No entanto, as operações referidas podem ser dispensadas, se as características do afluente o justificarem.

Tratamento Primário – a este está associado a remoção parcial dos sólidos suspensos e de matéria orgânica através de tratamentos físicos, como a sedimentação (decantação primária). Segundo Tchobanouglos *et al.* (2004), através deste tratamento é possível obter percentagens de remoção de sólidos suspensos na ordem dos 50 a 70% e de 25 a 40% de matéria orgânica. Durante esta fase, embora menos frequente, pode também incluir-se a adição de químicos, nomeadamente reagentes e coagulantes, de modo a acelerar a sedimentação das partículas. O tratamento primário actua como um precursor para o tratamento secundário, produzindo um efluente líquido mais clarificado e adequado ao tratamento biológico e separando os sólidos como a lama, denominada de lama primária, de modo a que esta seja convenientemente tratada antes de ser enviada a destino final (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

Tratamento Secundário – este tratamento tem por objectivo remover os compostos orgânicos solúveis e coloidais e sólidos em suspensão, que permanecem no efluente após o tratamento primário. Isto porque os seus valores, geralmente, ainda não cumprem as normas de descarga. A este tipo de tratamento também pode estar

associada a remoção de nutrientes, nomeadamente fósforo e azoto (Tchobanouglos *et al.*, 2004). Na sua generalidade o tratamento secundário tem por base um tratamento biológico, através de microrganismos que decompõem a matéria orgânica, pois as ARU podem ter uma forte componente biodegradável.

Os principais processos biológicos são aeróbios, anaeróbios ou a sua mistura. Além disso, os processos podem ser classificados em duas categorias: biomassa suspensa e biomassa fixa. Relativamente à biomassa suspensa, os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em gases e tecido celular são mantidos em suspensão no líquido (ex. lamas activadas). No caso da biomassa fixa, os microrganismos estão ligados a um meio inerte (ex. leitos percoladores, biofiltros e discos biológicos) (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

Ao longo do tratamento biológico, a acção de depuração da matéria orgânica por parte dos microrganismos vai levar à formação de dióxido de carbono, formas de azoto reduzidas (NH_4^+) e oxidadas (NO_3^-) e à formação de biomassa, pelo que é necessário separar os sólidos da água. Para este efeito, geralmente o reaktor biológico está combinado com alguma forma de remoção de sólidos (ex. decantadores), formando-se assim as lamas secundárias (Pires, 2009).

Tratamento Terciário – este tratamento permite aumentar a eficiência da ETAR, através da remoção de sólidos em suspensão, azoto, fósforo, microrganismos patogénicos e compostos tóxicos específicos, que não foram eliminados através dos tratamentos anteriores (Pita, 2002). Os processos usados dependem dos objectivos que se pretendem, estes podem ser a precipitação química, tratamento biológico e desinfecção. Para a remoção de nutrientes (azoto e/ou fósforo) pode ser utilizada a precipitação química ou tratamento biológico. No que se refere à remoção/inactivação de organismos patogénicos é usada a desinfecção, normalmente através do uso de cloro, ozono ou radiação ultravioleta (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

Fase sólida:

Tratamentos da fase sólida – Através do tratamento da fase líquida numa ETAR, nomeadamente da decantação primária e decantação secundária, são captados os subprodutos gerados, denominados de lamas. A fase de tratamento de lamas tem por objectivo tornar o seu manuseamento mais fácil e mais seguro, assim como reduzir os custos do seu transporte a destino final (Pereira, 2008). O tratamento das lamas é geralmente constituído por três níveis: espessamento, estabilização e desidratação. O espessamento permite reduzir o volume de lamas, aumentando o teor de sólidos das lamas que provêm da fase líquida da ETAR. A estabilização das lamas pode ser realizada através de processos químicos e/ou biológicos (ex. digestão anaeróbia), tendo como objectivo a redução drasticamente do odor ofensivo e eliminando a maior parte da carga patogénica presente. No caso da desidratação, este processo permite eliminar maior parte do teor de humidade das lamas, reduzindo conseqüentemente o volume da lama (ex. centrifugação).

No Quadro 5 são descritos os níveis de tratamento e respectivos processos e operações unitárias frequentemente utilizadas nas ETAR's.

**Quadro 5 – Descrição dos diversos níveis de tratamento que compõem uma ETAR
(Adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)**

| Nível de tratamento | Descrição | Operações e Processos |
|---------------------|--|---|
| Preliminar | Remoção de sólidos grosseiros para evitar danificar os equipamentos, bem como os órgãos a jusante. | <ul style="list-style-type: none">- Gradagem;- Desarenação;- Homogenização e armazenamento;- Separação de óleos e gorduras; |
| Primário | Remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica, normalmente através de decantação. | <ul style="list-style-type: none">- Químico: neutralização (adição de reagentes químicos e coagulantes);Físico: Flotação, Decantação, Filtração. |

**Quadro 5 – Descrição dos diversos níveis de tratamento que compõem uma ETAR
 (Adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004) - Continuação**

| Nível de tratamento | Descrição | Operações e Processos |
|----------------------------|--|---|
| Secundário | Remoção da maioria da matéria orgânica por processos biológicos seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento: aeróbio e anaeróbio. O processo físico-químico é constituído por um ou mais decantadores secundários. | <ul style="list-style-type: none"> - Filtração; - Lamas Activadas; - Leitões Percoladores; - Discos Biológicos; - Lagoas Anaeróbias; - Lagoas Aeróbias; - Lagoas de estabilização; - Digestão anaeróbia; - Decantação. |
| Terciária | Aumenta a eficiência da remoção de sólidos suspensos dissolvidos, de nutrientes ou compostos tóxicos específicos. | <ul style="list-style-type: none"> - Decantação; - Filtração; - Adsorção sobre carvão; - Troca iónica; - Osmose inversa; - Desinfecção. |
| Tratamento de Lamas | Estabiliza as lamas removidas da água residual durante o tratamento, inactiva os organismos patogénicos e reduz o volume das lamas. | <ul style="list-style-type: none"> - Desinfecção; - Espessamento; - Digestão Anaeróbia; - Desidratação; - Higienização. |

3.5 DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES E PROCESSOS E UNITÁRIOS SELECIONADOS

3.5.1 Gradagem

A gradagem destina-se à protecção dos equipamentos a jusante (bombas, filtros, tubagens, arejados, difusores, etc.) através da retenção de material sólido flutuante de maior dimensões existentes no afluente à ETAR, contribuindo por esse mesmo motivo, para a eficácia dos tratamentos a jusante.

Os materiais sólidos recolhidos pelas grades, chamados de gradados, tais como trapos, plásticos, pedaços de madeira, latas, etc, são o primeiro subproduto gerado pelo tratamento das AR, tendo geralmente como destino final a deposição em aterro sanitário.

As grades são classificadas em função do espaçamento entre barras (grades finas, grades médias, grades grosseiras) e do tipo de limpeza aplicado (limpeza manual ou mecânica). As grades apresentam aberturas de tamanho uniforme.

3.5.2 Desarenação/Desengorduração

A operação de desarenamento e desengorduração, destina-se à remoção de areias e gorduras, contribuindo para a protecção dos equipamentos electromecânicos instalados a jusante, a facilitar o tratamento e evitar possíveis obstruções nos colectores. Processa-se em tanques especialmente concebidos para assegurar uma velocidade de escoamento que permite a deposição gravítica dessas areias, mas suficientemente rápida para impedir a deposição de quantidades significativas de matéria orgânica.

Posteriormente, os sedimentos são conduzidos para um classificador de areias, onde se processa a sua lavagem, remoção da matéria orgânica existente e a redução do teor de humidade. Após o armazenamento em contentores, as areias são encaminhadas para destino final, que poderá incluir a valorização ou a deposição em aterro (Pereira, 2008).

Os óleos e gorduras formam geralmente películas superficiais, que dificultam as trocas gasosas, condicionando a actividade das bactérias e microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico e sobretudo a qualidade do efluente final descarregado no meio receptor natural. Por isso, está normalmente associada ao processo de desarenação, a remoção de óleos e gorduras, sendo estes encaminhados para tratamento apropriado, dada a sua resistência à degradação por via biológica (Pereira, 2008).

3.5.3 Decantação primária

O objectivo principal da decantação primária é a eliminação da maior parte dos sólidos sedimentáveis, clarificando o afluente ao processo secundário, a fim de reduzir as cargas poluentes e aumentar a facilidade de tratamento.

A decantação primária, consiste na sedimentação promovida pela separação entre a água e as partículas em suspensão, mais densas que a água, efectuada pela acção da força da gravidade. É uma das operações unitárias mais utilizadas no tratamento de AR, permitindo, numa fase primária, retirar a maior parte dos sólidos em suspensão. Permite também separar os flóculos biológicos em suspensão, nos casos em que as lamas biológicas do tratamento secundário, são recirculadas para montante do decantador primário.

A decantação primária permite normalmente uma remoção média de 50-70% dos sólidos suspensos e 25-40% da carência bioquímica de oxigénio (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

3.5.4 Tratamento secundário biológico

O tratamento secundário tem como objectivo principal, reduzir o conteúdo orgânico e, em alguns casos, os nutrientes, nomeadamente o azoto e o fósforo, assim como a remoção de compostos orgânicos residuais, que podem ser tóxicos.

O tratamento secundário biológico, pode ser realizado através de um processo de lamas activadas. Este processo é dos tratamentos biológicos mais utilizados no tratamento de ARU, e normalmente funciona em regime contínuo. Este modelo, consiste na mistura da água residual afluente ao reactor biológico (tanque de arejamento) com a lama biológica (lama activada) no interior do mesmo, denominando-se o conteúdo do reactor, resultante desta mistura, de licor misto. Do tanque de arejamento, o licor misto segue para uma operação de decantação secundária, onde por acção da gravidade se separa a lama biológica da água residual tratada. A lama biológica sedimentada no decantador secundário, é

posteriormente reciclada para o tanque de arejamento de forma a manter uma relação F/M (Food/Microorganism) capaz de degradar os constituintes poluentes da água residual afluyente. A relação F/M corresponde à razão entre o substrato e a população microbiológica. Como os microrganismos vão sendo constantemente formados no decorrer do processo, a biomassa em excesso tem que ser removida do sistema, podendo esta purga de lamas ser feita a partir da lama sedimentada no decantador secundário ou a directamente a partir do tanque de arejamento (Water Environment Federation, 2003).

As lamas activadas são o processo de biomassa suspensa mais utilizado, permitindo uma eficiência de remoção de 90-95% da carga poluente da água residual. O arejamento do licor misto (água residual + biomassa microbiana) necessita de aproximadamente 8 m³ de ar, por cada m³ de água residual que entra no tanque de arejamento, tendo como objectivo, promover o crescimento microbiológico, a respiração endógena e a homogeneização do reactor aeróbio (Lin e Lee 2007).

Após a decantação das lamas no decantador secundário, o excesso de lamas biológicas é removido através de bombas e encaminhado para posterior tratamento da fase sólida (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A remoção de azoto da água residual é usualmente materializada através de um processo combinado de nitrificação-desnitrificação (Paredes *et al.*, 2007).

Este processo envolve duas etapas:

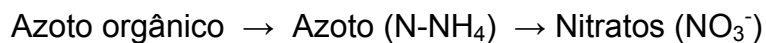
- a etapa de nitrificação, pelo qual o azoto orgânico e amoniacal são oxidados a nitrato através de duas reacções sequenciais em condições aeróbias;
- a etapa de desnitrificação, onde em condições anóxicas e na presença de carbono orgânico, o nitrato formado na etapa anterior é reduzido a azoto molecular (Pires, 2007).

A nitrificação é o processo pelo qual as formas reduzidas de azoto presentes na água residual são parcial ou totalmente convertidas a nitrato. De acordo com Prosser (1989), a nitrificação desempenha um papel fundamental no ciclo do azoto, convertendo a forma mais reduzida do azoto (NH₄⁺) à sua forma mais oxidada (NO₃⁻). A oxidação do azoto amoniacal a nitrato ocorre com a formação intermédia

de nitrito, que por ser relativamente instável, é, na maioria dos casos, rapidamente convertido em nitrato.

Por cada g de $\text{NH}_4\text{-N}$ oxidado a $\text{NO}_3\text{-N}$ são consumidos 4,6 g de oxigénio, são destruídas 7,2 g de alcalinidade e são formadas 0,1 g de células (Mano, 2007).

De seguida são apresentadas as reacções envolvidas no processo de nitrificação:



O processo biológico de desnitrificação envolve a redução do azoto sob a forma de nitrato (NO_3) a espécies azotadas gasosas. O azoto gasoso (N_2) é o principal produto deste processo, no entanto podem surgir também como produtos o óxido nitroso (N_2O) ou o óxido nítrico (NO). As espécies de azoto gasoso não estão imediatamente disponíveis para o crescimento biológico, pelo que a desnitrificação converte o azoto em formas inofensivas que não tem efeitos significativos no ambiente (Halling-Sorensen e Jorgensen, 1993).

O uso do oxigénio como aceitador final de electrões é energeticamente mais favorável que o uso do nitrato, pelo que a maior energia livre libertada pelo oxigénio, favorece-o quando este se encontra disponível, o que faz com que o processo de desnitrificação deve ser desenvolvido num ambiente anóxico para garantir que o nitrato, e não o oxigénio, é utilizado como aceitador final de electrões (Halling-Sorensen e Jorgensen, 1993).

Por cada g de $\text{NO}_3\text{-N}$ reduzido a N_2 são libertados 2,9 g de oxigénio, são recuperadas 3,0 g de alcalinidade e são consumidos 6,5 a 7,0 g de CQO quando a fonte de carbono utilizada é a água residual (Mano, 2007).

De seguida são apresentadas as reacções envolvidas no processo de desnitrificação:



Os processos de tratamento biológico permitem a remoção de matéria carbonácea, a oxidação do azoto orgânico e amoniacal, a nitratos e a redução do nitrato a azoto gasoso (N_2) através de modificações dos processos de biomassa em suspensão convencionais.

O sistema mais utilizado na generalidade das ETAR's, para remoção biológica de azoto, é geralmente constituído por um tanque com biomassa em suspensão que integra uma primeira zona anóxica seguida de uma zona aeróbia.

Nesta configuração utiliza-se uma recirculação da biomassa, efectuada a partir do decantador secundário para montante do reactor anóxico, e outra recirculação de nitratos, normalmente efectuada a partir do final da zona aeróbia para montante da zona anóxica (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A remoção de azoto neste tipo de processo pode atingir os 80% - 90%, dependendo da concentração de azoto afluente bem como da recirculação de nitrato, que pode variar de uma a três vezes o caudal.

Outro dos aspectos que é necessário acautelar está relacionado com a própria composição do efluente a tratar, nomeadamente com a quantidade de carbono e de azoto inicialmente presentes, pois a remoção de quantidades significativas de nitrato na zona anóxica remove igualmente quantidades significativas de carbono. Consequentemente, poder-se-á revelar importante não sujeitar o efluente a uma operação de decantação primária, com o objectivo de maximizar a quantidade de carbono disponível para a desnitrificação. Por outro lado, para efluentes específicos, poderá ser necessário dosear uma fonte exógena de carbono (ex. etanol), por forma a assegurar a presença de carbono em quantidade suficiente para a desnitrificação.

O volume da zona anóxica depende da quantidade de azoto que se pretende remover e da taxa de desnitrificação, que, por seu lado, depende da fonte de carbono utilizada, representando, na generalidade das situações, aproximadamente 20 a 50% do volume total (anóxico mais aeróbio).

3.5.5 Decantação secundária

A eficiência do processo de tratamento de AR por lamas activadas é largamente dependente da eficiência da separação sólido-líquido, que ocorre na operação de decantação secundária.

A decantação secundária tem como principais objectivos a clarificação do afluente proveniente do processo biológico (tanque de arejamento). Através da separação da biomassa mineralizada e floculada realizada no reactor biológico, devido à acção microbiana, posteriormente no processo de decantação, ocorre a sedimentação e espessamento gravítico dos sólidos, sendo uma fracção das lamas produzidas, recirculadas para o reactor biológico de modo a manter a concentração de lamas activadas necessárias para manter a eficiência do reactor no tratamento das AR. Em geral, a recirculação das lamas, poderá variar de 50 a 150% do caudal médio diário (*Tchobanouglos, 2004*). A restante fracção das lamas produzidas, nomeadamente as lamas em excesso, extraídas e encaminhadas para a linha de tratamento da fase sólida da ETAR (tratamento de lamas).

Os afluentes provenientes do reactor biológico, afluem directamente na zona central da câmara de decantação, designada chaminé central, que dispõe de um deflector anelar para tranquilização do escoamento, sendo obrigadas a efectuar um escoamento vertical descendente que facilita a decantação. O tempo de retenção no decantador secundário deve ser suficiente para se verificar a ocorrência dos fenómenos físicos de sedimentação dos sólidos em suspensão e de flotação dos sobrenadantes, que originam a acumulação de lamas no fundo do decantador e a eventual acumulação de escumas à superfície.

O líquido clarificado adquire um movimento ascensional e abandona o decantador através de uma lâmina descarregadora disposta em todo o perímetro da parte superior cilíndrica, sendo então recolhido por uma caleira inclinada. A caleira dispõe-se como uma coroa circular, drenando para uma câmara de visita a partir da qual o efluente é actualmente conduzido ao meio receptor. As lamas são periodicamente descarregadas para a uma estação elevatória e recirculadas para montante do reactor biológico.

3.5.6 Espessamento de lamas

O espessamento de lamas é o tratamento utilizado de forma a aumentar o teor em sólidos das lamas provenientes da decantação da fase líquida da ETAR. Permite reduzir o volume de lamas a serem encaminhadas para os processos seguintes, isto é, as lamas ficam mais concentradas, tornando esses mesmos sistemas mais eficazes, bem como reduzir os custos de operação dos mesmos. De uma forma geral é possível passar de um teor em sólidos de 0,8% para 4%, o que equivale a dizer, que volume de lamas se reduz para 1/5 (Tchobanouglos *et al.*, 2004). Segundo Spellman (2003), o tratamento de lamas com concentrações inferiores a 4%, ou seja, com um elevado teor de humidade, é geralmente impraticável.

Os métodos de espessamento de lamas, são geralmente de natureza física, compreendendo os tratamentos por espessamento gravítico, flotação por ar dissolvido, centrifugação, mesas de espessamento e tambor rotativo” (Spellman, 2003).

O espessamento gravítico é um dos métodos comuns mais utilizados e é realizado num tanque circular semelhante a um decantador convencional ou então efectua-se no fundo do próprio decantador (Buttz e Daigger, 1998). Este tratamento consiste na acumulação da lama, proveniente do decantador primário e/ou secundário, no fundo do espessador formando uma espécie de cobertor de lamas. O peso dos sólidos faz com que este cobertor se comprima e faça com que a água se liberte, subindo à superfície, de onde depois é retirada do espessador e encaminhada para a obra de entrada (Spellman, 2003). Para ajudar a esta densificação das lamas, por vezes estes espessadores, encontram-se equipados de pontes raspadores verticais que vão raspando as lamas lentamente permitindo abrir canais que permitem a escapatória da água. A lama espessada no fundo do órgão é bombeada para o digestor ou para a desidratação, dependendo do tipo de estação e tratamento optado (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

De modo a promover uma carga hidráulica constante e indicada de acordo com o dimensionamento do espessador gravítico, pode-se adicionar água de diluição (efluente final) ou polímeros às lamas que são encaminhadas para o espessador. O

efluente final que se adiciona às lamas vai também ele permitir manter as condições aeróbias, bem como ajuda na remoção de compostos orgânicos e inorgânicos solúveis que consomem grandes quantidades de produtos químicos utilizados no condicionamento das lamas (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

3.5.7 Estabilização de lamas - Digestão Anaeróbia

A estabilização de lamas é o tratamento que visa atingir os seguintes objectivos: reduzir o teor de organismos patogénicos; reduzir ou eliminar o potencial de putrefacção da matéria orgânica; eliminar odores ofensivos (Spellman, 1999). Ao promover a transformação da matéria orgânica, reduz também o nível de sólidos presentes nas lamas e, conseqüentemente, o volume total de resíduo.

Existem vários processos que possibilitam a estabilização das lamas. Os principais métodos utilizados para a estabilização das lamas são: a estabilização alcalina, a compostagem, ambas para lamas já desidratadas, e a digestão aeróbia para lamas espessadas (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A estabilização de lamas por via anaeróbia é um processo que envolve a degradação biológica, em condições de ausência de oxigénio, da matéria orgânica presente nas lamas resultantes do tratamento aplicado às AR a tratar e tem vindo a ser cada vez mais utilizada nos sistemas de tratamento de ARU.

Não se tratando de uma tecnologia que vise a eliminação final das lamas, o processo anaeróbio permite a obtenção de uma lama digerida com uma quantidade de nutrientes praticamente igual à lama fresca. Durante o processo de digestão, os nutrientes inicialmente presentes na forma orgânica, sofrem mineralização, apresentando-se assim no produto final numa forma mais facilmente assimilável pelas plantas. Este aspecto permite reforçar as possibilidades de aplicação das lamas digeridas no solo agrícola como fertilizante.

O processo anaeróbio pode dividir-se em três etapas: a hidrólise, a acidogénese, acetogénese e a metanogénese.

Na primeira etapa (hidrólise), as proteínas, lípidos e outros compostos orgânicos complexos são solubilizados, ou seja, são transformados em compostos mais simples, os quais serão usados como fonte de energia e carbono celular.

Na segunda etapa (acidogénese), os produtos da primeira etapa são convertidos em compostos intermédios de baixa massa molecular.

Por fim na terceira etapa (metanogénese), os compostos da segunda etapa são convertidos em compostos simples finais, como o metano e o dióxido de carbono (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

O aquecimento durante a digestão aumenta as taxas de crescimento dos microrganismos, a taxa de digestão e a produção de gás. Os digestores, geralmente são operados nas gamas de temperatura mesófilas (30 a 38 °C) e termófilas (50 a 60 °C). As variações de temperatura têm uma influência muito negativa nos microrganismos metanogénicos, que podem causar a ruptura do processo (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A dimensão global da estabilização de lamas pela digestão anaeróbia é tipicamente medida pelo grau de destruição de sólidos voláteis que ocorre ao longo de todo o digestor. Como a digestão anaeróbia é biologicamente controlada e depende do crescimento dos microrganismos, não ocorre uma completa destruição dos sólidos voláteis. São habituais rendimentos de destruição de sólidos da ordem dos 40 a 65% (Tchobanouglos *et al.*, 2004). As mais baixas percentagens na destruição de sólidos ocorrem com lamas biológicas ou lamas que contêm concentrações significativas de matérias difíceis de degradar (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A decomposição da matéria orgânica é levada a cabo por bactérias anaeróbias, cujos produtos do metabolismo compõem uma mistura gasosa denominada biogás. O biogás é normalmente constituído por metano (50 a 70%), dióxido de carbono (30 a 45%) e quantidades mais ou menos residuais de outros componentes (ex. ácido sulfídrico) (Santos, 2013).

O metano presente no biogás confere-lhe um conteúdo energético, que pode ser utilizado como uma forma de energia renovável, permitindo a sua utilização como

combustível gasoso em diversas aplicações, utilização em caldeira para aquecimento das lamas no digestor e a produção combinada de calor e electricidade (cogeração) em grupos motor-gerador, que para além de fornecer o calor necessário ao desenvolvimento estável do processo anaeróbio, permite também gerar uma mais-valia na forma de energia eléctrica para consumo local ou exportação para a rede eléctrica.

3.5.8 Desidratação de lamas - Centrífugas

Após os tratamentos de espessamento e digestão de lamas, estas ainda contêm elevados teores de humidade, pelo que são submetidas a um tratamento de desidratação. Este tratamento pode ser a última operação de tratamento da fase sólida na ETAR, assim como pode permitir uma diminuição significativa do volume de lamas.

O tipo de processo de desidratação adoptado terá de ter em conta factores como o tipo de lamas a serem desidratadas, o espaço disponível e o destino final a dar-lhes. As lamas podem ser desidratadas através de processos naturais ou através de processos mecânicos. Os sistemas naturais baseiam-se na evaporação e na percolação na desidratação das lamas, enquanto os sistemas mecânicos se baseiam na utilização de meios físicos com a utilização de energia externa (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

A desidratação de lamas através de centrifugação é um sistema mecânico que consiste na separação da fracção sólida da fracção líquida pela aplicação de forças centrífugas, permitindo desta forma obter uma separação das fracções mais rapidamente.

As forças centrífugas que estes órgãos aplicam às lamas, proporcionam a sua compactação. No interior das centrífugas, existe uma rosca transportadora que gira a uma velocidade inferior à do tambor, pressionando a lama que se encontra nas paredes internas, para fora do órgão (Ferreira e Nishuyama, 2003).

O seu desempenho é traduzido pelos seguintes parâmetros: concentração final de matéria seca, capacidade de retenção de sólidos e quantidade de produtos químicos ou polímeros que são utilizados. Durante o seu funcionamento não ocorre emissão de odores desagradáveis, nem de aerossóis evitando-se, assim possíveis contaminações.

As vantagens das centrífugas devem-se pelo facto de serem compactas, terem rendimento elevado, simples de operar, não exigindo acompanhamento permanente do funcionamento do equipamento. São de funcionamento automático e não necessitam de água nem de telas, ocupando menos espaço e produzindo menos odores. As principais desvantagens são os custos de manutenção elevados, desgaste rápido, níveis de ruído elevados, vibrações e consumos de energia elevados devido ao facto das máquinas trabalharem com altas velocidades rotativas (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

As centrífugas podem ser utilizadas para desidratar lamas sem utilização de condicionamento químico, mas quando estes são aplicados, mais concretamente, quando são adicionados polímeros às lamas, a captura de sólidos e a qualidade da água clarificada é melhorada consideravelmente.

O processo de desidratação por centrifugação permite atingir concentrações finais de matéria seca de 10 a 30% e com elevadas taxas de retenção de sólidos, de modo a aumentar a eficiência destes órgãos, são comumente utilizados polímeros (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

4. DADOS BASE

O empreendimento turístico e habitacional titulado “Futungo Belas” localiza-se a sudoeste de Luanda em Angola, junto à baía do Mussulo, conforme indicado no mapa representado na Figura 1.



Figura 1 – Localização do empreendimento

As características climáticas da região têm o mês de Março, como o mês mais quente do ano, com temperatura média ambiente de 27°C. No caso oposto, a temperatura média ambiente em Julho de 20.4°C, é considerada durante o ano, a temperatura média mais baixa.

O empreendimento encontra-se actualmente em fase de estudo, pelo que os dados fornecidos pelo promotor são ainda limitados neste momento.

A construção do empreendimento está prevista num prazo de 10 anos, a qual será desenvolvida em quatro fases correspondendo a quatro zonas de edificações.

Na Figura 2 está representada a planta urbanística que constitui o empreendimento, ilustrada com as fases de construção associadas.

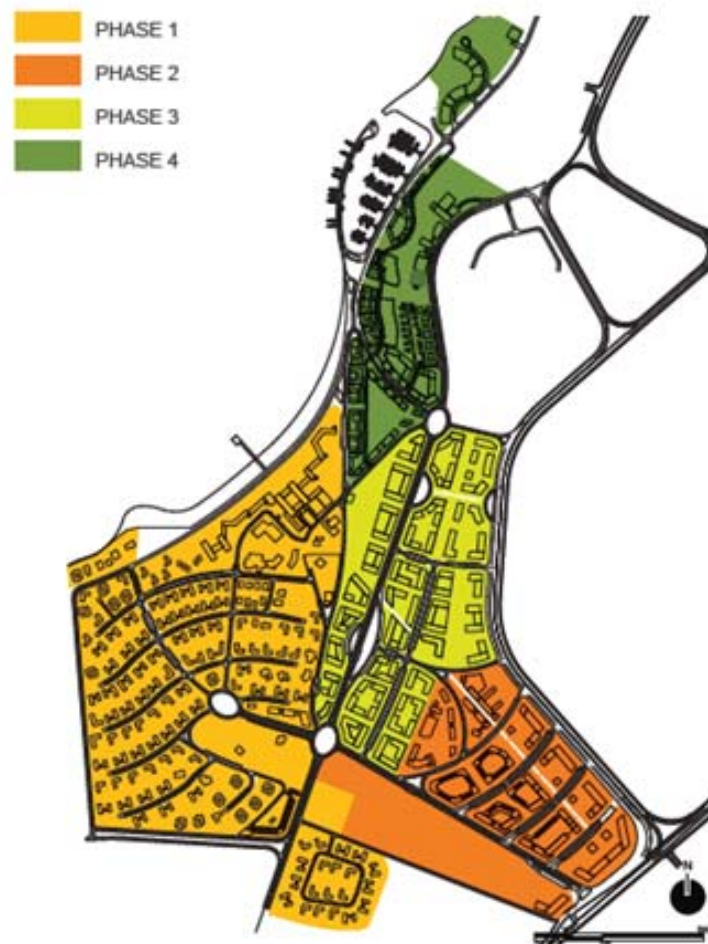


Figura 2 - Planta urbanística do empreendimento

A ETAR prevista destina-se exclusivamente ao tratamento dos efluentes do empreendimento, nomeadamente das AR urbanas com características predominantemente domésticas, uma vez que as edificações que constituem o empreendimento são do tipo habitacional e hoteleiro com equipamentos associados, nomeadamente escolas e comércio.

A ETAR será concebida para arrancar no final da 1.^a fase de construção correspondendo ao ano início de exploração (ano 0), sendo o final da 4.^a fase a conclusão da construção do empreendimento, equivalendo à população do ano horizonte de projecto (ano HP).

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ETAR

O local previsto pelo promotor para a implantação da ETAR, situa-se a norte do empreendimento, fora dos limites do mesmo, como indicado no ortofotomapa representado na Figura 3.



Figura 3 – Localização da ETAR

A zona marítima afastada da costa, situada a norte da baía do Mussulo, será meio receptor para o qual se prevê a descarga do efluente tratado da ETAR, através de um emissário submarino.

Na Figura 4, apresenta-se a parcela de terreno dedicada à instalação do complexo da ETAR.



Figura 4 – Local da ETAR

4.2 ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO

As populações para cada fase de construção, foram estimadas em função do número de edificações e áreas brutas de construção previstas para o empreendimento, conforme apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Edificações Previstas

| Edificação | Unidade | Fase | | | |
|------------------------|----------------|------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Apartamentos | un | 54 | 588 | 2383 | 745 |
| Residências | un | 30 | 67 | 0 | 0 |
| Moradias | un | 115 | 0 | 0 | 19 |
| Hotéis | camas | 471 | 0 | 0 | 130 |
| Retail/Armazéns | m ² | 510 | 800 | 21585 | 30497 |
| Comércio | m ² | 0 | 77370 | 55175 | 1800 |
| Escolas | m ² | 0 | 45837 | 0 | 0 |

Nota: As áreas apresentadas correspondem a áreas brutas de construção.

Em conformidade com o Plano Urbanístico, a cada tipo de edificação está atribuída uma densidade populacional conforme apresentada no Quadro 7.

Quadro 7 – Densidades Populacionais

| Edificação | Densidade Populacional | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | |
| Apartamentos | 4 | habitante/un |
| Residências | 4 | habitante/un |
| Moradias | 4 | habitante/un |
| Hotéis | 2 | hóspede/camas |
| | 10 | camas/funcionários |
| Retail/Armazéns | 35 | m ² /pessoa |
| Comércio | 25 | m ² /pessoa |
| Escolas | 10 | m ² /pessoa |

Nos Quadros 8 e 9, apresentam-se as estimativas das populações calculadas com base nas densidades populacionais para cada tipo de edificação e respectiva fase construção do empreendimento.

Quadro 8 – Populações Estimadas (Fase 1 e 2)

| Edificação | População - Fase 1 | | População - Fase 2 | |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Fixa | Flutuante (diária) | Fixa | Flutuante (diária) |
| Apartamentos | 216 | 0 | 2352 | 0 |
| Residências | 120 | 0 | 268 | 0 |
| Moradias | 460 | 0 | 0 | 0 |
| Hotéis | 0 | 942 | 0 | 0 |
| | 48 | 0 | 0 | 0 |
| Retail/Armazéns | 15 | 0 | 23 | 0 |
| Comércio | 0 | 0 | 3095 | 0 |
| Escolas | 0 | 0 | 0 | 0 |

Quadro 9 – Populações Estimadas (Fase 3 e 4)

| Edificação | População - Fase 3 | | População - Fase 4 | |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Fixa | Flutuante (diária) | Fixa | Flutuante (diária) |
| Apartamentos | 9532 | 0 | 2980 | 0 |
| Residências | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Moradias | 0 | 0 | 76 | 0 |
| Hotéis | 0 | 0 | 0 | 260 |
| | 0 | 0 | 13 | 0 |
| Retail/Armazéns | 617 | 0 | 872 | 0 |
| Comércio | 2207 | 0 | 72 | 0 |
| Escolas | 0 | 0 | 0 | 0 |

5. CARACTERIZAÇÃO DO AFLUENTE À ETAR

5.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DO AFLUENTE

As características quantitativas do afluente recepcionado pela ETAR foram estimadas com base nos consumos de água previstos para o tipo de ocupação populacional.

5.1.1 Capitações

A capitação de água por habitante tem por base o consumo médio anual por habitante para o ano 0.

Para o ano HP foi tido em conta uma evolução dos consumos de água da população a servir, admitindo uma taxa de crescimento das capitações de 25% em relação ao ano 0. Para este efeito a expressão 1, permite obter a capitação de água para o ano HP.

$$Cap_{,40} = (1 + tc) \cdot Cap_{,0} \quad [1]$$

Onde,

Cap_{,0} – Capitação no ano 0

Cap_{,40} – Capitação no ano 40

tc – taxa de crescimento das capitações (25%)

5.1.2 Caudais de Dimensionamento

Os caudais diários médios anuais (expressão 2) previstos no ano 0 do sistema e no ano HP, foram calculados com base nas capitações e populações associadas para cada ano, afectadas de um factor de afluência, e adicionando caudais de infiltração e afluentes localizados. Sendo estes últimos (caudais inerentes a afluentes localizados), não previstos.

O factor de afluência à rede é o valor pelo qual se deve multiplicar a capitação de consumo de água para se obter a capitação de afluência à rede de AR domésticas, variando geralmente entre 0,70 e 0,90 conforme o indicado no Decreto Regulamentar n.º 23/95 (regulamento português). Resulta de que nem toda a água consumida é drenada (perdas, regas, lavagens, etc.).

$$Q_{MED} = Cap \cdot Pop \cdot f_a + Q_{INF} + Q_{LOC} \quad [2]$$

Onde,

Q_{MED} – Caudal médio diário

Pop – População no ano n

Cap – Capitação no ano n

f_a – Factor de afluência

Q_{INF} – Caudal de infiltração (10% do Q_{MED})

Q_{LOC} – Caudal inerente a afluentes localizados

Os caudais de infiltração são provenientes de águas subterrâneas de afluências pluviais, ou seja, em função das características hidrogeológicas do solo em simultâneo com o tipo e estado de conservação do material dos colectores e respectivas juntas das redes de esgotos domésticos.

No presente caso, em relação às características hidrogeológicas do solo, uma vez que o nível freático do local é elevado, será de esperar infiltrações das águas subterrâneas, mesmo sabendo que a rede de esgotos a instalar, nos anos iniciais apresentará um bom estado de conservação do material dos colectores e caixas de visita.

Deste modo, foi previsto para os caudais de infiltração, 10% dos caudais médios diários.

Em relação a consumos localizados, não está previsto no empreendimento, sectores ou edificações que seja de considerar caudais inerentes a afluentes localizados ($Q_{LOC} = 0$).

Os caudais de ponta (expressão 3), foram calculados com base nos caudais médios anuais afectados de um factor de ponta instantâneo (expressão 4), exceptuando os caudais de infiltração e afluentes localizados.

$$Q_{PTA} = (Q_{MED} \cdot f_p) + Q_{INF} + Q_{LOC} \quad [3]$$

Onde,

Q_{PTA} – Caudal de ponta

f_p – Factor de ponta de acordo com o Decreto Regulamentar N.º 23/95 (regulamento português) que toma em função da seguinte expressão:

$$f_p = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{Pop}} \quad [4]$$

Foram tidas em conta as condições mínimas de afluência, para a operação dos órgãos da ETAR, definindo um caudal mínimo, equivalente a 30% dos caudais médios diários.

Em resumo do referido anteriormente, apresenta-se de seguida os resultados nos Quadros 10, 11 e 12, tendo estes valores de capitações de água baseados nas indicações vigentes no manual da EPAL, 2011.

Quadro 10 – Produção de AR no Ano 0

| Edificação | População | | Capitação | | Factor de Afluência | Q MÉDIO (m ³ /dia) | |
|------------------------|-------------|--------------------|-----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|
| | Fixa | Flutuante (diária) | | | | | |
| Apartamentos | 216 | 0 | 175 | L/habitante/dia | 0,85 | 32,1 | |
| Residências | 388 | 0 | 175 | L/habitante/dia | 0,85 | 57,7 | |
| Moradias | 460 | 0 | 200 | L/habitante/dia | 0,85 | 78,2 | |
| Hotéis | 0 | 942 | 400 | L/hóspede/dia | 0,85 | 320,3 | |
| | 48 | 0 | 100 | L/funcionários/dia | 0,85 | 4,1 | |
| Retail/Armazéns | 38 | 0 | 50 | L/pessoa/dia | 0,85 | 1,6 | |
| Comércio | 3095 | 0 | 25 | L/pessoa/dia | 0,85 | 65,8 | |
| Escolas | 4584 | 0 | 70 | L/pessoa/dia | 0,85 | 272,7 | |
| Totais | 8829 | 942 | | | | Total | 832,5 |

Quadro 11 – Produção de AR no Ano HP

| Edificação | População | | Capitação | | Factor de Afluência | Q med (m ³ /dia) |
|------------------------|--------------|--------------------|-----------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| | Fixa | Flutuante (diária) | | | | |
| Apartamentos | 15080 | 0 | 218,8 | L/habitante/dia | 0,85 | 2803,9 |
| Residências | 388 | 0 | 218,8 | L/habitante/dia | 0,85 | 72,1 |
| Moradias | 536 | 0 | 250,0 | L/habitante/dia | 0,85 | 113,9 |
| Hotéis | 0 | 1202 | 500,0 | L/hóspede/dia | 0,85 | 510,9 |
| | 61 | 0 | 125,0 | L/funcionários/dia | 0,85 | 6,5 |
| Retail/Armazéns | 1527 | 0 | 62,5 | L/pessoa/dia | 0,85 | 81,1 |
| Comércio | 5374 | 0 | 31,3 | L/pessoa/dia | 0,85 | 142,7 |
| Escolas | 4584 | 0 | 87,5 | L/pessoa/dia | 0,85 | 340,9 |
| Totais | 27550 | 1202 | | | Total | 4072,1 |

Quadro 12 – Caudais de água residual afluyente

| Ano de Exploração | População | Q med (m ³ /dia) | Q inf (m ³ /dia) | Q med real (m ³ /dia) | f _p | Q pta (m ³ /dia) | Q mín (m ³ /dia) |
|-------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ano 0 | 9771 | 832,5 | 83,3 | 915,8 | 2,1 | 1837,4 | 249,8 |
| Ano HP | 28752 | 4072,1 | 407,2 | 4479,3 | 1,9 | 7956,3 | 1221,6 |

Nota: $Q \text{ med real} = Q \text{ med} + Q \text{ inf}$

5.2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO AFLUENTE À ETAR

Os parâmetros agregados à composição das AR domésticas, como a carência bioquímica de oxigénio (CBO), a carência química de oxigénio (CQO), os sólidos suspensos totais (SST), o azoto (N), o fósforo (P), coliformes fecais e os óleos e gorduras, são os principais indicadores mais tipicamente utilizados para caracterizar os afluentes às ETAR's, servindo estes de base para o dimensionamento das mesmas. O caso dos coliformes fecais, geralmente, é o indicador tradicionalmente aplicado para o dimensionamento de sistemas de reutilização de ART, permitindo estimar a quantidade de microrganismos patogénicos presentes nas ART.

No Quadro 13 são apresentados os parâmetros assumidos para a caracterização da qualidade do afluente recepcionado pela ETAR, baseados em valores médios indicados no Quadro 4. Estes parâmetros representam os poluentes típicos presentes nas ARU, predominantemente domésticas, uma vez que o empreendimento destina-se à prática habitacional e hoteleira/turística, como já referido anteriormente.

Quadro 13 – Concentrações poluentes afluentes adoptadas

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|--------------------------|-----------|-----------------------|
| CBO₅ | mg/L | 275,0 |
| CQO | mg/L | 675,0 |
| SST | mg/L | 225,0 |
| N | mg/L | 40,0 |
| P | mg/L | 17,0 |
| Óleos e Gorduras | mg/L | 100,0 |
| Coliformes fecais | NMP/100mL | 5,0 x 10 ⁸ |

No Quadro 14 apresenta-se as cargas poluentes, em função das concentrações adoptadas no Quadro 13.

Quadro 14 – Cargas poluentes afluentes calculadas

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-------------------------|---------|-------|--------|
| CBO₅ | kg/d | 251,8 | 1231,8 |
| CQO | kg/d | 618,2 | 3023,5 |
| SST | kg/d | 206,1 | 1007,8 |
| N | kg/d | 36,6 | 179,2 |
| P | kg/d | 13,7 | 67,2 |
| Óleos e Gorduras | kg/d | 91,6 | 447,9 |

Nota: As cargas poluentes foram calculadas para condições médias (Q med).

Para o cálculo das cargas poluentes, seguiu-se a expressão 5.

$$\text{Carga Poluente} = [\text{Concentração}] \times \text{Caudal} \quad [5]$$

6. FILEIRA DE TRATAMENTO PROPOSTA

A selecção de um dada fileira de tratamento é, pois, função das eficiências de tratamento a atingir, calculadas tendo em conta as características das AR brutas e os valores dos parâmetros característicos que se pretendem para o efluente. O estabelecimento destes parâmetros está relacionado com os objectivos de qualidade adoptados para o meio receptor.

Observando os quadros anteriores (Quadro 1, Quadro 4 e Quadro 14), conclui-se, que o nível de tratamento de secundário será o mais indicado para a ETAR em estudo, dando cumprimento aos VLE apresentados no Anexo VI do DP N.º 261/11 (Angolano).

Neste sentido propõe-se uma fileira de tratamento (Figura 5) com a sequência de operações e de processos unitários descritos seguidamente.

▪ Tratamento Preliminar:

- Gradagem mecânica para remoção de sólidos de maior dimensão;
- Desarenação/desengorduramento para remoção de areias, óleos e gorduras.

▪ Tratamento Primário:

- Decantação primária para a clarificação do afluente, sendo as lamas produzidas, posteriormente conduzidas para o tratamento de lamas.

▪ Tratamento Secundário:

- Sistema de lamas activadas num rector biológico de mistura completa (sequência de compartimento anóxico - compartimento aeróbio) com recirculação de nitratos para montante do tanque anóxico;
- Decantação secundária com recirculação de lamas biológicas para montante do compartimento anóxico e extracção de lamas em excesso, posteriormente conduzidas ao tratamento de lamas.

- **Tratamento das lamas:**

- Espessamento gravítico das lamas mistas;
- Digestão anaeróbia para a estabilização das lamas;
- Desidratação das lamas através de centrifugas;
- Armazenamento das lamas desidratadas em silo.

- **Fase Gasosa**

- Desodorização e tratamento de odores, através de filtração do ar, proveniente dos decantadores, espessador de lamas em filtros de carvão activado, com regeneração por água.
- Armazenamento do biogás produzido na digestão anaeróbia para possível uso em cogeração e produção de energia.

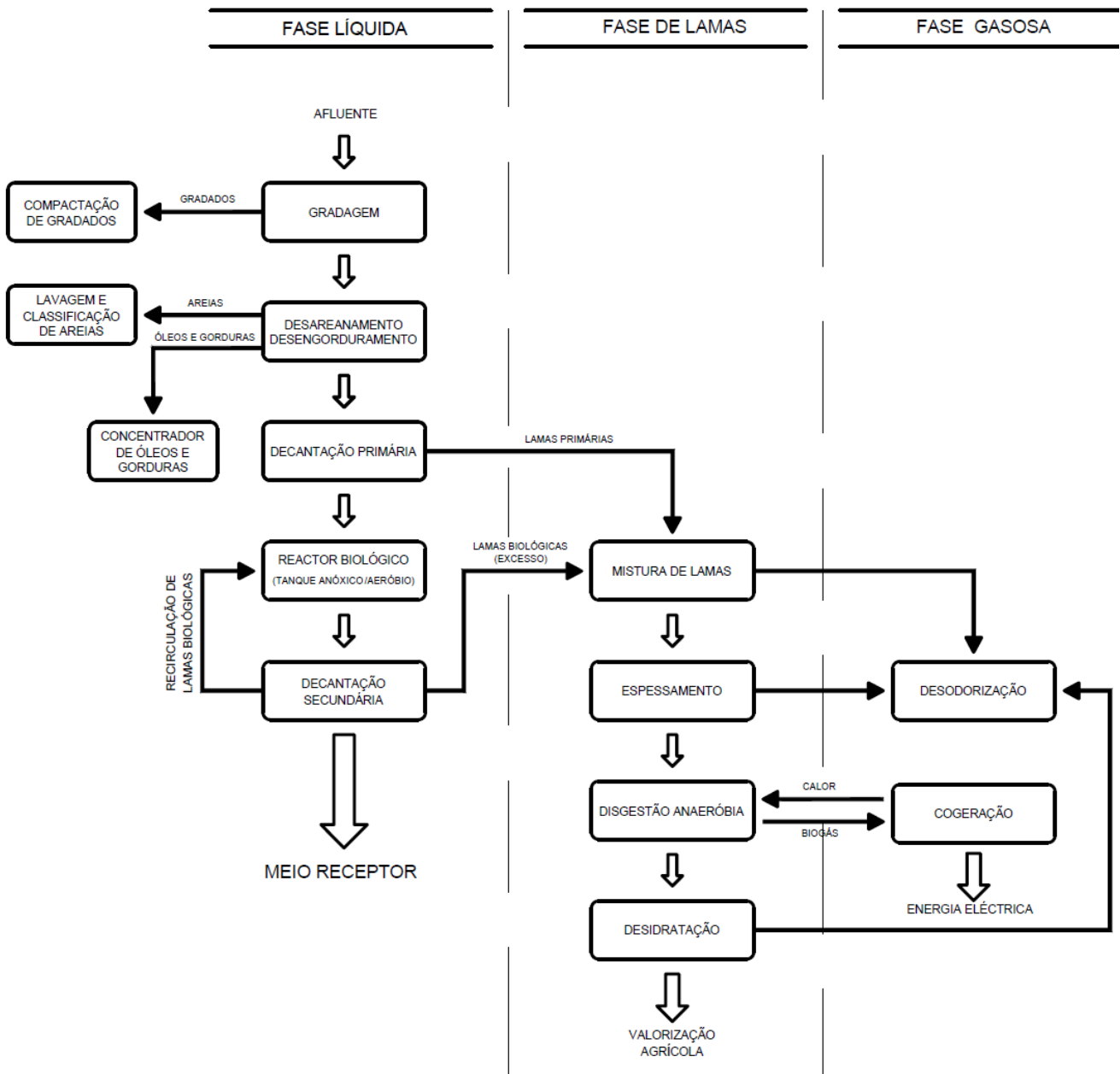


Figura 5 - Fileira de tratamento proposta

6.1 EFICIÊNCIAS TÍPICAS DOS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO PROPOSTOS

As eficiências típicas na remoção dos poluentes característicos das ARU, para os órgãos de tratamentos que compõem a linha da fase líquida proposta para a ETAR em estudo, foram baseadas em valores bibliográficos (Quadro 15). No Anexo II, são apresentados outros quadros que serviram também de base no

estudo das eficiências de remoções para os processos unitários (Quadros A-II.1, A-II.2, A-II.3 e A-II.4).

Quadro 15 – Eficiências de Remoções (adaptado de Santos, 2013)

| Tratamento | % de Remoção | | | | | | |
|---|------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------|---------|
| | CBO ₅ | CQO | SST | P | N-NH ₄ | N-org | N-total |
| Gradagem | - | - | - | - | - | - | - |
| Desarenação | - | - | - | - | - | - | - |
| Decant. Primária | 30 - 40 | 30 - 40 | 50 - 65 | 10 - 20 | 10 - 20 | 0 | 10-20 |
| Lamas activadas (sistema convencional) | 80 - 85 | 80 - 85 | 80 - 90 | 10 - 25 | 15 - 50 | 8 - 15 | 23 - 65 |

6.2 EFICIÊNCIAS ADMITIDAS PARA OS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO PROPOSTOS

No Quadro 16 apresentam-se os valores médios para as eficiências de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos, baseados nos valores bibliográficos apresentados no ponto 4.1.

Quadro 16 – Eficiência de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos – Valores Médios

| Tratamento | % de Remoção | | | | |
|---------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P |
| Gradagem | - | - | - | - | - |
| Desarenação | - | - | - | - | - |
| Decant. Primária | 30 - 40 | 30 - 40 | 50 - 65 | 5 - 20 | 10 - 20 |
| Lamas activadas + nitrificação | 80 - 85 | 80 - 85 | 80 - 90 | 70 - 95 | 10 - 40 |

No Quadro 17, com base no Quadro 16, apresentam-se os valores admitidos para as eficiências de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos para a ETAR.

Quadro 17 – Eficiência de remoção de poluentes submetidos aos tratamentos propostos – Valores Admitidos

| Tratamento | % de Remoção | | | | |
|---------------------------------------|------------------|-----|-----|----|----|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P |
| Gradagem | - | - | - | - | - |
| Desarenação | - | - | - | - | - |
| Decant. Primária | 35 | 35 | 57 | 12 | 15 |
| Lamas activadas + nitrificação | 85 | 82 | 85 | 80 | 30 |

Com base nas eficiências de remoção constantes no Quadro 17, são calculadas as concentrações dos poluentes para o efluente submetido aos diferentes tratamentos propostos que compõe a linha de tratamento da fase líquida da ETAR, conforme apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 – Concentrações de poluentes submetidos aos tratamentos propostos

| Tratamento | Concentração [mg/L] | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------|-------|------|------|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P |
| Gradagem | 275,0 | 675,0 | 225,0 | 40,0 | 15,0 |
| Desarenação | 275,0 | 675,0 | 225,0 | 40,0 | 15,0 |
| Decant. Primária | 178,8 | 438,8 | 96,8 | 35,2 | 12,8 |
| Lamas activadas + nitrificação | 26,8 | 79,0 | 14,5 | 7,0 | 8,9 |
| % Total Removida | 90,3 | 88,3 | 93,6 | 82,4 | 40,5 |

7. DIMENSIONAMENTO DA FASE LÍQUIDA

Neste capítulo são descritas as funcionalidades, a metodologia aplicada, os critérios e parâmetros de dimensionamento e as soluções encontradas para as operações e processos unitários que fazem parte integrante dos processos de tratamento da fase líquida da ETAR em estudo.

Todos os órgãos de tratamento que constituem a fase líquida ETAR, serão equipados com um by-pass, de modo a possibilitar o isolamento relativamente a cada um, no âmbito de procedimentos de manutenção e/ou avarias dos mesmos. No mesmo sentido, os sistemas da ETAR que comprometem a qualidade do efluente descarregado no meio receptor, nomeadamente todos os que constituem a fase líquida da ETAR, com excepção da desarenação/desengorduração, serão constituídos pelo menos, por dois órgãos idênticos em funcionamento paralelo, no objectivo de possibilitar pelo menos o funcionamento provisório de um órgão, minimizando o impacto do tratamento dos sistemas em caso de manutenção e/ou avarias dos mesmos.

No Quadro 19 é apresentado o resumo das condições afluentes referenciadas anteriormente, calculadas com base nos caudais médios.

Quadro 19 – Cargas poluentes determinadas com base em concentrações e caudais médios

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|------------------|--------------|-------------------|--------|--------|
| População | | hab | 9771 | 28752 |
| Caudais | Q mín | m ³ /d | 249,8 | 1221,6 |
| | Q med | m ³ /d | 915,8 | 4479,3 |
| | Q pta | m ³ /d | 1837,4 | 7956,3 |
| CBO ₅ | Concentração | mg/L | 275,0 | 275,0 |
| | Carga | kg/d | 251,8 | 1231,8 |
| CQO | Concentração | mg/L | 675,0 | 675,0 |
| | Carga | kg/d | 618,2 | 3023,5 |
| SST | Concentração | mg/L | 225,0 | 225,0 |
| | Carga | kg/d | 206,1 | 1007,8 |

Quadro 19 – Cargas poluentes determinadas com base em concentrações e caudais médios - Continuação

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-------------------|--------------|-----------|----------------------|----------------------|
| N | Concentração | mg/L | 40,0 | 40,0 |
| | Carga | kg/d | 36,6 | 179,2 |
| P | Concentração | mg/L | 15,0 | 15,0 |
| | Carga | kg/d | 13,7 | 67,2 |
| Óleos e Gorduras | Concentração | mg/L | 100,0 | 100,0 |
| | Carga | kg/d | 91,6 | 447,9 |
| Coliformes fecais | Concentração | NMP/100mL | $5,0 \times 10^8$ | $5,0 \times 10^8$ |
| | Carga | NMP/d | $4,6 \times 10^{15}$ | $2,2 \times 10^{16}$ |

7.1 EMISSÁRIO DE CHEGADA À ETAR

Para o dimensionamento da obra de entrada da ETAR, nomeadamente o sistema de gradagem, torna-se necessário conhecer as características do emissário/colector que aflui à ETAR, especialmente a dimensão do mesmo, nesta fase de estudo.

Neste âmbito, na ausência dos dados relativamente ao emissário de chegada, tomou-se a liberdade de proceder ao pré-dimensionamento do mesmo, baseando-se apenas no caudal de ponta previsto para o ano HP, com o objectivo de se obter o diâmetro do colector, o qual será uma característica indispensável para o dimensionamento dos canais de gradagem.

O diâmetro do colector foi calculado recorrendo à equação de *Manning-Strickler* (expressão 6).

$$Q = K_S \times S_M \times R_H^{2/3} \times \sqrt{i} \quad [6]$$

Onde,

Q – Caudal;

K_S - Coeficiente de rugosidade;

S_M - Secção molhada;

P_M - Perímetro molhado;

R_H - Raio hidráulico;

i – Inclinação do colector.

Obedecendo ao disposto no Decreto Regulamentar n.º 23/95, o dimensionamento dos colectores domésticos têm os seguintes critérios:

- A altura da lâmina líquida não deve exceder 0,5 da altura total para diâmetros iguais ou inferiores a 500 mm e 0,75 para diâmetros superiores a este valor, de modo a assegurar a ventilação do sistema;
- A inclinação dos colectores não deve ser, em geral, inferior a 0,3 % e nem superior a 15% (sempre que possível, como boa prática, admitiu-se inclinações não inferiores a 0,5 %);
- O diâmetro nominal mínimo admitido nos colectores foi de 200 mm.

No Quadro 20 são indicados os parâmetros que serviram de base para o dimensionamento do emissário/colector de chegada à ETAR.

Quadro 20 – Dimensionamento do emissário /colector de chegada à ETAR

| Q DIMENSIONAMENTO (Q pta ano HP) (l/s) | Inclinação (%) | $Y_{MÁX}$ | Material da tubagem | K ($m^{1/3}/s$) | Diâmetro (mm) | | |
|--|-------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------|-----|----------|
| | | | | | Cálculo | DN | Interior |
| 92,09 | 1,0 | Ø/2 | PP-C (SN8) | 120,00 | 323,3 | 400 | 348,6 |

PP-C (SN8) – Polipropileno Corrugado – classe de rigidez 8 kN/m²

7.2 GRADAGEM

a) Descrição

A obra de entrada será constituída por uma câmara com dois canais instalados em paralelo, sendo um destinado ao funcionamento permanente e o segundo canal, que servirá de by-pass, ou seja, será um canal de recurso com o objectivo de funcionamento apenas aquando a manutenção e/ou avaria das grades mecânicas do canal em funcionamento permanente.

O canal em operação permanente será dotado de grades médias de limpeza mecânica com inclinação de 75° , e o canal de recurso com uma grade média de limpeza manual com inclinação de 70° .

O sistema de limpeza das grades mecânicas, será accionado automaticamente em função da perda de carga (ou nível a montante). Nestas circunstâncias, o coeficiente de colmatação da grade mecânica é necessariamente desprezável, daí que tenha sido considerado nulo para efeito de dimensionamento.

Os canais serão ser equipados com comportas, a montante e a jusante do sistema de gradagem, de modo a permitir a manutenção adequada do equipamento.

Na Figura 6 apresenta-se um desenho elucidativo de um sistema de gradagem mecânico para um canal.

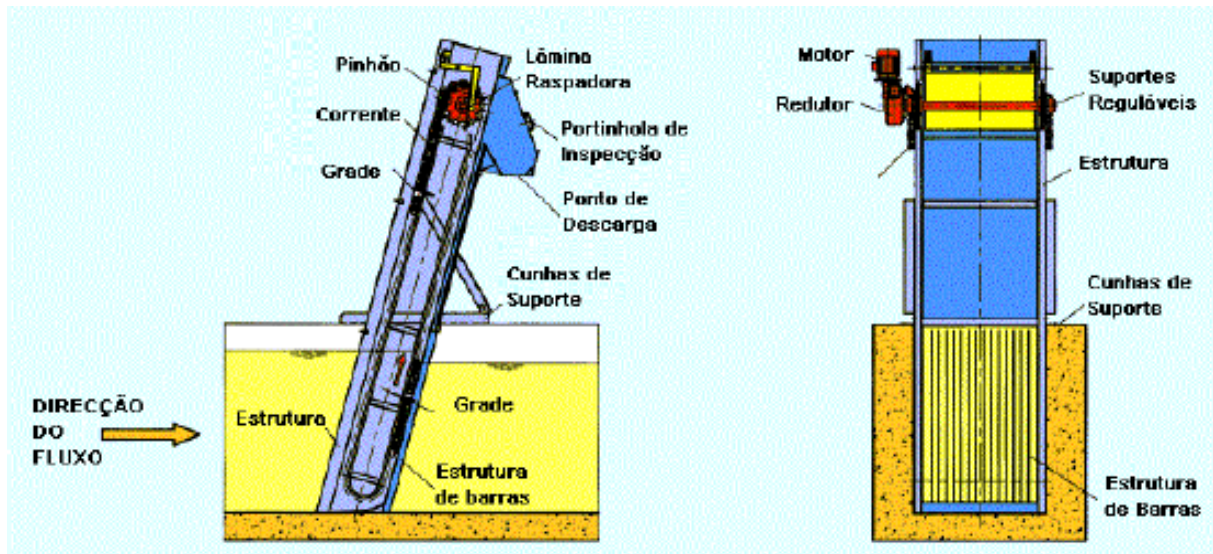


Figura 6 – Sistema de grades mecânicas (adaptado do catálogo da *Ecoplants*)

Os gradados recolhidos após compactação serão encaminhados directamente para um contentor. No caso das grades mecânicas o próprio sistema automático de limpeza fará a descarga automática para os respectivos contentores.

a) Metodologia

O dimensionamento da operação de gradagem, teve por base a metodologia seguida conforme as expressões 7 a 14.

$$\varepsilon = \frac{a}{a + t} \quad [7]$$

Onde,

ε – Índice de porosidade da grade
 a – Espaçamento entre barras
 t – Espessura das barras

$$v = \frac{Q}{A_u} \quad [8]$$

Onde,

v – Velocidade de aproximação
 Q – Caudal afluente
 A_u – Área útil

$$S = \frac{A_u \times C}{\varepsilon} \quad [9]$$

$$A_u = \varepsilon \times S \quad [10]$$

Onde,

S – Superfície molhada da grade

C – Coeficiente de colmatação

$$S = L_0 \times L \quad [12]$$

$$h = L_0 \times \text{sen}(\alpha) \quad [13]$$

Onde,

L – Largura do canal ou da grade

L₀ – Altura molhada da grade

h - Altura do escoamento no canal

α – Ângulo da grade com a horizontal

$$n = \frac{L + a}{t + a} \quad [11]$$

Onde,

n – Número de barras

L – Largura do canal

$$\Delta_{HL} = \beta \times \left(\frac{t}{a - t} \right) \times 1,33 \text{ sen}(\alpha) \quad [14]$$

Onde,

Δ_{HL} – Perda de carga na grade

β – Factor forma das barras

Na Figura 7, exemplifica-se a configuração geométrica das grades em função da respectiva posição.

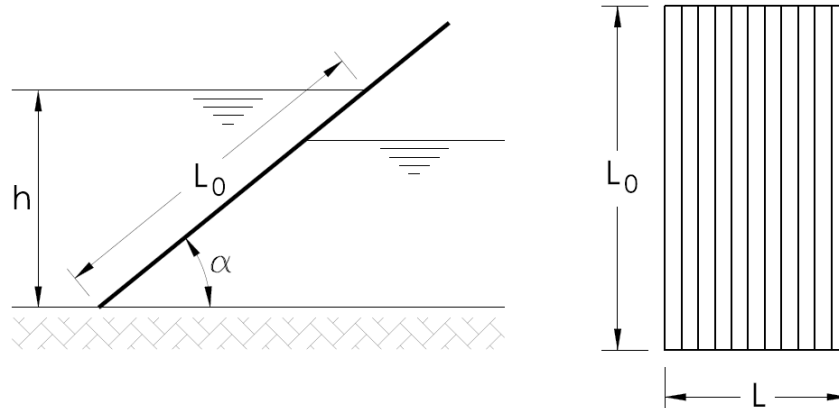


Figura 7 - Esquema representativo da posição e dimensões das grades

b) Critérios e parâmetros de dimensionamento

No Quadro 21, apresenta-se os típicos espaçamentos e espessuras das barras, de acordo com a classificação atribuída para as grades.

Quadro 21 – Valores típicos para a espaçamento e espessura das barras (adaptado de Santos, 2013)

| Tipo de grade | Espaçamento (mm) | Espessura (mm) |
|---------------|------------------|----------------|
| Grosseira | 50 a 100 | 10 a 13 |
| Média | 20 a 40 | 8 a 10 |
| Fina | 10 a 20 | 6,8 a 10 |

No Quadro 22, apresenta-se as características base para o dimensionamento das operações de gradagem em função do tipo limpeza proposto (manual ou mecânica). É de salientar que a velocidade de aproximação do escoamento através das grades, é o principal critério de dimensionamento.

Quadro 22 – Critérios de projecto para equipamentos de gradagem, com limpeza manual e mecânica (adaptado de Santos, 2013)

| Parâmetro | Unidade | Método de limpeza | | |
|---------------------------|---------|-------------------|-----------|-----------|
| | | Manual | Mecânica | |
| Largura | mm | 5 a 15 | 5 a 15 | |
| Profundidade | mm | 25 a 38 | 25 a 38 | |
| Espaçamento entre barras | mm | 25 a 50 | 15 a 75 | |
| Ângulo com a vertical | ° | 30 a 45 | 0 a 30 | |
| Velocidade de aproximação | Máxima | m/s | 0,3 a 0,6 | 0,6 a 1,0 |
| | Mínima | m/s | - | 0,3 a 0,5 |
| Perda de carga permitida | mm | 150 | 150 a 600 | |

No que diz respeito às dimensões e características das grades, referidas nos Quadros 21 e 22, estas são meramente valores de referência. Pois as dimensões e características solucionadas, correspondem às disponíveis no mercado. Neste âmbito, o dimensionamento do processo atendeu ao catálogo de gradagem apresentado no Anexo IV.

Para o cálculo da perda de carga no escoamento através das grades, de acordo com a expressão 14, o factor forma das barras (β) é indicado no Quadro 23.

Quadro 23 – Valores para o factor forma das barras (adaptado de Santos, 2013)

| Tipo de barra | β |
|--|---------|
| Rectangular com arestas aguçadas | 2,42 |
| Rectangular com face semi-circular face ao escoamento | 1,83 |
| Circular | 1,79 |
| Rectangular com faces semi-circulares para montante e para jusante | 1,67 |

c) Dimensionamento

A largura mínima para os canais, foi condicionada pela dimensão do colector de chegada à ETAR (DN400) e pelos sistemas de gradagem mecânica disponíveis no mercado, apresentando em geral, sistemas com o mínimo de 0,40 m de largura.

A altura do escoamento nos canais atendeu à altura escoamento do colector de chegada de modo a assegurar uma continuidade da veia líquida do escoamento (DN400, dimensionado para meia secção, sendo a altura do escoamento aproximadamente 0,25 m para o ano HP e 0,05 m para o ano 0).

De acordo com os valores típicos de dimensionamento apresentados nos Quadros 22 e 23, para o sistema proposto foram assumidos os valores para os critérios de dimensionamento indicados no Quadro 24.

Quadro 24 – Critérios e parâmetros dimensionamento adoptados para a gradagem

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|--|----------------|-----------|
| V - Velocidades de escoamento através das grades | m/s | 0,3 a 0,9 |
| C - Coeficiente de colmatção | grade mecânica | 1,00 |
| | grade manual | 1,30 |
| β - Factor forma das barras | - | 1,79 |

No Quadro 25 apresenta-se as espessuras e espaçamento adoptados, para o sistema de gradagem proposto, tem por base a escolha de um sistema classificado de grades médias.

Quadro 25 – Características das barras admitidas (para cada canal)

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|-----------------|---------|-------|
| t - Espessura | mm | 10 |
| a – Espaçamento | mm | 30 |

As condições de afluência, são apresentas de acordo com o Quadro 26, para o funcionamento de um canal em operação.

Quadro 26 – Condições de afluência ao canal de gradagem

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-----------------------------------|-------------------|-------|--------|
| Q mín | m ³ /h | 10,4 | 50,9 |
| Q med | m ³ /h | 38,2 | 186,6 |
| Q pta | m ³ /h | 76,6 | 331,5 |
| h - Altura do escoamento no canal | m | 0,05 | 0,25 |

No Quadro 27, são indicadas as características operativas do canal de grades mecânicas proposto, em função da configuração de grades atribuídas.

Quadro 27 – Características das grades mecânica (canal em operação permanente)

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|----------------|-------|--------|
| α - Inclinação da grade | ° | 75 | |
| Nº. de barras | un | 11 | |
| L ₀ - Altura molhada da grade | m | 0,052 | 0,259 |
| L - Largura do canal | m | 0,41 | 0,41 |
| ε - Porosidade da grade | | 0,75 | 0,75 |
| S - Superfície molhada da grade | m ² | 0,021 | 0,106 |
| Au - Área útil molhada da grade | m ² | 0,016 | 0,080 |

Quadro 27 – Características das grades mecânica (canal em operação permanente) - Continuação

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|-------------------|-------|--------|
| Q mín (para V = 0,3 m/s) | m ³ /h | 17,2 | 86,0 |
| Q máx (para V = 0,9 m/s) | m ³ /h | 51,6 | 257,9 |
| V mín (para Q mín) | m/s | 0,18 | 0,18 |
| V (para Q med) | m/s | 0,67 | 0,65 |
| V máx (para Q pta) | m/s | 1,34 | 1,16 |
| H _L - Perda de carga através das grades | m | 0,06 | 0,29 |

O canal de gradagem foi dimensionado em função da gama recomendável de velocidades de escoamento (0,3 a 0,9 m/s). No entanto, esta condição não se verificou para as condições mínimas e máximas de afluência, tanto para o ano 0 como o ano HP, pelo facto de não ser possível solucionar uma configuração de um canal que atende-se a todas condições de afluência. Portanto, o dimensionamento foi focado para as condições médias de afluência, de modo a que a velocidade de escoamento através das grades seja próxima de 0,6 m/s.

De seguida são apresentadas no Quadro 28, as características operativas para o canal de grades manuais, ou seja, o canal de recurso, em função das espessuras e espaçamento das barras assumidas para a grade. Neste caso, os valores que diferem das grades mecânicas para as grades manuais, são nomeadamente, a inclinação da grade e o coeficiente de colmatação.

Quadro 28 – Características das grades manuais (canal de recurso)

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|----------------|-------|--------|
| α - Inclinação da grade | ° | 55 | |
| Nº. de barras | un | 11 | |
| L ₀ - Altura molhada da grade | m | 0,061 | 0,305 |
| L - Largura do canal | m | 0,41 | 0,41 |
| ε - Porosidade da grade | | 0,75 | 0,75 |
| S - Superfície molhada da grade | m ² | 0,025 | 0,125 |
| Au - Área útil molhada da grade | m ² | 0,014 | 0,072 |

Quadro 28 – Características das grades manuais (canal de recurso) - Continuação

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|-------------------|-------|--------|
| Q mín (para V = 0,3 m/s) | m ³ /h | 15,6 | 78,0 |
| Q máx (para V = 0,9 m/s) | m ³ /h | 46,8 | 233,9 |
| V mín (para Q mín) | m/s | 0,20 | 0,20 |
| V (para Q med) | m/s | 0,73 | 0,72 |
| V máx (para Q pta) | m/s | 1,47 | 1,28 |
| H _L - Perda de carga através das grades | m | 0,05 | 0,24 |

Os gradados produzidos anualmente na operação de gradagem, foram estimados com base nas condições médias, conforme o indicado no Quadro 29.

Quadro 29 – Estimativa de produção de gradados

| Parâmetro | Unidade | Valor | |
|-----------------------------------|---|---------|---------|
| | | Ano 0 | Ano HP |
| Gradados produzidos | m ³ de gradados / 1000 m ³ de água residual | 0,039 | |
| Peso volúmico dos gradados | kg / m ³ | 1000,0 | |
| Quantidade de gradados produzidos | m ³ de gradados / ano | 12,8 | 62,6 |
| | toneladas de gradados / ano | 12791,8 | 62567,3 |

7.3 DESARENAÇÃO/DESENGORDURAÇÃO

a) Descrição

A operação de desarenação/desengorduração, será constituída por um tanque rectangular com cantos chanfrados com sistema de insuflação de ar para promover a remoção de areias, óleos e gorduras.

O efluente é distribuído por toda a secção transversal do tanque, por uma série de deflectores laterais ajustáveis. O escoamento processa-se em linha recta através do tanque, sendo a saída do efluente do lado oposto à entrada, através de um

descarregador de pequena altura instalado em toda a largura para controlo da velocidade de passagem.

O tanque preconizado terá uma ponte rolante com raspador de fundo e de superfície. O raspador de fundo permitirá a recolha das areias para a zona de deposição, sendo posteriormente extraídas através de grupos de bombas submersíveis encaminhando-as até uma linha de lavagem e escorrimento. O raspador de superfície permitirá a remoção de óleos e gorduras, para uma caleira própria, sendo posteriormente conduzidas para o tratamento de gorduras.

Na Figura 8 apresenta-se um desenho elucidativo de um tanque de desarenação/desengorduração.

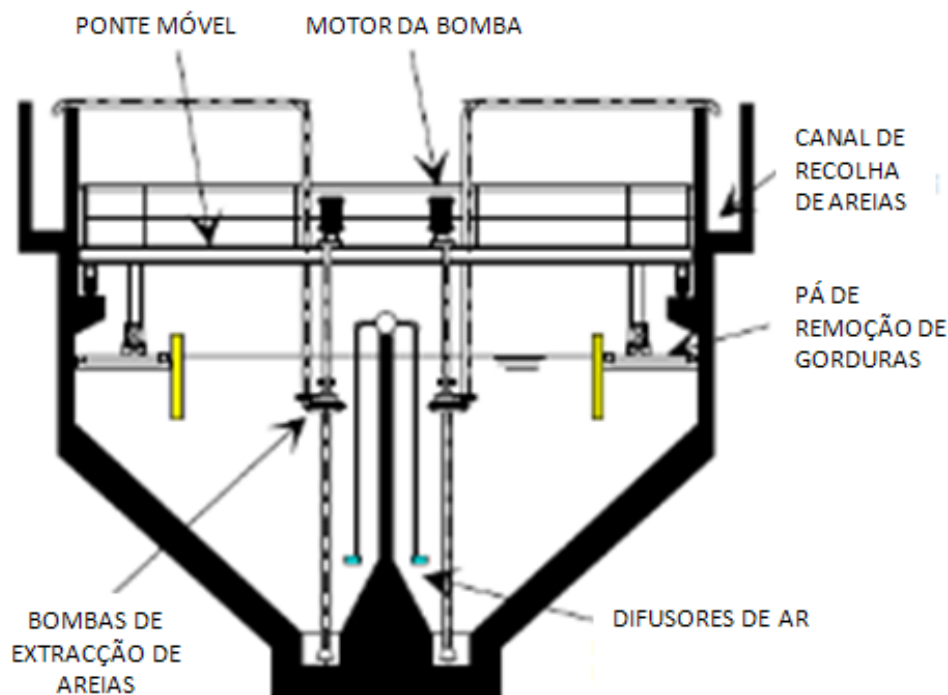


Figura 8 – Tanque desarenador/desengorduração (adaptado de Santos, 2013)

O sistema terá previsto um concentrador de gorduras para onde são encaminhados os óleos e gorduras removidos, assim como um lavador de areias e respectivo contentor para armazenamento das mesmas. As escorrências e sobrenadantes provenientes destes equipamentos, retomam a linha de tratamento da fase aquosa, a jusante dos tanques de desarenação.

b) Metodologia

O dimensionamento do processo de desarenação/desengorduração proposto, tem por base o cálculo do tempo de retenção hidráulico de acordo com a expressão 15.

O tempo de retenção hidráulico é o tempo médio de permanência do efluente líquido no tanque/câmara.

$$T_{RH} = \frac{V}{Q} \quad [15]$$

Onde,

T_{RH} – Tempo de retenção hidráulico;

V – Volume do tanque;

Q – Caudal afluente.

c) Crítérios e parâmetros de dimensionamento

Para efeitos de dimensionamento de câmaras de desarenação arejadas de configuração rectangular, foi seguido os seguintes parâmetros típicos de referência indicados no Quadro 30.

Quadro 30 – Características típicas de dimensionamento de desarenadores arejados (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | | Unidade | Valor | |
|--------------------------------------|-----------------|---|-----------|-------|
| | | | Gama | Média |
| T _{RH} para Q pta | | min | 2 a 5 | 3 |
| v - Velocidade de escoamento da água | | m/s | < 0,15 | - |
| Dimensões | Altura (H) | m | 2 a 5 | - |
| | Largura (W) | m | 2,5 a 7 | - |
| | Comprimento (L) | m | 7,5 a 20 | - |
| | Razão W/H | - | 1 a 5 | 1,5 |
| | Razão L/W | - | 3 a 5 | 4 |
| Fluxo de Areias | | m ³ / milhões m ³ de água | 4,0 a 200 | 15 |
| Fluxo de Ar | | m ³ /min/m(de comprimento) | 0,2 a 0,5 | - |

d) Dimensionamento

O funcionamento do processo de desarenação/desengorduração, nomeadamente, no que diz respeito às condições de afluência, quantidade de areias removidas e necessidades de insuflação de ar, são indicadas no Quadro 31.

Quadro 31 – Condições de funcionamento para a operação de desarenação/desengorduração

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-------------------|--|-------|--------|
| Q mín | m ³ /h | 10,4 | 50,9 |
| Q med | m ³ /h | 38,2 | 186,6 |
| Q pta | m ³ /h | 76,6 | 331,5 |
| Remoção de Areias | m ³ / 1000 m ³ de água | 0,015 | |
| Fluxo de Ar | m ³ /min.m(de comprimento) | 0,35 | |

No Quadro 32 é apresentado a configuração geométrica proposta para o tanque, obedecendo aos parâmetros típicos apresentados no Quadro 30.

Quadro 32 – Dimensão das câmaras/tanques de desarenação/desengorduração

| Comprimento [m] | Altura [m] | Largura [m] | Volume [m ³] | Área horizontal [m ²] |
|-----------------|------------|-------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 4,0 | 2,0 | 2,0 | 16,0 | 8,0 |

Em função das dimensões atribuídas ao tanque (Quadro 32), são calculadas as relações geométricas, o tempo de retenção, velocidade de escoamento da água, quantidade de areias removidas e as necessidades de insuflação de ar para a flotação das gorduras, conforme indicado no Quadro 33.

Quadro 33 – Dimensão das câmaras/tanques de desarenação/desengorduração

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|------------|---------------------|-------|--------|
| N.º de câmaras (tanques) | | un | 1 | 1 |
| Razão Largura (W) / Altura (H) | | - | 1,0 | |
| Razão Comprimento (L) / Largura (W) | | - | 2,0 | |
| T_{RH} (por câmara) | para Q med | min | 25 | 5 |
| | para Q pta | min | 13 | 3 |
| v - Velocidade de escoamento da água (por câmara) | para Q med | m/s | 0,001 | 0,006 |
| | para Q pta | m/s | 0,003 | 0,012 |
| Remoção de Areias (por Câmara) | | m ³ /d | 0,014 | 0,067 |
| Fluxo de Ar (por Câmara) | | m ³ /min | 1,40 | |

Através do Quadro 33, verifica-se que o tempo de retenção para o ano 0 não se encontra dentro do intervalo recomendável de 2 a 5 min (Quadro 36). Pois a prioridade é focada no ano HP, não sendo possível verificar o T_{RH} para ambas as situações, nomeadamente, ano 0 e ano HP. Para este efeito seria necessário configurar o sistema com mais tanques, de modo a ter-se para o ano 0, o funcionamento de apenas um tanque que cumpra os valores recomendáveis. Esta situação não é justificável, face a questões económicas, pois é pretendido, que esta operação unitária seja constituída por apenas um tanque, pelo facto de não haver a necessidade de proporcionar uma reserva mútua composta por mais tanques, para o caso de avarias e manutenção do sistema, uma vez que esta operação unitária não é considerada prescindível ao tratamento da ETAR.

7.4 DECANTAÇÃO PRIMÁRIA

a) Descrição

O sistema será constituído por dois decantadores circulares instalados em paralelo, cada um com ponte raspadora de fundo e de superfície.

A parte superior destes órgãos tem a forma cilíndrica e a parte inferior é tronco cónica invertida, inclinada para o centro, a fim de facilitar a concentração das lammas na fossa central.

Está previsto apenas um decantador em funcionamento permanente para as condições do ano 0, sendo posteriormente activado o segundo nas restantes condições, ou seja, no início da exploração da fase 2 do empreendimento.

O tempo de retenção no decantador primário deve ser suficiente para se verificar a ocorrência dos fenómenos físicos de sedimentação dos sólidos em suspensão e de flotação dos sobrenadantes, que originam a acumulação de lamas no fundo do decantador e a acumulação de escumas à superfície.

O líquido clarificado sai dos decantadores através de descarregadores, dispostos junto da saída do efluente, ou seja, instalados no perímetro dos decantadores. Deverá ser prevista uma caleira de recolha, de modo a drenar para uma câmara de visita a partir da qual o efluente é conduzido ao tratamento biológico.

As lamas, após a raspagem do fundo inclinado, são periodicamente descarregadas, por pressão hidrostática, para a uma caixa de recolha de lamas e conduzidas ao tratamento de lamas, sendo a operação usualmente comandada através de válvula telescópica.

Na Figura 9 é apresentado um desenho elucidativo de um decantador primário.

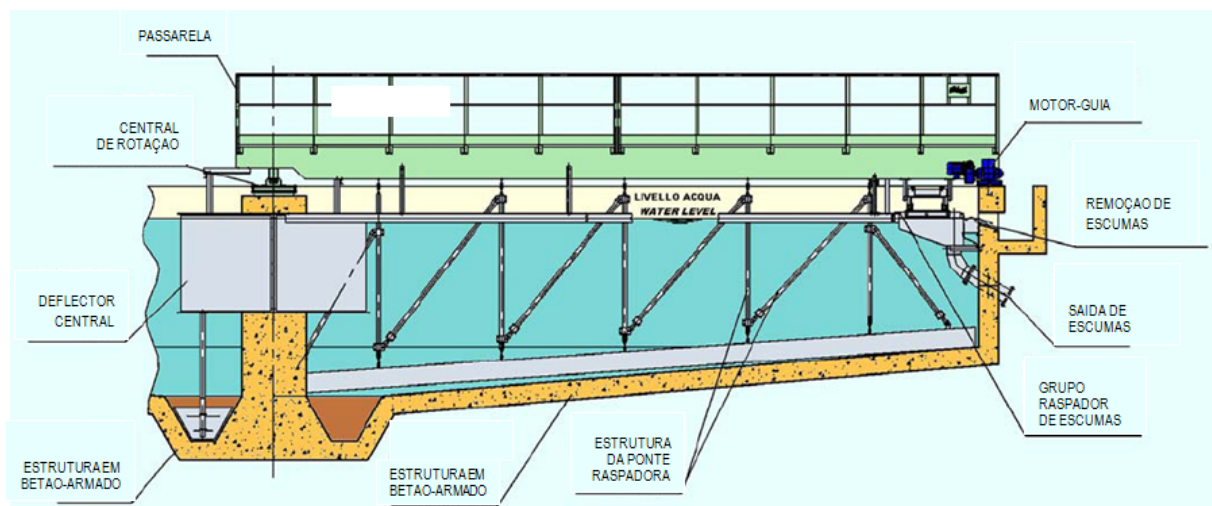


Figura 9 – Decantador primário (adaptado do catálogo da *Ecoplants*)

b) Metodologia

As bases de dimensionamento para a operação de decantação primária incidem essencialmente no cálculo do T_{RH} (expressão 15) e na carga hidráulica (expressão 16).

$$Ch = \frac{Q}{A_H} \quad [16]$$

Onde,

Ch - Carga hidráulica;

A_H – Área horizontal do plano de água do tanque.

O cálculo da remoção de CBO_5 e SST, na decantação primária, é realizado em função do T_{RH} e das concentrações constituintes de acordo com a expressão 17. (Tchobanouglos *et al.*, 2004)

$$R = \frac{T_{RH}}{a + b \cdot T_{RH}} \quad [17]$$

Onde,

R – Eficiência de remoção de CBO_5 e SST esperável;

a, b – Constantes empíricas.

No Quadro 34 é indicado os valores tipicamente utilizados para as constantes empíricas de remoção de CBO_5 e SST, a aplicar na expressão 17.

Quadro 34 – Valores típicos para as constantes empíricas de remoção (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | a | b |
|-----------|--------|--------|
| CBO_5 | 0,0180 | 0,0200 |
| SST | 0,0075 | 0,0140 |

Em relação ao dimensionamento dos colectores de alimentação dos decantadores, estes enquadram-se em regime de escoamento sob pressão, uma vez que o afluente é pressurizado, e o cálculo é em função da gama de velocidades de escoamento afluente aos decantadores. Considerou-se uma velocidade de escoamento mínima de 0,3 m/s e máxima de 1,5 m/s, para as tubagens de alimentação dos decantadores.

Foram considerados descarregadores com evacuadores de secção triangular, conforme representado na Figura 10. O respectivo dimensionamento foi efectuado em função da expressão deduzida para uma altura de escoamento para secções triangulares com paredes a 45° com o plano horizontal (expressão 18).

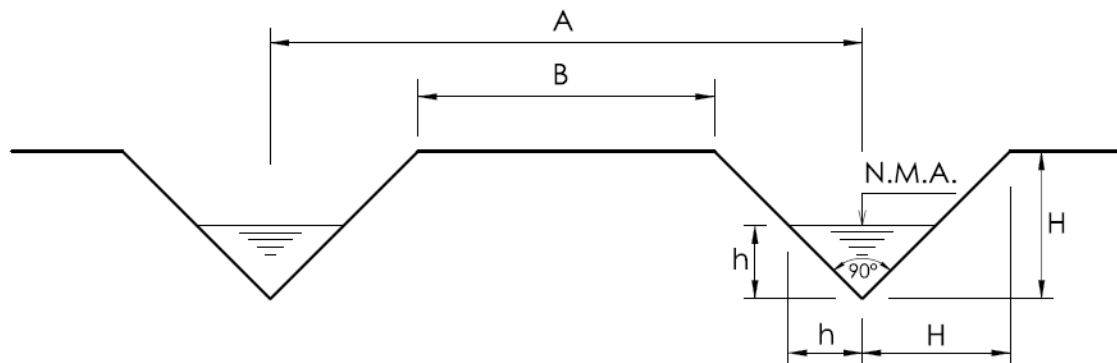


Figura 10 - Esquema representativo do dimensionamento dos descarregadores

$$h = \left(\frac{Q}{1,42} \right)^{2/5} \quad [18]$$

Onde,

h – Altura do escoamento (*h* máx = *H*/2).

c) CrITÉRIOS e parÁMETROS de dimensionamento

O funcionamento dos decantadores primários, atende à gama de valores típicos constantes no Quadro 35, nomeadamente, o tempo de retenção hidráulico e carga hidráulica.

No presente caso, a operação de decantação não recepcionará as lamas em excesso provenientes do tratamento biológico, factor este que influencia o intervalo de valores recomendáveis para a carga hidráulica (Quadro 35).

Quadro 35 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de decantadores primários (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | Observação | | Unidade | Gama |
|-----------|------------|--|-------------|-----------|
| T_{RH} | Para ARU | | h | 1,5 a 2,0 |
| Ch | para Q pta | Sem lamas em excesso do tratamento biológico | $m^3/m^2/h$ | 3,0 a 5,0 |
| | para Q med | | $m^3/m^2/h$ | 1,3 a 2,0 |
| | para Q pta | Com lamas em excesso do tratamento biológico | $m^3/m^2/h$ | 2,0 a 3,0 |
| | para Q med | | $m^3/m^2/h$ | 1,0 a 1,3 |

A gama de valores tipicamente utilizada para a configuração geométrica dos tanques de decantação primária, são indicadas no Quadro 36. Estas são dimensões de referência, pelo que as definitivas prescindem de uma consulta prévia dos tanques de decantação disponíveis no mercado, uma vez que o sistema completo de decantação, implica a instalação de equipamentos associados que têm de ter dimensões compatíveis com os tanques, tais como as pontes raspadoras.

Quadro 36 – Dimensões típicas para decantadores circulares primários (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | Unidade | Valor | |
|------------------|---------|----------|---------|
| | | Gama | Média |
| Diâmetro | m | 10 a 100 | 10 a 40 |
| Altura lateral | m | 3 a 6 | 4 |
| Declive do Fundo | % | 8 | 8 |

A linha de descarregadores deverá ser configurada em função do caudal (Q) escoado pelos mesmos, devendo estes limitarem-se às taxas de descarga máximas recomendadas de acordo com o Quadro 37.

**Quadro 37 – Valores típicos para as taxas de descarga dos descarregadores
(adaptado de Santos, 2013)**

| Parâmetro | | Unidade | Valor máximo |
|---------------|----------------|------------------------------------|--------------|
| Taxa descarga | Q med < 45 l/s | m ³ /ml descarregador/d | 124,0 |
| | Q med > 45 l/s | m ³ /ml descarregador/d | 186,0 |

A produção de lamas dos decantadores primários foi estimada de acordo com os valores tipicamente ponderados para massa volúmica e concentração de sólidos nas lamas primárias, conforme indicados no Quadro 38.

**Quadro 38 – Parâmetros típicos para as lamas produzidas em decantadores primários
(adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)**

| Parâmetro | Unidade | Valor | |
|---|-------------------|-------------|----------|
| | | Típico | Admitido |
| Massa volúmica das lamas primárias | g/cm ³ | 1,03 a 1,05 | 1,03 |
| Concentração de sólidos nas lamas primárias | % | 2 a 6 | 4,0 |

d) Dimensionamento

As condições de afluência do processo de decantação primária, nomeadamente a gama de caudais e concentrações de CBO₅ e SST estipuladas para o ano 0 e HP, são indicadas no Quadro 39.

Quadro 39 – Condições de funcionamento para a operação de decantação primária

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|-------------------|-------|--------|
| Q mín | m ³ /h | 10,4 | 50,9 |
| Q med | m ³ /h | 38,2 | 186,6 |
| Q pta | m ³ /h | 76,6 | 331,5 |
| Concentração de CBO ₅ (afluente) | mg/L | 275,0 | |
| Concentração de SST (afluente) | mg/L | 225,0 | |

Os valores constantes no Quadro 40, representam a configuração proposta para o sistema de decantação primária. As dimensões e características apresentadas atenderam aos sistemas decantação disponíveis no mercado, especialmente no que respeita às pontes raspadoras associadas. Neste âmbito, é apresentado no Anexo IV o catálogo do fabricante (Ecoplants) utilizado para o dimensionamento do processo.

A potência do motor, apresentada no Quadro 40, para funcionamento da ponte raspadora, é a indicada no referido catálogo, correspondente ao decantador seleccionado.

Quadro 40 – Configuração dos decantadores primários

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|--------|
| Fabricante/modelo | - | Ecoplants PRTP-80 | |
| Diâmetro do Decantador | m | 8,0 | |
| Diâmetro da Chaminé Central | m | 1,4 | |
| Altura útil | m | 3,6 | |
| Área horizontal útil (do decantador) | m ² | 48,7 | |
| Volume útil (do decantador) | m ³ | 175,4 | |
| Nº. de Decantadores em funcionamento | un | 1 | 2 |
| Potência do motor | kW | 0,12 | |

No Quadro 41 são apresentados os parâmetros que condicionam a escolha da solução proposta para os decantadores primários, nomeadamente, a carga de hidráulica e o tempo de retenção hidráulico.

Quadro 41 – Parâmetros de cálculo por decantador primário

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------------|--------|-----|
| Q med | m ³ /h | 38,2 | 93,3 | |
| Q pta | m ³ /h | 76,6 | 165,8 | |
| Ch | para Q med | m ³ /m ² /h | 0,8 | 1,9 |
| | para Q pta | m ³ /m ² /h | 1,6 | 3,4 |
| T _{RH} | para Q med | h | 4,6 | 1,9 |
| | para Q pta | h | 2,3 | 1,1 |

Em análise comparativa do Quadro 41 com a gama de valores recomendáveis do Quadro 35, é de notar que os respectivos valores enquadram-se com o pretendido, dentro do possível, isto é, com as dimensões de decantadores disponíveis no mercado.

Com base na expressão 18, foi estimada a remoção de CBO₅ e SST no afluente, após submetido ao tratamento promovido pela decantação primária proposta (Quadro 42).

Quadro 42 – Eficiência de Remoção de Poluentes (CBO e SST) estimada após a decantação primária

| Parâmetro | Condições | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-------------------------------------|-----------|----------|-------|--------|
| Remoção média de CBO ₅ | médias | % | 42 | 34 |
| | ponta | % | 36 | 27 |
| Remoção média de SST | médias | % | 64 | 56 |
| | ponta | % | 58 | 47 |
| Carga de CBO ₅ removidos | médias | kg CBO/d | 105,3 | 416,5 |
| | ponta | kg CBO/d | 181,4 | 591,2 |
| Carga de SST removidos | médias | kg SST/d | 131,8 | 560,2 |
| | ponta | kg SST/d | 239,3 | 848,9 |

No Quadro 43 apresentam-se as lamas produzidas na decantação primária, em função das remoções de SST contempladas no Quadro 42.

Quadro 43 – Cálculo das lamas produzidas nos decantadores primários

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------|--------|
| Caudal de lamas | Condições médias | m ³ /d | 3,2 | 13,6 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 5,8 | 20,6 |

Para o dimensionamento dos colectores de alimentação dos decantadores, foi admitido um regime de escoamento sob pressão e velocidades de escoamento na gama de 0,3 m/s a 1,5 m/s, como referido já anteriormente. Assim o Quadro 44 apresenta o calculo das respectivas velocidades de escoamento para colectores constituídos por tubagens de calibre diâmetro nominal (DN) 200 mm.

Quadro 44 – Cálculo do colector de alimentação aos decantadores primários

| Colector de alimentação por decantador | | DN 200 mm | |
|--|------------------------------|----------------------------|------------------|
| | | Caudal [m ³ /h] | Velocidade [m/s] |
| Condições | | | |
| Ano HP | Caudal máximo por decantador | 165,8 | 1,47 |
| | Caudal médio por decantador | 93,3 | 0,83 |
| Ano 0 | Caudal médio por decantador | 38,2 | 0,34 |
| | Caudal mínimo por decantador | 10,4 | 0,09 |

Para o dimensionamento dos descarregadores apresentado no Quadro 45, foram seguidos os valores mencionados no Quadro 37, sendo o cálculo da linha de descarregadores condicionado às taxas de descarga máximas recomendadas.

Quadro 45 – Cálculo do total de descarregadores necessários para os decantadores primários

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|-----------------|---------------------------|-------|--------|
| Q med (por decantador) | | m ³ /h | 38,2 | 93,3 |
| | | L/s | 10,6 | 25,9 |
| Perímetro do canal de recolha (m) | | m | 25,1 | |
| Nº. de descarregadores por metro linear | | un/ml | 4 | |
| Nº. Total de descarregador | | un | 100 | |
| Taxa de Descarga | Máxima admitida | m ³ /ml desc/d | 124,0 | 124,0 |
| | Efectiva | m ³ /ml desc/d | 36,4 | 89,1 |

Foi considerado que os descarregadores são constituídos por evacuadores de secção triangular, conforme representado na Figura 10.

Assim com base na expressão 18, foi preconizada as dimensões dos evacuadores conforme indicado no Quadro 46. A condicionante passou pela verificação da dimensão H dos evacuadores, sabendo que esta não deve resultar do dobro da altura máxima do escoamento através dos evacuadores (h).

Quadro 46 – Dimensionamento dos descarregadores para os decantadores primários

| Condições | Caudal [m ³ /h] | | h (mm) | H _{MÍNIMO} (mm) | H _{EFFECTIVO} (mm) | A (mm) | B (mm) |
|----------------|----------------------------|-------------------|--------|--------------------------|-----------------------------|--------|--------|
| | por decantador | por descarregador | | | | | |
| Q med - Ano 0 | 38,2 | 0,34 | 21,4 | 42,7 | 70,0 | 250,0 | 130,0 |
| Q med - Ano HP | 93,3 | 0,83 | 30,5 | 61,1 | | | |

7.5 REACTOR BIOLÓGICO – LAMAS ACTIVADAS

a) Descrição

O sistema será constituído por dois reactores biológicos de geometria rectangular instalados em paralelo. Está previsto apenas um reactor em funcionamento permanente para as condições do ano 0, sendo posteriormente activado o segundo nas restantes condições, ou seja, no início da exploração da fase 2 do empreendimento.

O reactor biológico preconizado num sistema de lammas activadas em mistura completa e em regime de média carga, compreende uma sequência de dois compartimentos, um anóxico e um aeróbio, separados entre si por meio de parede. Este tipo de reactores, são chamados processos preanóxicos, mais concretamente o reactor de “Ludzack-Ettinger modificado” (Tchobanouglos *et al.*, 2004). Este sistema permite minimizar a produção de lammas, garantir que as lammas biológicas em excesso se apresentem estabilizadas e especialmente, apresentam uma eficiência de remoção de N e P bastante superior, comparado com sistema convencional de lammas activadas.

No primeiro compartimento, onde serão mantidas as condições anóxicas, será instalado um agitador. A passagem para o compartimento aeróbio será feita por meio de rasgos existentes na parede que divide os compartimentos.

No compartimento aeróbio o arejamento será feito por meio de ar difuso, através de difusores de fundo.

As lamas sedimentadas na decantação secundária, são posteriormente, recirculadas para montante do reactor anóxico, de modo a manter a população microbiana a uma concentração requerida para assegurar a continuidade do tratamento.

Na Figura 11 representa-se um esquema elucidativo do tratamento secundário proposto.

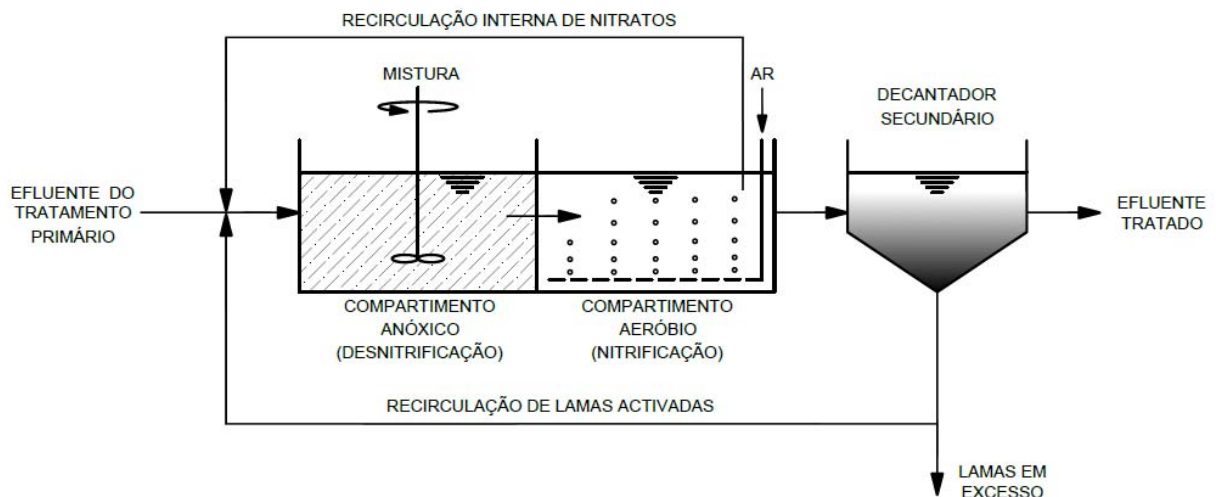


Figura 11 - Esquema representativo do sistema de tratamento secundário proposto

A recirculação das lamas activadas para montante do reactor, é efectuada por meio de um grupo elevatório, sendo prevista uma caixa para a recepção/mistura das lamas recirculadas com o caudal afluente, garantindo a mistura pelas condições hidráulicas do escoamento. O caudal de lamas recirculadas será objecto de determinação.

A recirculação de nitratos poderá variar de 50 a 400% do caudal médio diário, e é feita do compartimento aeróbio para montante do compartimento anóxico através de bombagem. O caudal de nitratos a recircular será objecto de medição.

b) Metodologia

O rendimento líquido bacteriano ou observado é definido pela expressão 19.

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \times \theta_c} \quad [19]$$

Onde,

Y_{obs} – Coeficiente de crescimento de biomassa observado;

Y – Coeficiente de crescimento num período finito de tempo da fase exponencial;

K_d – Coeficiente de respiração endógena;

θ_c – Idade de lamas.

O volume do compartimento aeróbio do tanque de arejamento, é calculado com base na seguinte expressão 20.

$$V = \frac{S_0 \times Q}{F/M \times X} \quad [20]$$

Onde,

V – Volume do compartimento aeróbio do tanque de arejamento;

Q – Caudal afluente ao respectivo compartimento, aeróbio ou anóxico;

F/M – Relação substrato / microrganismos;

X – Concentração de SSV do licor misto (MLVSS) do efluente ao tratamento secundário.

A carga volúmica define a quantidade de CBO_5 aplicada ao volume do tanque de arejamento, e pode ser estimada de acordo com a expressão 21.

$$F/V = \frac{S_0 \times Q}{V} \quad [21]$$

Onde,

F/V – Carga volúmica do respectivo compartimento, aeróbio ou anóxico;

Q – Caudal afluente ao respectivo compartimento, aeróbio ou anóxico;

V – Volume do respectivo compartimento, aeróbio ou anóxico.

A produção de lamas secundárias em excesso, ou seja, as lamas que são purgadas da decantação secundário e encaminhadas para fase sólida da ETAR, pode ser estimada utilizando a seguinte expressão 22.

$$P_x = \frac{V \times X}{\theta_c} \quad [22]$$

Onde,

P_x – Produção de lamas em excesso;

V – Volume do compartimento aeróbio do tanque de arejamento;

X – Concentração de SST do licor misto (MLTSS) mantida no tanque de arejamento.

A P_x varia consoante o caudal afluente à ETAR. Para este efeito será utilizada a expressão 23 para o cálculo da P_x , substituindo a expressão 20 na expressão 22.

$$P_x = \frac{S_0 \times Q}{\theta_c \times F/M} \quad [23]$$

A relação entre a matéria orgânica volátil (MLVSS) e a matéria orgânica total (MLTSS) considerada, é a seguinte: $LMSSV/LMSST = 0,8$.

O caudal de lamas em excesso, corresponde à matéria orgânica total (MLTSS), que posteriormente é encaminhada para a fase sólida do tratamento da ETAR, e é estimado a partir da expressão 24.

$$Q_w = \frac{P_x}{X_R} \quad [24]$$

Onde,

Q_w – Caudal de lamas em excesso;

X_R – Concentração de licor misto MLVSS necessária na recirculação para manter a relação adequada de substrato/microrganismo no tanque de arejamento.

O caudal de recirculação, é estimado a partir da expressão 25.

$$Q_R = \frac{X \times Q - X_R \times Q_w}{X_R - X} \quad [25]$$

Onde,

Q_R – Caudal de recirculação.

A quantidade necessária de azoto (N) a remover no tratamento secundário, de modo a cumprir a qualidade do efluente descarregado no meio receptor, foi calculado através da expressão 26.

$$\text{Nitrificação} = N_{AF} - N_{EF} - N_W \quad [26]$$

Onde,

Nitrificação – Quantidade de azoto (N) convertido em NO_x no tanque anóxico;

N_{AF} – Quantidade de azoto (N-total) afluyente ao tratamento secundário, corresponde ao N após tratamento primário;

N_{EF} – Quantidade de azoto (N- NH_4) efluente ao tratamento secundário, corresponde ao N- NH_4 descarregado no meio receptor;

N_W – Quantidade de azoto removido nas lamas em excesso.

A quantidade admitida de azoto (N) removido nas lamas em excesso, foi de 4% da quantidade de lamas produzidas/purgadas (P_x).

A taxa de nitrificação em função da quantidade de microorganismos (SSV) é calculada através da expressão 27.

$$\text{Taxa de nitrificação (kg N/kg MLVSS/h)} = \frac{\text{Nitrificação}}{[\text{LMSSV}] \times V} \quad [27]$$

Quando a nitrificação constitui uma etapa do processo, as necessidades totais de oxigénio estão associadas não só à remoção da matéria carbonácea, mas também à oxidação do azoto. Assim, a quantidade de oxigénio necessária para o tanque aeróbio é dada de acordo com a expressão 28.

$$\text{Quantidade de } O_2 = Q \times (S_0 - S) \times a + V \times X \times b \quad [28]$$

Onde,

S – Concentração de CBO_5 solúvel efluente ao tratamento secundário;

*S*₀ – Concentração de CBO_5 solúvel afluyente ao tratamento secundário;

a, b – Constantes associadas ao oxigénio requerido.

Em relação ao processo de desnitrificação, desenvolvido no compartimento anóxico do reactor biológico, o respectivo volume é calculado com base na expressão 29.

$$V = \frac{NO_x \text{ a remover} \times \text{Factor de ponta de N}}{X \times \text{Taxa de desnitrificação}} \quad [29]$$

Onde,

V – Volume do compartimento anóxico do tanque de arejamento;

NO_x a remover – Quantidade de nitritos a remover no tanque anóxico. Corresponde à nitrificação calculada na expressão 27.

A recirculação de nitratos (N-NO₃) efectuada do compartimento aeróbio para o compartimento anóxico, é dada pela expressão 30.

$$R_N = \frac{(N-NO_3)_{AF}}{(N-NO_3)_{EF}} - 1,0 - R \quad [30]$$

Onde,

R_N – Taxa de recirculação de nitratos (N-NO₃);

$(N-NO_3)_{AF}$ – Quantidade de azoto afluyente ao compartimento anóxico, a qual corresponde ao azoto afluyente ao tratamento secundário;

$(N-NO_3)_{EF}$ – Quantidade de azoto efluente ao tratamento secundário;

R – Taxa do caudal de recirculação. Dada pela expressão 31.

$$R = \frac{Q_R}{Q} \quad [31]$$

A taxa de desnitrificação para a temperatura da água residual a 20°C é de 0,09 kg N-NO₃ / kg de MLVSS / dia, a qual pode ser calculada para a temperatura da água residual correspondente a situações diferentes, seguindo a expressão 32 (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

$$\text{Taxa desnitrificação} = (\text{Taxa desnitrificação a } 20^{\circ}\text{C}) \times 1,08^{(T-20)} \quad [32]$$

Onde,

T – Temperatura da água residual;

A CBO₅ total no efluente é igual à soma da CBO₅ solúvel com a CBO dos sólidos em suspensão no efluente, ou também designada por CBO₅ particulada (expressão 34).

$$CBO_{5\ Tot(E)} = CBO_{5\ Sol(E)} + CBO_{5\ Part(E)} \quad [34]$$

Onde,

$CBO_{5\ Tot(E)}$ – Concentração de CBO₅ total efluente ao tratamento secundário;

$CBO_{5\ Sol(E)}$ – Concentração de CBO₅ solúvel efluente ao tratamento secundário;

$CBO_{5\ Part(E)}$ – Concentração de CBO dos sólidos em suspensão no efluente, ou CBO₅ particulada efluente ao tratamento secundário.

A porção biodegradável de SST é de 65% dos SST contidos no efluente (ver expressão 35).

$$(SST_b)_e = 0,65 (SST)_e \quad [35]$$

Onde,

$(SST_b)_e$ – Porção biodegradável de sólidos em suspensão totais no efluente ao tratamento secundário.

$(SST)_e$ – Concentração de sólidos em suspensão totais no efluente ao tratamento secundário.

A CBO última dos sólidos biológicos biodegradáveis é de 1,42 mg de O₂ consumido por mg de células oxidadas, vezes a porção de sólidos biológicos biodegradáveis (expressão 36).

$$CBO_u(SST_b)_e = 1,42 \text{ mgO}_2/L \times SST_b \quad [36]$$

Onde,

$CBO_u(SST_b)_e$ – Porção biodegradável de sólidos em suspensão totais no efluente ao tratamento secundário.

Recorrendo à expressão 36, a CBO₅ particulada dos SST no efluente, pode ser, obtida com base na seguinte relação: $CBO_5 = 0,68 \times CBO_u$. Assim obtém-se a expressão 37.

$$CBO_5(SST)_e = 0,68 \times (1,42 \times 0,65 (SST)_e \text{ mgO}_2/L) \quad [37]$$

Substituindo o resultado anterior na expressão 34, a concentração de CBO₅ efluente ao tratamento secundário pode ser determinada segundo expressão 38.

$$\begin{aligned} CBO_{5\ Tot(E)} &= CBO_{5\ Sol(E)} + CBO_{5\ Part(E)} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow CBO_{5\ Tot(E)} &\cong CBO_{5\ Sol(E)} + (0,68 \times 1,42 \times 0,65 SST_e \text{ mgO}_2/L) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow CBO_{5\ Tot(E)} &\cong CBO_{5\ Sol(E)} + 0,628 SST_e \text{ mgO}_2/L \quad [38] \end{aligned}$$

c) Crítérios e parâmetros de dimensionamento

No Quadro 47, é indicada a gama de valores típicos para os parâmetros de cálculo do coeficiente de crescimento de biomassa observado (Y_{obs}).

Quadro 47 – Valores típicos dos coeficientes cinéticos para o processo de lamas activadas no tratamento de A.R. domésticas (adaptado de Santos, 2013)

| Parâmetro | Unidade | Valor [a 20 °C] | |
|-----------|--|-----------------|--------|
| | | Gama | Típico |
| Ks | mg de CBO ₅ /L ou mg de CQO/L | 25 a 100 | 60 |
| Y | mg SSV/mg CBO ₅ | 0,4 a 0,8 | 0,6 |
| Kd | d ⁻¹ | 0,025 a 0,075 | 0,06 |

Os parâmetros recomendáveis para uma adequada operacionalidade para reactores biológicos preconizados em processo de lamas activadas, devem atender à gama de valores típicos contantes no Quadro 48.

Quadro 48 – Valores típicos de dimensionamento para o processo de lamas activadas (adaptado de Santos, 2013)

| Parâmetro | Unidade | Sistema | | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--|---------------------------------|
| | | Baixa carga ou Arejamento prolongado | Média carga ou Arejamento convencional | Alta carga ou Arejamento rápido |
| MLSS | kg/m ³ | 4 a 8 | 2 a 4 | 0,2 a 0,5 |
| MLVSS | kg/m ³ | 3 a 5 | 1,5 a 3 | 0,14 a 0,35 |
| F/M | kg CBO ₅ /kg MLVSS/d | 0,03 a 0,135 | 0,2 a 0,5 | 1,5 a 5 |
| F/V | kg CBO ₅ /m ³ /d | ≤ 0,3 | 0,5 a 1 | 1,2 a 2,4 |
| Coef. de O ₂ requerido | a | - | 0,55 | 0,5 |
| | b | - | 0,06 | 0,08 |
| θ_c | d | ≥ 30 | 4 a 8 | 2 a 4 |
| T _{RH} | h | 16 a 24 | 4 a 8 | 2 a 4 |
| R | % | 100 a 300 | 30 a 100 | 30 a 100 |

d) Dimensionamento

As condições de afluência e efluência ao tratamento biológico, assim como os parâmetros que caracterizam o licor misto e o crescimento de biomassa para o processo, encontram-se apresentados no Quadro 49.

Quadro 49 – Dados gerais do tratamento biológico

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|---|-------------------|--------|
| Q med – ano HP | m ³ /d | 4479,3 |
| Q pta – ano HP | m ³ /d | 7956,3 |
| Q med – ano 0 | m ³ /d | 915,8 |
| Q pta – ano 0 | m ³ /d | 1837,4 |
| CBO afluente (após decantação primária) | mg/L | 178,8 |
| CBO efluente | mg/L | 40 |
| SST efluente | mg/L | 60 |
| N afluente (após decantação primária) | mg/L | 35,2 |
| N efluente | mg/L | 15 |
| N-NH ₄ efluente | mg/L | 7,2 |
| N-org efluente | mg/L | 4,8 |
| MLVSS/MLSS | | 0,8 |
| X _r (MLSS) | mg/L | 10000 |
| X (MLVSS) | mg/L | 2500 |
| Y | - | 0,6 |
| K _d | d ⁻¹ | 0,06 |
| Y _{obs} | g/g | 0,441 |
| CBO solúvel | mg/L | 2,3 |
| Eficiência de CBO solúvel | % | 98,7 |
| Eficiência do tratamento | % | 77,6 |

No Quadro 50 são definidas as configurações para os reactores biológicos, nomeadamente, as características geométricas dos compartimentos anóxicos e anaeróbios, assim como o número de reactores em operação para as diferentes situações (ano 0 e ano HP).

Quadro 50 – Configuração dos compartimentos dos reactores biológicos

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | | Ano HP | |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------|---------------|---------|
| | | Compartimento | | Compartimento | |
| | | Anóxico | Aeróbio | Anóxico | Aeróbio |
| H | m | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| L | m | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| C | m | 13,0 | 21,5 | 13,0 | 21,5 |
| L/H | - | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Volume de compartimento | m ³ | 760,5 | 1257,8 | 760,5 | 1257,8 |
| Nº compartimentos | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Volume total dos compartimentos | m ³ | 760,5 | 1257,8 | 1521,0 | 2515,5 |

Os parâmetros calculados no dimensionamento da operação de nitrificação, mais concretamente, dos compartimentos anaeróbios dos reactores biológicos, são indicados no Quadro 51, em função da configuração apresentada no Quadro 50. Para dar início ao processo de cálculo da nitrificação, foram atribuídos valores para a relação F/M , θ_c , percentagem de remoção N nas lamas. Em relação às constantes a e b , estas também foram atribuídas de forma a calcular a quantidade de oxigénio necessária para o processo aeróbio.

Quadro 51 – Dimensionamento dos compartimentos aeróbio (nitrificação)

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | | Ano HP | |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-------|-----------|--------|
| | | Condições | | Condições | |
| | | Médias | Ponta | Médias | Ponta |
| F/M | kg CBO/kg MLVSS/d | 0,3 | | 0,3 | |
| θ_c | d | 6 | | 6 | |
| % remoção N nas lamas | % | 4 | | 4 | |
| Volume mínimo | m ³ | 218,3 | 437,9 | 1067,6 | 1896,3 |
| Qtd lamas produzidas (MLVSS) | kg/d | 90,9 | 182,5 | 444,8 | 790,1 |
| Qtd lamas produzidas (MLSS) | kg/d | 113,7 | 228,1 | 556,0 | 987,6 |
| Q lamas excesso (MLSS) | m ³ /d | 11,4 | 22,8 | 55,6 | 98,8 |
| Q recirculação (nitrificação) | m ³ /d | 399,7 | 802,0 | 1955,2 | 3472,8 |
| Q recirculação/Q | % | 43,6 | 43,6 | 43,6 | 43,6 |
| Tempo retenção hidráulico | h | 9,6 | 4,8 | 3,9 | 2,2 |
| F/M efectiva | kg CBO/kg MLVSS/d | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| F/V (Carga volúmica de CBO) | kg CBO/m ³ /d | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,9 |

Quadro 51 – Dimensionamento dos compartimentos aeróbio (nitrificação) - Continuação

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | | Ano HP | |
|-------------------------------|----------------------|-----------|-------|-----------|--------|
| | | Condições | | Condições | |
| | | Médias | Ponta | Médias | Ponta |
| N removido nas lamias excesso | kg N/d | 3,6 | 7,3 | 17,8 | 31,6 |
| N-NH ₄ a remover | kg N/h | 0,8 | 1,7 | 4,1 | 7,4 |
| Taxa nitrificação | g N/kg MLVSS/h | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,2 |
| a | - | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| b | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Qtd de oxigénio | kg O ₂ /d | 408,1 | 628,9 | 1576,2 | 2409,2 |

No Quadro 52 são indicados os parâmetros de cálculo na operação de desnitrificação, ou seja, para os compartimentos anóxicos dos reactores biológicos, que resultaram da configuração apresentada no Quadro 50 e dos valores calculados na operação de nitrificação (Quadro 51), nomeadamente, o caudal recirculação de nitratos e o N-NH₄ removido. Para este efeito, para dar início ao processo de cálculo da desnitrificação, foram atribuídos valores para a taxa desnitrificação, temperatura média do afluente e factor de ponta de N.

Quadro 52 – Dimensionamento dos compartimentos anóxico (desnitrificação)

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | | Ano HP | |
|---|----------------------------------|-----------|--------|-----------|---------|
| | | Condições | | Condições | |
| | | Médias | Ponta | Médias | Ponta |
| Taxa desnitrificação (T=20 °C) | kg N-NO ₃ /kg MLVSS/d | 0,09 | | 0,09 | |
| Temperatura média | °C | 15 | | 15 | |
| Factor de ponta de N | - | 1,2 | | 1,2 | |
| Taxa desnitrificação (T=15 °C) | kg N-NO ₃ /kg MLVSS/d | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| N-NO ₃ a remover | kg N/d | 24,0 | 49,0 | 119,0 | 212,0 |
| Volume mínimo | m ³ | 159,5 | 320,0 | 780,2 | 1385,9 |
| Eficiência desnitrificação | % | 57,0 | 57,0 | 57,0 | 57,0 |
| Recirculação nitratos calculada | - | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Recirculação nitratos adoptada | - | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Q recirculação NO ₃ (desnitrific.) | m ³ /d | 1831,6 | 3674,8 | 8958,7 | 15912,6 |
| Taxa desnitrific. efectiva (T=15 °C) | kg N-NO ₃ /kg MLVSS/d | 0,0128 | 0,0258 | 0,0314 | 0,0558 |
| Tempo retenção hidráulico | h | 19,9 | 9,9 | 8,1 | 4,6 |
| F/M efectiva | kg CBO/kg MLVSS/d | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| F/V (Carga volúmica de CBO) | kg CBO/m ³ /d | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 1,4 |

O dimensionamento dos reactores biológicos foi baseado para o funcionamento em média carga, e focado na situação do ano HP para condições médias afluentes. Neste sentido, em análise comparativa dos Quadros 51 e 52 com a gama de valores recomendáveis apresentada no Quadro 48 para o regime em média carga, é de notar que os respectivos valores enquadram-se para o ano HP, quer para as condições médias, quer para as condições de ponta, com a excepção do T_{RH} para o último caso. Em relação à situação verificada para do ano 0, os valores recomendáveis desviam-se do objectivo do funcionamento dos reactores para média carga, e tendem para o regime de baixa carga.

7.6 DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA

a) Descrição

À semelhança da decantação primária, a parte superior destes órgãos tem a forma cilíndrica e a parte inferior é tronco cónica invertida, inclinada para o centro, a fim de facilitar a concentração das lamas na fossa central.

O sistema será constituído por dois decantadores circulares instalados em paralelo, cada um com uma ponte raspadora de fundo e de superfície, incorporada.

Está previsto apenas um decantador em funcionamento permanente para as condições do ano 0, sendo posteriormente activado o segundo nas restantes condições, ou seja, no início da exploração da fase 2 do empreendimento.

b) Metodologia

O tratamento secundário preconizado para o presente estudo, é um o sistema que necessita de recirculação de lamas sedimentadas na decantação secundária, de volta para montante do compartimento anóxico. Deste modo o caudal afluyente à operação de decantação secundária, corresponde ao caudal afluyente à ETAR

somando a este, o caudal de recirculação de lamas, conforme o princípio seguido nas expressões 39 e 40.

$$Q = Q_0 \cdot (1 + R) \quad [39]$$

Sendo,

$$R = \frac{Q_R}{Q} \quad [40]$$

Onde,

Q – Caudal afluyente ao decantador secundário;

Q_0 – Caudal afluyente à ETAR;

R – Taxa de recirculação de caudal;

Q_R – Caudal de recirculação.

Os parâmetros base para o dimensionamento da operação de decantação secundária, incidem essencialmente no cálculo do T_{RH} (expressão 15), na Ch (expressão 16) e na carga de sólidos (expressão 41).

$$C_S = \frac{Q}{A_H} \cdot X \quad [41]$$

Onde,

C_S - Carga de sólidos (SST);

A_H – Área horizontal do plano de água do tanque;

X – Concentração de MLTSS.

O dimensionamento dos colectores de alimentação e dos descarregadores para os decantadores secundários, é o idêntico ao cálculo e considerações seguidas para a decantação primária. Apenas é de referenciar que neste caso, o caudal afluyente para o dimensionamento dos colectores de alimentação, será somado o caudal de recirculação, como já referenciado anteriormente.

c) Critérios e parâmetros de dimensionamento

O funcionamento dos decantadores secundários, atende à gama de valores típicos contantes no Quadro 53, nomeadamente, o tempo de retenção hidráulico, a carga hidráulica e a carga de sólidos.

No presente caso, o efluente proveniente do tanque biológico, trata-se de um efluente nitrificado, aspecto este, que influencia o intervalo de valores recomendáveis para a Ch e a Cs , como demonstrado no Quadro 53.

Quadro 53 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de decantadores secundários (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | | Observação | Unidade | Gama |
|--|------------|--|-----------------------------------|------------|
| T _{RH} - Tempo de retenção hidráulico | | Para ARU | horas | 1,5 a 2,0 |
| Ch - Carga hidráulica | para Q pta | Lamas activadas (arejamento convencional) | m ³ /m ² /h | 1,7 a 2,0 |
| | para Q med | | m ³ /m ² /h | 0,7 a 1,35 |
| Cs - Carga de sólidos | para Q pta | | kg/m ² /h | aprox. 9,8 |
| | para Q med | | kg/m ² /h | 2,9 a 4,9 |
| Ch - Carga hidráulica | para Q pta | Efluente Nitrificado | m ³ /m ² /h | 1,35 a 1,7 |
| | para Q med | | m ³ /m ² /h | 0,7 a 1,0 |
| Cs - Carga de sólidos | para Q pta | | kg/m ² /h | aprox. 7,8 |
| | para Q med | | kg/m ² /h | 2,9 a 4,9 |

A produção de lamas dos decantadores secundários foi estimada de acordo com os valores tipicamente ponderados para massa volúmica e concentração de sólidos nas lamas primárias, conforme indicado no Quadro 54.

Quadro 54 – Parâmetros típicos para as lamas produzidas em decantadores secundários (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | Unidade | Valor | |
|---|-------------------|-----------|----------|
| | | Típico | Admitido |
| Massa volúmica das lamas primárias | g/cm ³ | 1,005 | 1,005 |
| Concentração de sólidos nas lamas secundárias | % | 0,5 a 1,5 | 0,8 |

d) Dimensionamento

As condições de afluência do processo de decantação secundária, nomeadamente a gama de caudais e concentrações de CBO_5 , SST e do licor misto estipuladas para o ano 0 e ano HP, são indicadas no Quadro 55.

Quadro 55 – Condições de funcionamento para a operação de decantação secundária

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|-----------------------|---------|--------|
| Q mín | m^3/h | 10,4 | 50,9 |
| Q med | m^3/h | 38,2 | 186,6 |
| Q pta | m^3/h | 76,6 | 331,5 |
| Taxa de recirculação (Q_r/Q) | % | 43,6 | 43,6 |
| CBO_5 (após decantação primária) | mg/L | 178,8 | |
| SST (após decantação primária) | mg/L | 96,8 | |
| MLVSS/MLSS | - | 0,8 | |
| X (MLVSS) | mg/L | 2500,0 | |
| X (MLSS) | mg/L | 3125,0 | |
| X_R (MLSS) | mg/L | 10000,0 | |

Os valores constantes no Quadro 56, representam a configuração proposta para o sistema de decantação secundária. As dimensões e características apresentadas atenderam aos sistemas decantação disponíveis no mercado, especialmente no que respeita às pontes raspadoras associadas. Neste âmbito, é apresentado no Anexo IV o catálogo do fabricante (Ecoplants) utilizado para o dimensionamento do processo.

A potência do motor, apresentada no Quadro 56, para funcionamento da ponte raspadora, é a indicada no referido catálogo, correspondente ao decantador seleccionado.

Quadro 56 – Configuração dos decantadores secundários

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|--------|
| Fabricante/modelo | - | Ecoplants PRTP-130 | |
| Diâmetro do Decantador | m | 13,0 | |
| Diâmetro da Chaminé Central | m | 2,0 | |
| Altura útil | m | 3,5 | |
| Área horizontal útil (do decantador) | m ² | 129,6 | |
| Volume útil (do decantador) | m ³ | 543,6 | |
| Nº. de Decantadores em funcionamento | un | 1 | 2 |
| Potência do motor | kW | 0,25 | |

No Quadro 57 são apresentados os parâmetros que condicionam a escolha da solução proposta para os decantadores secundários, nomeadamente, o T_{RH} , a Ch e a Cs .

Quadro 57 – Parâmetros de cálculo por decantador secundário

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP | |
|--------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------|-----|
| Q med | m ³ /h | 38,2 | 93,3 | |
| Q pta | m ³ /h | 76,6 | 165,8 | |
| Ch - Carga de Hidráulica | para Q med | m ³ /m ² /h | 0,4 | 1,0 |
| | para Q pta | m ³ /m ² /h | 0,8 | 1,8 |
| Trh - Tempo de Retenção | para Q med | h | 8,3 | 3,4 |
| | para Q pta | h | 4,1 | 1,9 |
| Cs - Carga de Sólidos | para Q med | kg de SST/m ² /h | 1,3 | 3,2 |
| | para Q pta | kg de SST/m ² /h | 2,7 | 5,7 |

Em análise comparativa do Quadro 57 com a gama de valores recomendáveis do Quadro 53, é de notar que os respectivos valores enquadram-se com o pretendido, dentro do possível, isto é, com as dimensões de decantadores disponíveis no mercado.

No Quadro 58 é estimada a quantidade de lamas produzidas na decantação secundária, com base nos caudais de lamas calculados anteriormente para os

reactores biológicos. Neste Quadro é também estimado a Cs removidos nas lammas em excesso de acordo com os valores indicados no Quadro 54.

Quadro 58 – Cálculo das lammas produzidas em excesso para os decantadores secundários

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|--------------------|-------------------|-------|--------|
| Quantidade de lammas em excesso (MLSS) | Condições médias | kg SST/d | 113,7 | 556,0 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 228,1 | 987,6 |
| Caudal de lammas em excesso (MLSS) | Condições médias | m ³ /d | 11,4 | 55,6 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 22,8 | 98,8 |

Para o dimensionamento dos colectores de alimentação dos decantadores secundário, foi seguido os critérios idênticos aplicados para os decantadores primários, ou seja, foi admitido um regime de escoamento sob pressão e velocidades de escoamento na gama de 0,3 m/s a 1,5 m/s. Para o caso da decantação secundária o caudal de dimensionamento terá contemplado a parcela correspondente ao caudal de recirculação de lammas. Assim o Quadro 59 apresenta o cálculo das respectivas velocidades de escoamento para colectores constituídos por tubagens de calibre diâmetro nominal (DN) 250 mm.

Quadro 59 – Cálculo do colector de alimentação aos decantadores secundários

| Colector de alimentação por decantador | | DN 250 mm | |
|--|-------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Condições | | Caudal [m ³ /h] | Velocidade [m/s] |
| Ano HP | Caudal máximo por decantador (Q+Qr) | 238,1 | 1,35 |
| | Caudal médio por decantador (Q+Qr) | 134,1 | 0,76 |
| Ano 0 | Caudal médio por decantador (Q+Qr) | 54,8 | 0,31 |
| | Caudal mínimo por decantador (Q+Qr) | 14,7 | 0,08 |

Para o dimensionamento dos descarregadores apresentado no Quadro 60, foram seguidos os valores utilizados na decantação primária conforme indicado no Quadro 37, sendo o cálculo da linha de descarregadores condicionado às taxas de descarga máximas recomendadas.

Quadro 60 – Cálculo do total de descarregadores necessários para os decantadores secundários

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|-----------------|---------------------------|-------|--------|
| Q med (por decantador) | | m ³ /h | 38,2 | 93,3 |
| | | L/s | 10,6 | 25,9 |
| Perímetro do canal de recolha (m) | | m | 40,8 | |
| Nº. de descarregadores por metro linear | | un/ml | 4 | |
| Nº. Total de descarregador | | un | 162 | |
| Taxa de Descarga | Máxima admitida | m ³ /ml desc/d | 124,0 | 124,0 |
| | Efectiva | m ³ /ml desc/d | 22,4 | 54,8 |

No Quadro 61 são indicadas as dimensões dos evacuadores que constituem os descarregadores, conforme o procedimento seguido para a decantação primária.

Quadro 61 – Dimensionamento dos descarregadores para os decantadores secundários

| Condições | Caudal [m ³ /h] | | h (mm) | H _{MÍNIMO} (mm) | H _{EFFECTIVO} (mm) | A (mm) | B (mm) |
|----------------|----------------------------|-------------------|--------|--------------------------|-----------------------------|--------|--------|
| | por decantador | por descarregador | | | | | |
| Q med - Ano 0 | 38,2 | 0,24 | 18,4 | 36,8 | 60,0 | 250,0 | 130,0 |
| Q med - Ano HP | 93,3 | 0,58 | 26,3 | 52,7 | | | |

8. DIMENSIONAMENTO DA FASE SÓLIDA

Neste capítulo são descritas as funcionalidades, a metodologia aplicada, os critérios e parâmetros de dimensionamento e as soluções encontradas para as operações unitárias que fazem parte integrante dos processos de tratamento da fase sólida da ETAR em estudo.

O objectivo é a transformação das lamas residuais provenientes da decantação primária e secundária, num subproduto que possa ser manuseado, armazenado, transportado para destino final do ponto de vista mais económico e ambientalmente mais seguro, eliminando o máximo de microrganismos patogénicos e elementos tóxicos. Esse destino final pode ser a valorização orgânica através da aplicação das lamas em solos agrícolas.

Todos os órgãos que constituem a fase sólida da ETAR, serão equipados com um by-pass, de modo a possibilitar o isolamento relativamente de cada um da linha de tratamento, no âmbito de procedimentos de manutenção e/ou avarias dos mesmos.

As lamas que dão entrada na fase sólida da ETAR, nomeadamente lamas primárias e lamas secundárias, apresentam características distintas, mais concretamente no que se refere ao teor de sólidos. Este aspecto, implica a homogeneização das lamas, formando o que se chama de lamas combinadas ou lamas mistas, e assim posteriormente, poderem serem encaminhadas para o processo de espessamento. Para este efeito está previsto no início da linha de tratamento de lamas, um tanque misturador de lamas dimensionado para um T_{RH} compreendido entre 0,20 a 1,0 h de modo a não permitir a ocorrência de um processo de espessamento das lamas (Quadro 62).

Quadro 62 – Dimensionamento do tanque misturador de lamas

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP | |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-------|
| Condições de afluência | Lamas Primárias | Condições médias | m ³ /d | 3,2 | 13,6 |
| | | Condições de ponta | m ³ /d | 5,8 | 20,6 |
| | Lamas Secundárias | Condições médias | m ³ /d | 11,4 | 55,6 |
| | | Condições de ponta | m ³ /d | 22,8 | 98,8 |
| | Lamas combinadas | Condições médias | m ³ /d | 14,6 | 69,2 |
| | | Condições de ponta | m ³ /d | 28,6 | 119,4 |
| Diâmetro do Tanque | | m | 1,5 | | |
| Altura útil | | m | 1,5 | | |
| Volume útil (por tanque) | | m ³ | 2,7 | | |
| Nº. de tanques em funcionamento | | un | 1 | 1 | |
| T _{RH} - Tempo de retenção hidráulico | Condições médias | h | 4,37 | 0,92 | |
| | Condições de ponta | h | 2,22 | 0,53 | |

Como demonstrado no Quadro 62, relativamente ao T_{RH} , é notório que não foi possível satisfazer as condições para o ano 0 e para o ano HP em simultâneo. A condicionante passa pela verificação do ano HP, tendo em conta que a situação do ano 0 será uma situação a curto prazo.

8.1 ESPESSADOR DE LAMAS

a) Descrição

O sistema será constituído por um espessador gravítico de geometria circular, com uma ponte raspadora de fundo, incorporada.

À semelhança dos decantadores, a parte superior destes órgãos tem a forma cilíndrica e a parte inferior é tronco cónica invertida, inclinada para o centro, a fim de facilitar a concentração das lamas na fossa central.

Na Figura 12 é apresentado um desenho elucidativo de um espessador gravítico.

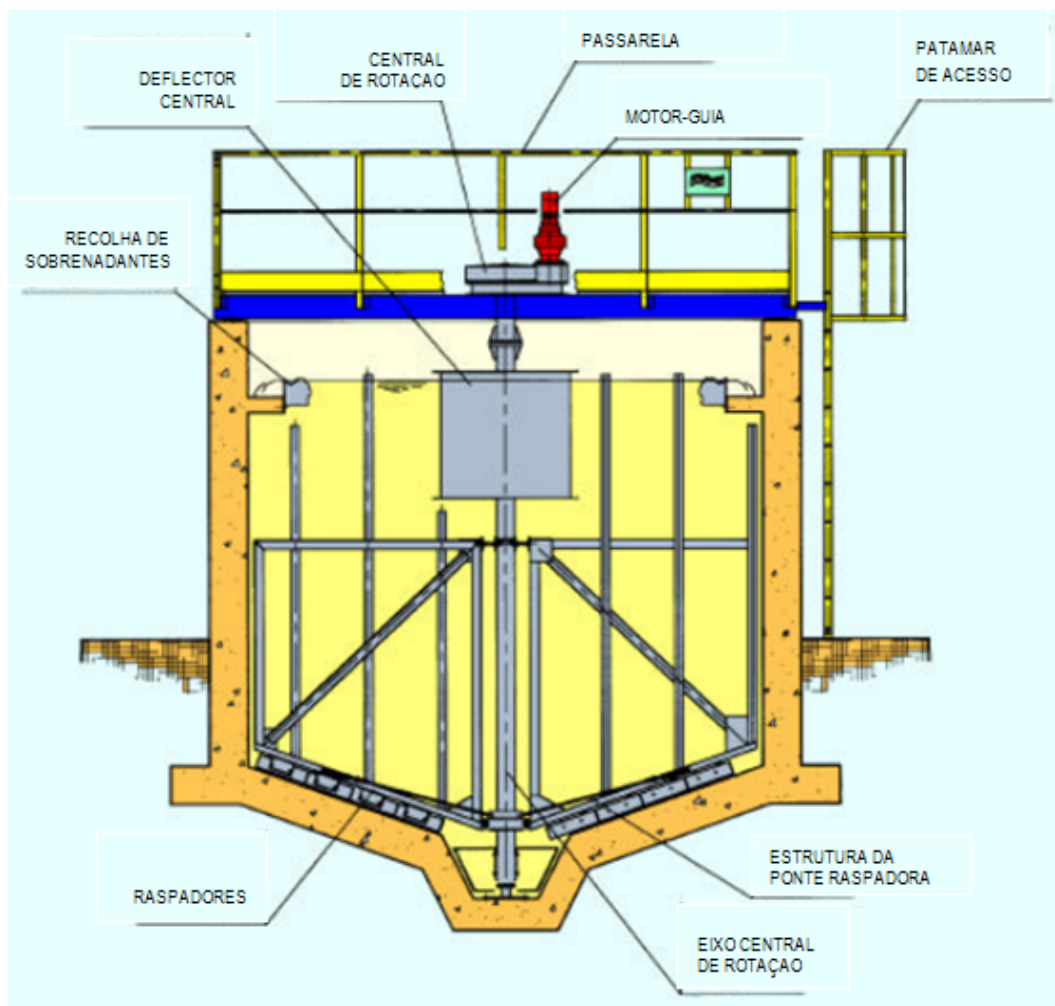


Figura 12 – Espessador gravítico (adaptado do catálogo da *Ecoplants*)

Os sobrenadantes provenientes do espessador serão encaminhados para a rede de escoamentos e são enviadas para a cabeça da estação para seguirem o circuito de tratamento.

b) Metodologia

Os parâmetros base para o dimensionamento do processo de espessamento gravítico de lammas, incidem essencialmente no cálculo da Ch (expressão 42) e na Cs (expressão 43).

$$Ch = \frac{Q_L}{A_H} \quad [42]$$

Onde,

Ch - Carga hidráulica;

Q_L – Caudal de lamas afluente ao processo;

A_H – Área horizontal do plano de água do espessador.

$$Cs = \frac{C_L}{A_H} \quad [43]$$

Onde,

Cs - Carga de sólidos;

C_L – Carga de SST nas lamas afluente.

A quantidade de sólidos capturados no espessador, corresponde à fracção de sólidos que são espessadas, fazendo com que a fracção restante resulta no sobrenadante que será encaminhado para a linha de tratamento da fase líquida. Neste sentido a fracção de sólidos espessados pode ser determinada segundo a expressão 44.

$$C_{ST,EF} = C_{ST,AF} \times E_{CAP,ST} \quad [44]$$

Onde,

C_{ST,EF} – Carga de ST efluentes ao espessador (espessados);

C_{ST,AF} – Carga de ST afluentes ao espessador (não espessados);

E_{CAP,ST} – Eficiência de captura de ST no espessador;

O caudal de lamas espessadas, pode ser quantificado através da expressão 45.

$$Q_{L, \text{ Espessadas}} = \frac{C_{ST,EF}}{\rho_L \times [ST]} \quad [45]$$

Onde,

$Q_{L, \text{ Espessadas}}$ – Caudal de lamas espessadas;

$[ST]$ – Fracção de sólidos espessados;

ρ_L – Massa volúmica de lamas.

As expressões 46 e 47, representam a quantificação dos sobrenadantes gerados na operação de espessamento de lamas.

$$Q_{SN} = Q_L - Q_{L,EF} \quad [46]$$

Onde,

Q_{SN} – Caudal de sobrenadantes;

Q_L – Caudal de lamas afluente;

$Q_{L,EF}$ – Caudal de lamas efluente.

$$C_{SN} = C_L - C_{L,EF} \quad [47]$$

Onde,

C_{SN} – Carga de sobrenadantes;

C_L – Carga de lamas afluente;

$C_{L,EF}$ – Carga de lamas efluente.

c) Crítérios e parâmetros de dimensionamento

A gama de valores típicos para o correcto funcionamento dos espessadores gravíticos, atendem aos valores contantes no Quadro 63.

Quadro 63 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de espessadores gravíticos (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | | Unidade | Valor | |
|--|--|-----------------------------------|-----------|----------|
| | | | Típico | Admitido |
| Massa volúmica de lamas combinadas (primárias + secundárias) | | g/cm ³ | 0,5 a 1,5 | 1,02 |
| Concentração de sólidos nas lamas combinadas espessadas (kg ST/kg Lamas) | | % | 2 a 6 | 4 |
| Captura de sólidos no espessador | | % | 80 a 90 | 85 |
| Cs - Carga de sólidos no espessador | | kg/m ² /d | 25 a 70 | 50 |
| Ch - Carga Hidráulica (máxima recomendada) | Lamas primárias | m ³ /m ² /d | 15,5 a 30 | - |
| | Lamas secundárias (activadas) | m ³ /m ² /d | 4 a 8 | - |
| | Lamas combinadas (primárias + secundárias) | m ³ /m ² /d | 6 a 12 | - |

d) Dimensionamento

As condições de afluência do processo de espessamento gravítico de lamas, tem por base a quantidade de lamas geradas nos processos de decantação primária e decantação secundária. No caso desta última, corresponde à quantidade de lamas em excesso. No Quadro 64, são quantificadas as lamas produzidas no tratamento da fase líquida da ETAR.

Quadro 64 – Condições de afluência para a operação de espessamento

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP | |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-------|
| Lamas Primárias | Caudal | Condições médias | m ³ /d | 3,2 | 13,6 |
| | | Condições de ponta | m ³ /d | 5,8 | 20,6 |
| | Quantidade (Carga) | Condições médias | kg ST/d | 131,8 | 560,2 |
| | | Condições de ponta | kg ST/d | 239,3 | 848,9 |
| Lamas Secundárias | Caudal | Condições médias | m ³ /d | 11,4 | 55,6 |
| | | Condições de ponta | m ³ /d | 22,8 | 98,8 |
| | Quantidade (Carga) | Condições médias | kg ST/d | 113,7 | 556,0 |
| | | Condições de ponta | kg ST/d | 228,1 | 987,6 |

As lamas que resultantes do tratamento da fase líquida da ETAR, lamas primárias e secundárias, apresentam características diferentes. De forma a homogeneizar as lamas, estas são misturadas formando assim um produto chamado lamas combinadas, que correspondem ao produto de entrada no processo de espessamento. Para este efeito, no Quadro 65, apresenta-se o balanço de lamas afluentes ao espessamento, com base nas diferentes massas volúmicas e concentração de sólidos que caracterizam as lamas primárias e secundárias.

Quadro 65 – Balanço de lamas afluentes ao espessamento

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|--------------------|-------------------|--------|--------|
| Caudal de lamas combinadas (primárias + secundárias) | Condições médias | m ³ /d | 14,6 | 69,2 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 28,6 | 119,4 |
| Carga de ST nas lamas combinadas (primárias + secundárias) | Condições médias | kg ST/d | 746,0 | 3542,9 |
| | Condições de ponta | kg ST/d | 1465,3 | 6111,5 |
| Concentração de ST nas lamas combinadas (primárias + secundárias) | Condições médias | % | 5,0 | 5,0 |
| | Condições de ponta | % | 5,0 | 5,0 |

Com base na retenção de sólidos ponderada no processo, o balanço de lamas efluentes ao espessamento é dado no Quadro 66.

Quadro 66 – Balanço de lamas efluentes ao espessamento

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|--------------------|-------------------|--------|--------|
| Carga de ST nas lamas espessadas (removidas) | Condições médias | kg ST/d | 634,1 | 3011,5 |
| | Condições de ponta | kg ST/d | 1245,5 | 5194,8 |
| Caudal de lamas espessadas (removidas) | Condições médias | m ³ /d | 10,4 | 49,2 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 20,4 | 84,9 |

Os sobrenadantes produzidos no processo de espessamento de lamas, foi quantificado de acordo com o Quadro 67.

Quadro 67 – Sobrenadantes efluentes ao espessamento

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|--------------------|-------------------|-------|--------|
| Caudal de sobrenadantes do espessamento gravítico | Condições médias | m ³ /d | 4,2 | 20,0 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 8,3 | 34,5 |
| Carga de SST nos sobrenadantes | Condições médias | kg SST/d | 111,9 | 531,4 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 219,8 | 916,7 |

A dimensão dos espessadores atendeu aos sistemas tanques de espessamento disponíveis no mercado, especialmente no que respeita às pontes raspadoras associadas. Portanto os espessadores solucionados foram sujeitos a uma consulta prévia em catálogos de fabricantes, sendo a potência do motor, a apresentada nos referidos catálogos, correspondente ao espessador seleccionado. No Quadro 68, é indicada a configuração geométrica seleccionada para o espessamento gravítico.

Quadro 68 – Configuração dos espessadores gravíticos

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|--------|
| Fabricante/modelo | - | Ecoplants PITC-80 | |
| Diâmetro do Espessador | m | 8,0 | |
| Diâmetro da Chaminé Central | m | 1,0 | |
| Altura útil | m | 3,0 | |
| Área horizontal útil (por espessador) | m ² | 49,5 | |
| Volume útil (por espessador) | m ³ | 148,4 | |
| Nº. de espessadores em funcionamento | un | 1 | 1 |
| Potência do motor | kW | 0,25 | |

As características de funcionamento dos espessadores propostos são expressadas de acordo com o Quadro 69.

Quadro 69 – Parâmetros de cálculo por espessadores gravíticos

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|--------------------|-----------------------------------|--------|--------|
| Caudal de lammas combinadas (primárias + secundárias) | Condições médias | m ³ /d | 14,6 | 69,2 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 28,6 | 119,4 |
| Quantidade de lammas | Condições médias | kg ST/d | 746,0 | 3542,9 |
| | Condições de ponta | kg ST/d | 1465,3 | 6111,5 |
| Cs - Carga de sólidos no espessador | Condições médias | kg/m ² /d | 15,1 | 71,6 |
| | Condições de ponta | kg/m ² /d | 29,6 | 123,5 |
| Ch - Carga Hidráulica | Condições médias | m ³ /m ² /d | 0,3 | 1,4 |
| | Condições de ponta | m ³ /m ² /d | 0,6 | 2,4 |

Em análise comparativa do Quadro 69 com a gama de valores recomendáveis do Quadro 63, no que diz respeito à *Cs* (20 a 70 kg/m²/d) e à *Ch* (6 a 12 m³/m²/d), verifica-se que não foi possível solucionar uma configuração de um espessador, de acordo com o disponível no mercado, que atende-se a ambas as condições, quer para o ano 0, quer para o ano HP. Portanto, o dimensionamento foi focado nos valores de *Cs* para as condições médias de afluência para o ano 0 e ano HP, de modo a não se proporcionar um desviar muito elevado do intervalo de valores recomendados.

8.2 ESTABILIZAÇÃO DE LAMAS – DIGESTÃO ANAERÓBIA

a) Descrição

As lammas provenientes do espessamento gravítico serão estabilizadas através de um sistema constituído por um digestor anaeróbio em regime de mistura completa, com temperatura de operação a 35°C.

O biogás produzido será alvo de reaproveitamento para cogeração, nomeadamente, para fonte de energia renovável para caldeiras destinadas ao sistema de transferência de calor ao próprio digestor e o restante reaproveitamento, para a produção de energia eléctrica através de grupos motor-gerador.

Quando o biogás é utilizado num grupo-gerador para produção combinada de calor e electricidade, pelo menos 50% da sua energia química pode ser obtida na forma de energia térmica recuperada do arrefecimento do motor, do óleo e dos gases de combustão.

Assim sendo, a ETAR deverá proceder ao aproveitamento do biogás, através de um sistema de cogeração para obtenção de energia térmica e eléctrica, permitindo minimizar os consumos energéticos de gás natural e electricidade associados ao funcionamento da instalação.

Na Figura 13 é apresentado um desenho elucidativo de um digestor anaeróbio de mistura completa.

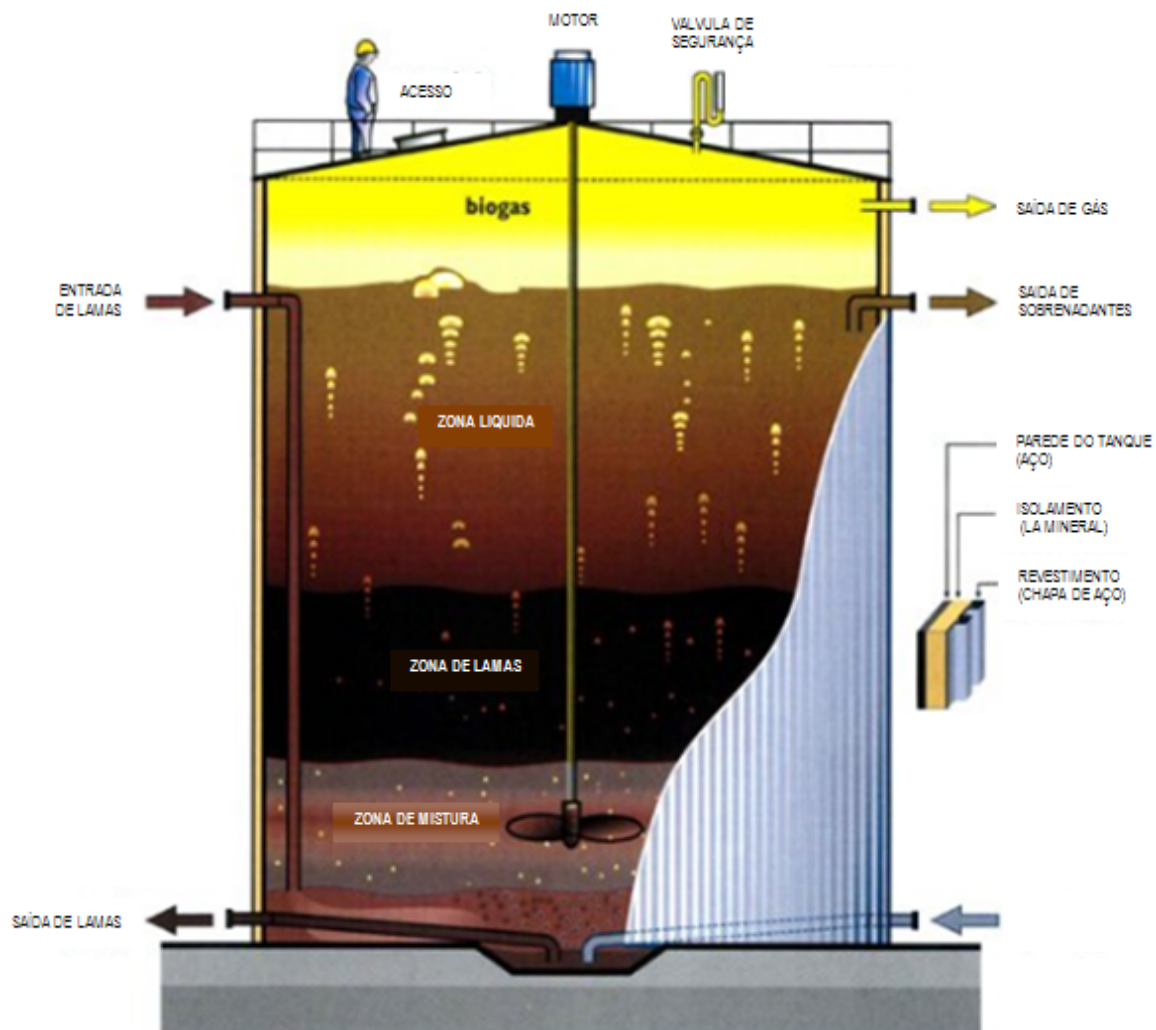


Figura 13 – Digestor anaeróbio de mistura completa ^[1]

[1] – adaptado do sítio http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_anaerobic_digestion.html

b) Metodologia

O volume do digestor anaeróbio pode ser determinado com base no intervalo nos valores recomendáveis para o T_{RS} (expressão 48) e para a carga volúmica de CQO (expressão 49).

$$T_{RS} = \frac{V}{Q_L} \quad [48]$$

Onde,

T_{RS} – Tempo de retenção de sólidos;

V – Volume útil do órgão;

Q_L – Caudal de lamas afluente ao processo.

$$C_V = \frac{[CQO]_R \times Q}{V} \quad [49]$$

Onde,

C_V – Carga volúmica;

Q – Caudal afluente à ETAR (fase líquida);

$[CQO]_R$ – Concentração de CQO removida na fase líquida da ETAR (afluente à digestão anaeróbia).

A relação substrato/microrganismos pode ser determinada segundo a expressão 50.

$$F/M = \frac{Y}{1 + Kd \times T_{RS}} \quad [50]$$

Onde,

F/M – Relação substrato / microrganismos;

Y – Coeficiente de rendimento;

Kd – Coeficiente endogénico.

Com base na relação F/M , a quantidade de sólidos sintetizados no digestor anaeróbio é calculada conforme a expressão 51.

$$P_X = F/M \times Q \times [CQO]_R \quad [51]$$

Onde,

P_X – Quantidade de sólidos sintetizados no digestor;

A produção de gás metano (CH_4) é calculada com base na matéria na carga de CQO destruída anaerobiamente, de acordo com a expressão 52.

$$V_{CH_4} = 0,35 Q \times [CQO]_R - 1,42Q \times P_X \quad [52]$$

Onde,

V_{CH_4} – Volume de metano (CH_4) produzido para condições PTN (35°C e 1atm);

A eficiência do processo de digestão anaeróbia traduz-se na estabilização de lamas e pode ser determinada segundo a expressão 53.

$$\text{Estabilização de lamas (\%)} = \frac{CQO_{DEST} - 1,42 \times P_X}{Q \times [CQO]_R} \quad [53]$$

Onde,

CQO_{DEST} – Quantidade de CQO destruída na digestão anaeróbia.

A CQO_{DEST} , pode ser calculada, admitindo uma percentagem de remoção/destruição de CQO na operação de digestão anaeróbia, conforme a expressão 54.

$$CQO_{DEST} = E \times CQO_R \quad [54]$$

Onde,

E – Eficiência de remoção de CQO na digestão anaeróbia.

O balanço de massas, nomeadamente as lamas e sobrenadantes que correm no digestor anaeróbio, foram estimados segundo as expressões 55 a 66.

A expressão 55 representa a quantidade de lamas afluentes ao digestor, mais concretamente as lamas provenientes do espessamento de lamas.

$$C_{LAMAS,AF} = \frac{C_{SST,AF}}{[ST_{LAMAS,AF}]} \quad [55]$$

Onde,

$C_{LAMAS,AF}$ – Quantidade de lamas afluentes ao digestor (lamas espessadas);

$C_{SST,AF}$ – Carga de SST afluentes ao digestor;

$[ST_{LAMAS,AF}]$ – Concentração de sólidos nas lamas espessadas.

As parcelas de sólidos suspensos voláteis (SSV) correspondentes às lamas que dão entrada no digestor, podem ser calculadas de acordo com expressão 56.

$$C_{SSV,AF} = C_{SST,AF} \times \%_{SSV,LAMAS,AF} \quad [56]$$

Onde,

$C_{SSV,AF}$ – Carga de SSV nas lamas afluentes ao digestor;

$\%_{SSV,LAMAS,AF}$ – Percentagem de SSV relativamente aos SST presentes nas lamas afluentes ao digestor.

A fracção de SSV destruídos durante a digestão anaeróbia é dada pela expressão 57 (Tchobanouglos *et al.*, 2004).

$$\%_{SSV,DEST} = 13,7 \times \ln[T_{RS}] + 18,9 \quad [57]$$

Onde,

$\%_{SSV,DEST}$ – Percentagem de SSV destruídos durante a digestão;

A expressão 58 traduz a quantidade de SSV destruídos durante a digestão anaeróbia.

$$C_{SSV,DEST} = C_{SSV,AF} \times \%_{SSV,DEST} \quad [58]$$

Onde,

$C_{SSV,DEST}$ – Carga de SSV destruídos durante a digestão.

A quantidade de gás produzido durante o processo de digestão pode ser calculada conforme a expressão 59.

$$\text{Gás produzido} = P_{BIOGÁS} \times \rho_{BIOGÁS} \times \rho_{AR} \quad [59]$$

Onde,

$P_{BIOGÁS}$ – Produção de biogás;

$\rho_{BIOGÁS}$ – Densidade do biogás;

ρ_{AR} – Densidade do ar.

A expressão 60 permite quantificar as lamas removidas no digestor.

$$C_{LAMAS,REMOV} = C_{LAMAS,AF} - \text{Gás produzido} \quad [60]$$

Onde,

$C_{LAMAS,REMOV}$ – Quantidade de lamas removidas no digestor.

A quantidade de sólidos fixos (SF) presentes nas lamas afluentes ao digestor é calculada através da expressão 61, assumindo que a massa total de SF não se altera durante a digestão.

$$C_{SF,AF} = C_{SST,AF} - C_{SSV,AF} \quad [61]$$

Onde,

$C_{SF,AF}$ – Quantidade de SF nas lamas afluentes ao digestor.

Os SST contidos nas lamas digeridas podem ser calculados segundo a expressão 62.

$$C_{SST,DIGERIDAS} = C_{SF,AF} + C_{SSV,DEST} \quad [62]$$

Onde,

$C_{SST,DIGERIDAS}$ – Quantidade de SST nas lamas digeridas.

Através da aplicação da expressão 63, pode ser calculada a quantidade de SST presentes no sobrenadante (escorrências) produzido no digestor.

$$C_{LAMAS,REMOV} = \frac{C_{SST,SOB}}{[SST]_{SOB}} + \frac{C_{SST,EF} - C_{SST,SOB}}{[SST]_{EF}} \quad [63]$$

Onde,

$C_{SST,SOB}$ – Quantidade de SST no sobrenadante;

$[SST]_{SOB}$ – Teor de SST no sobrenadante;

$[SST]_{EF}$ – Concentração de SST nas lamas efluentes ao digestor;

Com base na expressão 64 pode-se quantificar os SST presentes nas lamas afluentes ao digestor, as quais que serão encaminhadas para a etapa seguinte, nomeadamente a desidratação de lamas.

$$C_{SST,EF} = C_{SST,DIGERIDAS} - C_{SSV,SOB} \quad [64]$$

Onde,

$C_{SST,EF}$ – Quantidade de SST nas lamas efluentes ao digestor (lamas encaminhadas para a desidratação).

O caudal de sobrenadantes produzidos no digestor, pode ser calculado conforme indicado na expressão 65.

$$Q_{SOB} = \frac{C_{SST,SOB}}{[SST]_{SOB}} \quad [65]$$

Onde,

Q_{SOB} – Caudal de sobrenadantes.

A expressão 66 permite calcular o caudal de lamas efluentes ao digestor, nomeadamente as lamas que seguem para o processo de desidratação de lamas.

$$Q_{LAMAS,EF} = \frac{C_{SST,EF}}{[SST]_{EF}} \quad [66]$$

Onde,

Q_{SOB} – Caudal de lamas efluentes ao digestor (a desidratar).

c) Crítérios e parâmetros de dimensionamento

No Quadro 70 é indicada a gama de valores recomendáveis do T_{RS} , para o funcionamento de digestores anaeróbios de mistura completa em função da temperatura de operação.

Quadro 70 – Parâmetros típicos para tempos de retenção de sólidos de digestores anaeróbios (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)

| Temperatura de operação [°C] | T_{RS} MÍNIMO [d] | T_{RS} TÍPICO [d] |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 18 | 11 | 28 |
| 24 | 8 | 20 |
| 30 | 6 | 14 |
| 35 | 4 | 10 |
| 40 | 4 | 10 |

É de salientar que em sistemas de digestão de lamas em mistura completa, quando não têm recirculação de lamas, o T_{RH} é igual ao T_{RS} .

A gama de parâmetros tipicamente utilizada para o dimensionamento de digestores anaeróbios situa-se nos valores conforme apresentados no Quadro 71.

Quadro 71 – Parâmetros típicos para o dimensionamento de digestores anaeróbios (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Parâmetro | Unidade | Valor típico |
|---|-----------------------------------|--------------|
| Massa volúmica das Lamas | g/cm ³ | 1,02 |
| Teor de humidade nas lamas | % | 95 |
| Eficiência de remoção de CQO | % | 70 |
| Kd - Coeficiente endogénico | d ⁻¹ | 0,02 a 0,04 |
| Y - Coeficiente de rendimento | kg SSV/kg CQO | 0,05 a 0,10 |
| Carga volúmica de CQO | kg CQO/m ³ /d | 1,6 a 4,8 |
| Produção de biogás | % de metano | 50 a 70 |
| | m ³ /kg SST destruídos | 1,12 |
| Densidade do biogás | - | 0,86 |
| Densidade do ar | kg/m ³ | 1,204 |
| Teor de SST no sobrenadante produzido no digestor | mg de SST/L | 5000 |
| % de SST nas lamas digeridas | % | 5,0 |
| SSV afluentes ao digestor | % de SST | 70 |
| Concentração de sólidos nas lamas espessadas (kg ST/kg Lamas) | % | 6,0 |

No Quadro 72 são indicadas as dimensões tipicamente utilizadas para a configuração geométrica de digestores anaeróbios de mistura completa.

Quadro 72 – Dimensões típicas para digestores anaeróbios de mistura completa (adaptado de Astals and Mata, 2011)

| Volume (m ³) | Diâmetro (m) | Altura útil (m) |
|--------------------------|--------------|-----------------|
| 500 a 1500 | 10 a 20 | 5 a 6 |
| 1000 a 5000 | 10 a 20 | 15 a 20 |

d) Dimensionamento

As condições de operação do processo de estabilização de lamas por via de digestão anaeróbia, nomeadamente as características das lamas afluentes estipuladas para o ano 0 e HP, o T_{RS} , as características produtivas de biogás e demais parâmetros característicos considerados para o funcionamento do processo, encontram-se indicadas no Quadro 73.

Quadro 73 – Condições de funcionamento para a operação de digestão anaeróbia

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|-----------------------|-------|--------|
| Caudal de afluente à ETAR (condições médias) | m ³ /d | 915,8 | 4479,3 |
| Caudal de Lamas à entrada do digestor | m ³ /d | 10,4 | 49,2 |
| Quantidade de Lamas à entrada do digestor | kg ST/d | 634,1 | 3011,5 |
| Concentração de CQO removida no tratamento da fase líquida | kg CQO/m ³ | 0,596 | |
| TRS - Tempo de retenção de sólidos (à temp. de 35 °C) | d | 10 | |
| Kd - Coeficiente endogénico | d ⁻¹ | 0,03 | |
| Y - Coeficiente de rendimento | kg SSV/kg CQO | 0,08 | |

No Quadro 74 é apresentado o volume útil calculado para o digestor em função do T_{RS} admitido, e por consequente, a quantidade de CQO (afluente, destruída e efluente ao digestor), a carga volúmica CQO, a produção de metano e biogás estimada e demais parâmetros funcionais do processo.

Quadro 74 – Parâmetros de cálculo para a operação de digestão anaeróbia

| Parâmetro | Unidade | Ano 0 | Ano HP | |
|---|------------------|----------------|--------|-------|
| Relação F/M - Carga orgânica por biomassa | kg CBO/kg SST/d | 0,06 | | |
| Diâmetro do digestor | m | 11,5 | | |
| Altura útil | m | 5,0 | | |
| Volume útil do digestor | Mínimo calculado | m ³ | 103,6 | 492,1 |
| | Admitido | m ³ | 519,3 | |
| T_{RS} efectivo (à temp. de 35 °C) | d | 50,1 | 10,6 | |

Quadro 74 – Parâmetros de cálculo para a operação de digestão anaeróbia - Continuação

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|-----------------------|-----------------------------------|-------|--------|
| Carga de CQO | Afluente ao digestor | kg CQO/d | 545,8 | 2669,8 |
| | Destruído no digestor | kg CQO/d | 382,1 | 1868,9 |
| | Efluente ao digestor | kg CQO/d | 163,8 | 800,9 |
| Carga volúmica de CQO | | kg CQO/m ³ /d | 1,1 | 5,1 |
| Px - Quantidade de sólidos sintetizados no digestor | | kg/d | 23,5 | 115,0 |
| Estabilização das lamas | | % | 63,9 | 63,9 |
| Produção de metano (à temperatura de 35 °C) | | m ³ CH ₄ /d | 119,4 | 584,2 |
| Produção de biogás (à temperatura de 35 °C) | | m ³ /d | 199,1 | 973,7 |

Verifica-se no Quadro 74, que a carga volúmica de CQO para o volume admitido do digestor, não se enquadra no intervalo de valores recomendáveis (1,6 a 4,8 kg CQO/m³). No entanto, o T_{RS} é o parâmetro condicionante no funcionamento da operação, pelo que não foi possível verificar ambos os parâmetros em simultâneo (T_{RS} e carga volúmica de CQO).

No Quadro 75 é apresentado a quantificação de lamas que dão entrada na operação de digestão, ou seja, provenientes do processo de espessamento.

Quadro 75 – Balanço de massas afluentes à operação de digestão anaeróbia

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|--------------------|-------------------|---------|---------|
| Caudal de lamas afluentes ao digestor | Condições médias | m ³ /d | 10,4 | 49,2 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 20,4 | 84,9 |
| Carga de SST nas lamas afluentes ao digestor | Condições médias | kg SST/d | 634,1 | 3011,5 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 1245,5 | 5194,8 |
| Quantidade de lamas afluentes ao digestor | Condições médias | kg lamas/d | 10567,7 | 50191,5 |
| | Condições de ponta | kg lamas/d | 20758,4 | 86579,7 |
| Carga de SSV nas lamas afluentes ao digestor | Condições médias | kg SSV/d | 443,8 | 2108,0 |
| | Condições de ponta | kg SSV/d | 871,9 | 3636,3 |

No Quadro 75 é apresentada a estimativa de lamas e sobrenadantes resultantes da operação de digestão anaeróbia.

Quadro 76 – Balanço de massas efluentes à operação de digestão anaeróbia

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|---|--------------------|-------------------|---------|---------|
| SSV destruídos durante a digestão | | % | 50 | |
| Carga de SSV destruídas no digestor | Condições médias | kg SSV/d | 223,9 | 1063,4 |
| | Condições de ponta | kg SSV/d | 439,8 | 1834,4 |
| Produção de biogás | Condições médias | kg de biogás/d | 259,7 | 1233,2 |
| | Condições de ponta | kg de biogás/d | 510,0 | 2127,3 |
| Quantidade de lamas removidas no digestor | Condições médias | kg lamas/d | 10308,1 | 48958,2 |
| | Condições de ponta | kg lamas/d | 20248,4 | 84452,4 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 15,8 | 66,0 |
| Quantidade de Sólidos Fixos nas lamas digeridas | Condições médias | kg SF/d | 190,2 | 903,4 |
| | Condições de ponta | kg SF/d | 373,7 | 1558,4 |
| Quantidade de SST nas lamas digeridas | Condições médias | kg SST/d | 414,1 | 1966,9 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 813,5 | 3392,8 |
| Quantidade de SST no sobrenadante | Condições médias | kg SST/d | 11,3 | 53,5 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 22,1 | 92,2 |
| Quantidade de SST nas lamas efluentes (para a desidratação) | Condições médias | kg SST/d | 402,9 | 1913,4 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 791,4 | 3300,6 |
| Caudal de sobrenadante | Condições médias | m ³ /d | 2,3 | 10,7 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 4,4 | 18,4 |
| Caudal de lamas efluente ao digestor | Condições médias | m ³ /d | 8,1 | 38,3 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 15,8 | 66,0 |

8.3 DESIDRATAÇÃO DE LAMAS – CENTRIFUGAÇÃO

a) Descrição

As lamas provenientes do digestor serão posteriormente desidratadas mecanicamente, através de uma centrífuga.

Na Figura 14 é apresentado um desenho elucidativo de uma centrífuga.

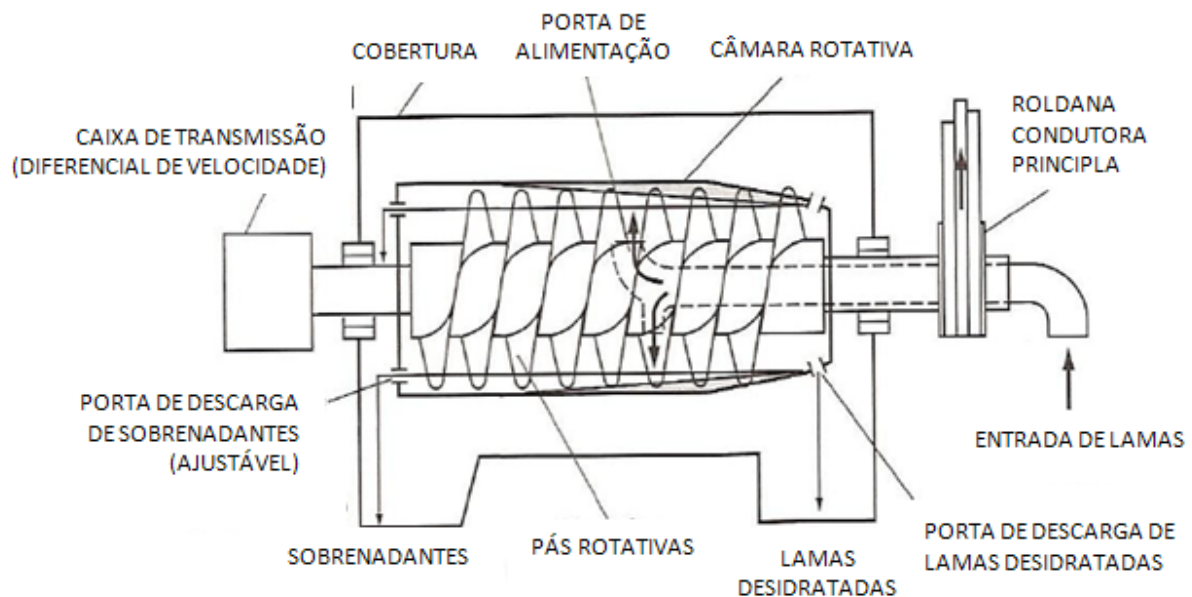


Figura 14 – Centrífuga (adaptado de Tchobanouglos et al., 2004)

No âmbito de melhorar a eficiência do processo de desidratação das lamas, será adicionado uma solução de polielectrólito às lamas, imediatamente a montante da centrífuga. Para tal efeito, será previsto uma unidade automática de preparação e doseamento.

Por fim, da centrífuga, as lamas serão encaminhadas para um silo de armazenamento.

Os sobrenadantes provenientes do filtrado da centrífuga serão posteriormente encaminhados para a cabeça da ETAR retomando a linha de tratamento da fase líquida.

a) Metodologia

As massas (lamas e sobrenadantes) resultantes do processo de desidratação de lamas, através de centrifugação, foram quantificadas de acordo com a expressão 67 a 70.

Segundo a expressão 67, os SST presentes nas lamas desidratadas podem ser calculados com base na eficiência de captura de SST estipulada para a centrífuga.

$$C_{SST,EF} = C_{SST,AF} \times E_{CAP,SST} \quad [67]$$

Onde,

$C_{SST,EF}$ – Quantidade de SST nas lamas desidratadas;

$C_{SST,AF}$ – Carga de SST afluentes à desidratação;

$E_{CAP,SST}$ – Eficiência de captura de SST na desidratação (centrífuga).

A expressão 68 permite calcular o caudal de lamas desidratadas.

$$Q_{LAMAS,EF} = \frac{C_{SST,EF}}{\rho_L \times [SST]} \quad [68]$$

Onde,

$Q_{LAMAS,EF}$ – Caudal de lamas desidratadas;

ρ_L – Massa volúmica de lamas desidratadas;

$[SST]_{LAMAS}$ – Concentração de sólidos nas lamas desidratadas.

O caudal de sobrenadantes pode ser quantificado de acordo a expressão 69.

$$Q_{SOB} = Q_{LAMAS,AF} - Q_{LAMAS,EF} \quad [69]$$

Onde,

Q_{SOB} – Caudal de sobrenadantes;

$Q_{LAMAS,AF}$ – Caudal de lamas afluentes à desidratação.

A quantidade de SST presentes nos sobrenadantes produzidos na etapa de desidratação de lamas, pode ser quantificado de acordo a a expressão 70.

$$C_{SST,SOB} = C_{SST,AF} - C_{SST,EF} \quad [70]$$

Onde,

$C_{SST,EF}$ – Quantidade de SST nos sobrenadantes.

b) Crítérios e parâmetros de dimensionamento

No Quadro 77 é indicado a gama de valores típicos para o funcionamento de centrífugas no processo de desidratação de lamas.

Quadro 77 – Parâmetros característicos para a operação de centrifugação (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Operação | Parâmetro | Unidade | Valores | |
|-------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | | Gama | Típicos |
| Adição de químicos nas lamas | Concentração de sólidos | % | 10 a 35 | 22 |
| | Captura de sólidos | % | 85 a 98 | 90 |
| Adição de polímeros nas lamas | Concentração de sólidos | % | 10 a 30 | 18 |
| | Captura de sólidos | % | 55 a 90 | 80 |

c) Dimensionamento

As condições de operação do processo de desidratação de lamas de lamas por via de centrifugação, nomeadamente as características das lamas provenientes do processo de digestão, estimadas para o ano 0 e HP, encontram-se indicadas no Quadro 78.

Quadro 78 – Condições de funcionamento para a operação de centrifugação

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|--------------------|-------------------|-------|--------|
| Quantidade de SST nas lammas afluentes à centrifugação | Condições médias | kg SST/d | 402,9 | 1913,4 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 791,4 | 3300,6 |
| Caudal de lammas afluentes à centrifugação | Condições médias | m ³ /d | 8,1 | 38,3 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 15,8 | 66,0 |

No Quadro 79 é apresentado a estimativa de lammas e sobrenadantes resultantes do processo de centrifugação.

Quadro 79 – Balanço de massas da operação de centrifugação

| Parâmetro | | Unidade | Ano 0 | Ano HP |
|--|--------------------|-------------------|-------|--------|
| Concentração de sólidos (kg de SST/kg de lammas) | | % | 20 | |
| Captura de sólidos | | % | 90 | |
| Massa volúmica da Lama | | g/cm ³ | 1,06 | |
| Quantidade de SST nas lammas desidratadas | Condições médias | kg SST/d | 362,6 | 1722,1 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 712,2 | 2970,5 |
| Caudal de lammas desidratadas | Condições médias | m ³ /d | 1,7 | 8,1 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 3,4 | 14,0 |
| Caudal de sobrenadante | Condições médias | m ³ /d | 6,3 | 30,1 |
| | Condições de ponta | m ³ /d | 12,5 | 52,0 |
| Quantidade de SST no sobrenadante | Condições médias | kg SST/d | 40,3 | 191,3 |
| | Condições de ponta | kg SST/d | 79,1 | 330,1 |

9. COMPILAÇÃO DOS PROCESSOS UNITÁRIOS DA ETAR

Em resumo das soluções resultantes do dimensionamento dos processos unitários que compõem a fase líquida e a fase sólida da ETAR, é apresentado no Quadro 80, uma síntese das características geométricas e operacionais para o ano 0 e ano HP.

Quadro 80 – Compilação dos processos unitários constituintes da ETAR

| Fase | Processo Unitário | Descrição | Nº de unidades em operação | | Características geométricas de cada unidade | | | | | |
|-----------------------|--|--|----------------------------|--------|---|-------|-------|-------|---------------------|--------|
| | | | Ano 0 | Ano HP | W (m) | L (m) | H (m) | Ø (m) | V (m ³) | |
| Líquida | Gradagem | Canal de grades mecânicas. | 1 | 1 | 0,4 | 4,0 | 0,4 | - | - | |
| | Desarenação e desengorduração | Tanques de desarenação/desengorduração promovidos de sistema de insuflação de ar e de ponte raspadora de superfície. | 1 | 1 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | - | 16,0 | |
| | Decantação primária | Decantadores primários com pontes raspadoras de superfície e de fundo. | 1 | 2 | - | - | 3,6 | 8,0 | 175,4 | |
| | Tratamento biológico | Reactores de lamas activadas constituídos por sequência anóxica, seguida de aeróbia. | compartimento anóxico | 1 | 2 | 13,0 | 13,0 | 4,5 | - | 760,5 |
| | | | compartimento aeróbio | 1 | 2 | 13,0 | 21,5 | 4,5 | - | 1257,8 |
| Decantação secundária | Decantadores secundários com pontes raspadoras de superfície e de fundo. | 1 | 2 | - | - | 3,5 | 13,0 | 453,6 | | |
| Sólida | Espessamento de lamas | Espessador gravítico com pontes raspadoras de superfície e de fundo. | 1 | 1 | - | - | 3,0 | 8,0 | 148,4 | |
| | Estabilização de lamas | Digestor anaeróbio. | 1 | 1 | - | - | 5,0 | 11,5 | 519,3 | |
| | Desidratação de lamas | Desidratação mecânica de lamas através de grupos de centrífugas. | 1 | 1 | - | - | - | - | - | |

NOTA: Todas as características geométricas indicadas correspondem a dimensões úteis.
 W - largura; L - comprimento; H - altura; Ø - diâmetro; V - volume

10. REUTILIZAÇÃO DE ART

Este capítulo tem o objectivo de desenvolver um estudo referente à reutilização de ART para a ETAR, sendo analisado as potenciais aplicações e abordado os processos e sistemas que compõe as fileiras típicas de reutilização de ART, deixando uma proposta para a ETAR em estudo.

10.1 POTENCIAIS APLICAÇÕES PARA A REUTILIZAÇÃO DE ART

A reutilização é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim, com objectivos benéficos.

A água reutilizada possibilita diferentes aplicações, como a limpeza de ruas, o combate a incêndio, a recarga de linhas de água superficiais e subterrâneas, o arrefecimento em centrais térmicas, a rega de espaços verdes e a rega agrícola. Esta última, em especial apresenta-se como potencial grande utilizadora uma vez que este sector consome aproximadamente 65% dos recursos hídricos utilizados a nível mundial (Asano *et al.*, 2007).

No caso em estudo as aplicações em alvo passam pela rega de espaços verdes, limpezas urbanas do município, nomeadamente a lavagem dos arruamentos e de contentores de resíduos sólidos urbanos e água de serviço para a própria ETAR, tendo esta última as seguintes aplicações:

- Regas de espaços verdes;
- Lavagem de pavimentos;
- Limpeza de órgãos da ETAR;
- Água de funcionamento da centrífuga;
- Aspersão para diminuição das escumas formadas em tanques de arejamento e decantadores;
- Arrefecimento de bombas.

10.2 ENQUADRAMENTO LEGAL PARA A REUTILIZAÇÃO DE ART

Na reutilização de águas residuais, a sua qualidade deve ser sempre avaliada em função da utilização pretendida e não em relação ao seu nível de tratamento. Os diferentes tipos de reutilização, requerem diferentes características químicas, físicas e microbiológicas do efluente. Cada tipo de reutilização encontra-se sujeito a diferentes padrões de qualidade, nomeadamente relacionados com os níveis de contaminação salina, concentração de organismos patogénicos, presença de metais pesados e substâncias que possam limitar a utilização das águas residuais.

Existem actualmente diversos documentos (normas, recomendações, etc), criados por diferentes entidades no mundo, que fornecem informação relativamente a valores-guia da qualidade da ART, para diversas aplicações, entre as quais a rega paisagística.

No entanto, não existe enquadramento legal Angolano que aborde este tipo de matéria no que diz respeito à reutilização das ART.

Na ausência de um suporte legal e institucional ou de carácter normativo para regular a reutilização das ART em Angola, como sendo um elemento indispensável para que a reutilização das ART fosse considerada uma prática segura, do ponto de vista de saúde pública e ambiental, será seguida a documentação legal praticada em Portugal, relativamente à reutilização das ART.

De seguida serão apresentados dois dos documentos legais pelos quais a prática de reutilização de águas residuais, em Portugal, se encontra regulamentada:

- O Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto;
- Norma Portuguesa n.º 4434:2005.

A NP 4434:2005, publicada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), aplica-se exclusivamente à reutilização de ARU tratadas na rega de culturas agrícolas, florestais, ornamentais, viveiros, relvados e outros espaços verdes.

No que se refere aos requisitos de qualidade agronómica das ART a utilizar na rega a NP 4434 adoptou os critérios indicados no Anexo XVI do Decreto-lei nº 236/98 (Anexo III do presente trabalho).

O Decreto-Lei nº 236/98 apresenta ainda os valores máximos recomendados (VMR) e os valores máximos admissíveis (VMA) relativos a parâmetros químicos, físicos e biológicos da AR a ter em consideração na sua reutilização, por serem potenciais causadores de riscos ambientais e de saúde pública. A qualidade da AR para rega deve satisfazer as exigências impostas pela referida legislação, assim como ser adequada à cultura que se pretende regar. No referido Decreto-Lei podem ainda ser encontrados os parâmetros que limitam a qualidade da água a regar, nomeadamente pH, salinidade, razão de adsorção do sódio (RNa) e os SST. Os diversos valores a cumprir podem ser observados no seguinte.

10.3 CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA REUTILIZAÇÃO DE ART

Em função dos potenciais usos considerados para a reutilização de ART da ETAR em estudo, nomeadamente, a rega paisagística (constantes da NP 4434), usos industriais e usos urbanos não potáveis, é apresentado no Quadro 81 os critérios de qualidade recomendados para a reutilização de ART, de acordo com *Marecos do Monte e Albuquerque, 2010*.

Segundo a mesma fonte: “ os parâmetros para os quais não são recomendados valores de concentração limite neste Quadro são parâmetros menos relevantes para a utilização em causa, cujos valores poderão ser analisados caso a caso”.

Quadro 81 – Critérios de qualidade recomendados para reutilização de ART em Portugal
 [adaptado de *Marecos do Monte e Albuquerque, 2010*]

| | CBO5 | SST | SDT | Azoto | Fósforo | Dureza | Alcalini- dade | Outros | Fe | SiO2 | Turvação | Coliformes fecais | Ovos de helmintas |
|--|--------|---------|--------|-------------------|----------|---------------------------|-------------------|--|-----|---------|----------|-----------------------|----------------------|
| Unidades | (mg/L) | | | | (mg/L P) | (mg/L CaCO ₃) | | (mg/L) | | | (UNT) | (UFC/100 mL) | (nº/ L) |
| REGA PAISAGÍSTICA | | | | | | | | 5 | | | | | |
| Espaços verdes de contacto directo com o público | | | | | | | | Ph, Ce ₃ , Al, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Cl, Co, Cu, Cr, Sn, F, Li, Mn, Mo, Ni, Se, SO ₄ , V, Zn | 5 | | 10 | 200 | 1 |
| Produtos hortícolas de consumo após processamento, pastagens, vinha, pomares | | 20 – 60 | 640 | 50 * até VL | 2 – 3 | | | | 5 | | | 10 ³ | 1 |
| Searas, culturas industriais, floresta e espaços verdes de acesso controlado | | | | | | | | | 5 | | NR | 10 ⁴ | 1 |
| INDÚSTRIA | | | | | | | | | | | | | |
| Uso industrial não restrito | | | | | | | | | | | | | |
| Sistemas de arrefecimento | 25 | 5 – 30 | 500 ** | NR – 20 | | | | | 0,5 | 25 – 50 | 1 – 50 | 0 – 2x10 ³ | NR – 0,1 |
| Uso industrial restrito | | | | | | | | | | | | | |
| Processos e de Lavagem | - | 35 | - | | | | | | | | 15 | 10 ⁴ | |
| USOS URBANOS NÃO POTÁVEIS | | | | | | | | | | | | | |
| Uso não restrito | 10 | 20 | | | | | | | | | | | |
| Lavagem de ruas | 10 | 20 | - | - | | - | - | | - | - | 10 | 200 | 1 |
| Lavagem de veículos | 10 | 20 | - | - | | - | - | | - | - | 10 | 200 | 1 |
| Uso restrito | 45 | 45 | | | | | | | | | | NDI | ND – 100 *** |

* - Como N-NO₃; ** - Depende do tipo de sistema de arrefecimento; *** - Rega de espaços verdes de acesso condicionado;
 VL – Valor a definir caso a caso pela autoridade licenciadora; ND – Não Detectável; NR – Não Requerido.

10.4 SELECÇÃO DO SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DA ART

Um sistema de reutilização de ART é constituído por um conjunto de infra-estruturas que tratam as AR a um nível adequado para subseqüentes utilizações e as conduzem aos respectivos pontos de utilização. Em geral faz parte integrante de um sistema de reutilização de ART os seguintes componentes:

- Reservatório de regularização do efluente a submeter a tratamento complementar para ser reutilizado (este pode ter tem elevado interesse económico, pois permite que o tratamento complementar e a distribuição de água se possa fazer a caudal constante, reduzindo o caudal de dimensionamento dessas infra-estruturas);
- Instalações de tratamento complementar à ETAR (filtração e desinfecção);
- Reservatório de armazenamento da ART, permitindo a distribuição de água se possa fazer de modo a satisfazer as necessidades da procura;
- Rede de tubagens para a distribuição da ART (consoante a sua extensão, a rede de distribuição de água reciclada deve incluir postos de reposição de cloragem);
- Estações elevatórias;
- Medidores de caudal abastecido.

Em comparação do Quadro 81 com a qualidade do efluente da ETAR descarregado no meio receptor, é de notar que o efluente secundário não satisfaz os requisitos normalizados podendo conter ainda alguns poluentes que podem causar impactes ambientais nas suas potenciais aplicações de reutilização. Entre os compostos residuais que são detectados na descarga de instalações de tratamento encontram-se matéria orgânica solúvel, biodegradável ou refractária, produtos resultantes da actividade microbiológica, sólidos suspensos, elementos-traço (e.g. metais pesados, pesticidas e substâncias farmacêuticas activas), compostos orgânicos voláteis, compostos inorgânicos solúveis e microrganismos patogénicos.

Como exemplo de situações em que as características de efluentes secundários têm que ser afinadas previamente à sua reutilização, referem-se as seguintes:

- A remoção de microrganismos patogénicos como factor de salvaguarda da saúde pública, o que obriga à desinfecção do efluente da estação de tratamento. Ora, este processo não é compatível com os teores de SST típicos dos efluentes secundários, que assim têm que ser reduzidos, para que o processo de desinfecção atinja a eficiência devida;
- A redução do teor de sólidos dissolvidos presentes nos efluentes será necessária em aplicação de circuitos de arrefecimento, onde podem provocar a formação de incrustações ou fenómenos de corrosão, o que obriga a uma filtração do efluente da estação de tratamento.

Tendo em consideração o nível de tratamento secundário da ETAR o efluente antes de ser reutilizado, deverá ser sujeito a uma fileira de tratamento destinada a viabilizar a reutilização do seu efluente envolvendo a combinação de operações e processos unitários, com os seguintes objectivos:

- Remoção de sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão e dissolvidos (SSF, SSV, SDF e SDV), ao nível do tratamento secundário;
- Remoção de nutrientes, fase que constitui o chamado tratamento terciário;
- Remoção de teores residuais de SST presentes no efluente secundário;
- Remoção de teores residuais de SDT;
- Remoção de teores residuais de poluentes vestigiais;
- Remoção ou inactivação de microrganismos patogénicos (desinfecção).

10.4.1 Selecção da Fileira do Sistema de Reutilização de ART

O tipo de utilização das ART é indubitavelmente o factor primordial que condiciona a fileira de tratamento, visto que determina as características de qualidade das ART a produzir para adequá-la à utilização prevista. As múltiplas barreiras que possam ser estabelecidas no caso concreto e a fiabilidade das tecnologias de tratamento devem ser consideradas juntamente com outros factores, conforme indicados no Quadro 82.

Quadro 82 – Factores a considerar na selecção da fileira de tratamento de ART
[Marecos do Monte e Albuquerque, 2010]

| Factores | Observações |
|---|--|
| Tipo de utilização das ART | Determina: – a qualidade a obter para a água residual tratada reutilizável; – a frequência do fornecimento de água aos utilizadores – contínuo, intermitente ou sazonal; – o tipo de barreiras múltiplas a prever |
| Características de qualidade pretendida para as águas residuais | Restringem as operações e processos unitários de tratamento a considerar àqueles que apresentem eficiências de remoção de poluentes ao nível das características pretendidas. |
| Características de qualidade das águas residuais afluentes (geralmente secundário) efluente | – Determinam o tipo de operações e processos unitários de tratamento a considerar, particularmente quando as águas residuais a tratar contêm compostos vestigiais que limitam a reutilização da água; – Podem condicionar a eficiência dos processos de tratamento. |
| Compatibilidade com condições existentes | Influencia a escolha de soluções compatíveis com: – os processos e infra-estruturas existentes; – as condições hidráulicas; – as características locais (como por ex., a disponibilidade de área e topografia local). |
| Flexibilidade dos processos | Deve ser considerada perante a possibilidade de: – alterações nas características das AR afluentes; – alterações de regulamentação. |
| Requisitos de Operação e Manutenção | O equipamento a substituir (no caso de ETAR já existente), Deve ser avaliado quanto a: – vida útil de componentes-chave (lâmpadas de UV, membranas, etc.); necessidades de formação de pessoal; – aquisição de sistema de supervisão e controlo. |

**Quadro 82 – Factores a considerar na selecção da fileira de tratamento de ART
[Marecos do Monte e Albuquerque, 2010] – Continuação**

| Factores | Observações |
|-----------------------|--|
| Requisitos de energia | Deve ser avaliado: – o consumo energético dos equipamentos; – a previsão da evolução futura do custo da energia; – o impacto do aumento das necessidades de energia na instalação existente. |
| Produtos químicos | Deve ser avaliado: – o efeito dos reagentes sobre a qualidade da água reutilizável (produtos da desinfecção); – o efeito dos reagentes sobre os materiais da instalação (por ex. o efeito do ozono sobre o material das membranas); – os requisitos de O&M. |
| Requisitos de pessoal | Determinar: – o número de pessoas necessário para operar e manter o sistema, turnos, qualificações funcionais necessárias; – o nível de automação necessário. |
| Impactes ambientais | Deve ser considerado: – a possível geração de ruído, odores e tráfego; – a distância a zonas habitadas; – a remoção e destino final de resíduos do processo. |

10.4.2 Selecção do Processo de Desinfecção

O processo de desinfecção num sistema de utilização de AR tem como objectivo reduzir a presença de organismos patogénicos para melhorar a qualidade microbiológica do efluente.

Um processo de desinfecção a adoptar num sistema de reutilização de ART deve atender aos seguintes factores:

- A eficiência do processo na inactivação dos microrganismos patogénicos e a sua fiabilidade;
- O risco do agente de desinfecção para os seres humanos e animais;
- Disponibilidade no mercado e custo;

- Facilidade de transporte e de armazenamento;
- Operacionalidade (facilidade e segurança de operação);
- Impactes ambientais.

Para se escolher uma técnica de desinfecção adequada há que ter em conta variados factores. As características a verificar num desinfectante ideal são apresentadas no Quadro 83.

Quadro 83 – Características de um desinfectante ideal

| Características | Propriedades |
|---|---|
| Disponibilidade | Deve estar disponível em grandes quantidades e a preços razoáveis |
| Capacidade de desodorização | Deve desodorizar enquanto desinfecta |
| Homogeneidade | A solução deve ter uma composição uniforme |
| Interacção com materiais estranhos | Não deve ser absorvido por outra matéria orgânica que não células bacterianas |
| Não corrosivo e anti-manchas | Não deve corroer os metais ou manchar a roupa |
| Não tóxico para formas de vida superiores | Deve ser tóxico para microrganismos e não para os humanos e outros animais |
| Penetração | Deve ter a capacidade de penetrar nas superfícies |
| Segurança | Deve ser seguro para transportar, armazenar, manusear e utilizar |
| Solubilidade | Deve ser solúvel em água ou tecidos celulares |
| Estabilidade | Deve ter baixa perda de acção germicida ao longo do tempo de contacto |
| Toxicidade para microrganismos | Deve ser eficaz em grandes diluições |
| Toxicidade à temperatura ambiente | Deve ser eficaz à temperatura ambiente |

O maior grupo de organismos patogénicos presentes numa água residual tratada resultante de um tratamento secundário e terciário, inclui bactérias, vírus, ovos de

helminthas e cistos de protozoários. Geralmente a presença de organismos patogénicos em AR é regulada através de análises a indicadores microbianos. Estes indicadores são utilizados para detectar a poluição da água residual a nível de matéria fecal, indicando a presença de organismos patogénicos.

Um bom indicador de poluição fecal deve obedecer aos seguintes requisitos:

- estar globalmente presente e em grande número nas fezes humanas e animais de sangue quente;
- ser facilmente detectável através de métodos simples;
- não crescer em águas naturais;
- ter propriedades idênticas às dos organismos patogénicos em termos de persistência em AR tratadas e em termos de remoção através de técnicas de recuperação de AR para reutilização.

Embora existam inúmeras tecnologias de desinfecção, físicas, químicas ou bionaturais, apenas a cloragem, a radiação UV e a ozonização são tecnologias equacionáveis a uma escala industrial, na eliminação ou inactivação de microrganismos da água residual. A cloragem tem vindo a ser substituída pelos sistemas de desinfecção UV ou por sistemas combinados: ozonização/cloragem ou UV/ cloragem. Os bioreactores de membrana (MBR) têm vindo a ganhar importância, pois o efluente resultante é de elevada qualidade, podendo ser utilizado em várias aplicações de reutilização. O Quadro 84, apresenta as vantagens e desvantagens para os sistemas de sistemas de desinfecção mais tipicamente utilizados para a reutilização de ART.

Quadro 84 – Vantagens e desvantagens dos tipos de desinfecção para a reutilização de ART

| Tipo de Desinfecção | Vantagens | Desvantagens |
|---------------------|--|--|
| Cloro | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de desinfecção mais económico; - Bastante eficiente na eliminação de bactérias; - Permanência de um teor residual de cloro; - Flexibilidade de dosagem. | <ul style="list-style-type: none"> - O cloro é uma substância bastante tóxica, podendo pôr em risco a saúde dos operadores e do público em geral em caso de acidente; - Uma vez que o cloro é uma substância bastante tóxica devem ser tomadas fortes medidas de protecção quanto ao acondicionamento e à neutralização; - O cloro reage com compostos orgânicos presentes em AR, formando subprodutos, muitos deles conhecidos como carcinogénicos e/ou mutagénicos; - O cloro residual, presente no efluente tratado, é tóxico para a vida aquática; - Existem algumas preocupações quanto à descarga de compostos organoclorados no ambiente, pois os efeitos a longo prazo são desconhecidos. |

Quadro 84 – Vantagens e desvantagens dos tipos de desinfecção para a reutilização de ART - Continuação

| Tipo de Desinfecção | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------------------------|--|--|
| <p>Radiações Ultra-violeta (UV)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Não forma subprodutos; - Não é tóxico para a vida aquática; - Não altera as propriedades físico-químicas da água (não promove a diminuição do oxigénio nem aumenta a concentração de sólidos suspensos); - Tempo de contacto necessário muito curto; Perigosidade baixa e fácil manuseamento (sem problemas de armazenamento; não corrosivo); - Boa acção bactericida. Desinfectante eficaz para Giardia e Cryptosporidium. Oxidiza eficazmente resíduos orgânicos quando combinado com um oxidante. | <ul style="list-style-type: none"> - Grande investimento inicial; - Pode ser necessário um programa de manutenção preventiva para controlar a sujidade no equipamento; - Fraca acção contra alguns tipos de vírus, sendo necessário outro desinfectante para a distribuição e armazenamento. A foto-reactividade poderá ser um problema ao serem usadas lâmpadas UV de baixa pressão se o sistema for dimensionado abaixo da dose mínima de UV necessária; - Eficácia dependente da qualidade da água. Não deixa residual de modo a monitorizar-se a sua eficácia. |
| <p>Ozonização</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Desinfectante eficaz para bactérias vegetativas, vírus e Giardia; - Remoção de sabores e odores desagradáveis, assim como da cor da água; - Oxidante selectivo de substância persistentes (pesticidas, substâncias químicas industriais, etc.); - Não requer armazenagem ou transporte de reagentes químicos tóxicos; - Dá origem apenas a pequenas quantidades de subprodutos da desinfecção; - Estimula a coagulação; Oxida o ferro, o manganês e os sulfitos; - O tempo de contacto necessário é curto. | <ul style="list-style-type: none"> - Implica um investimento inicial elevado; - Envolve custos de operação e manutenção relativamente elevados; - Produz carbono orgânico assimilável, o que faz com que haja risco de reaparecimento dos organismos; Tem que ser produzido localmente; - Requer técnicos de manutenção especializados; - É corrosivo e tóxico: é necessário material apropriado e apertadas medidas de segurança. |

Quadro 84 – Vantagens e desvantagens dos tipos de desinfecção para a reutilização de ART - Continuação

| Tipo de Desinfecção | Vantagens | Desvantagens |
|----------------------------------|--|--|
| MBR (Bio-Reactor de Membrana) | <ul style="list-style-type: none">- Sistema muito compacto;- Produz um efluente de elevada qualidade;- Redução da produção de lama (quando dimensionado para baixa carga);- Grande flexibilidade para expansão do tratamento. | <ul style="list-style-type: none">- A substituição das membranas é dispendiosa;- Os custos de primeiro investimento apenas são competitivos para instalações de grande dimensão, pois os custos associados à construção civil dos MBR são muito inferiores aos custos de construção civil de um tratamento tradicional. |

10.4.1 Sistemas de Filtração

A **filtração em leito granular** é a operação de filtração mais utilizada e a mais económica. Existem diversos tipos de leito granular, os quais podem ser classificados segundo diferentes critérios:

- Sentido do escoamento da água: ascendente ou descendente;
- Regime de operação: contínua, semi-contínua e descontínua;
- Altura do leito filtrante: profundos, convencionais e pouco profundos;
- Constituição do leito filtrante: monocamada, duplacamada e multicamadas de diferentes materiais (areia e antracite, por exemplo);
- Gravíticos ou em pressão.

Os factores importantes a considerar na selecção da tecnologia apropriada de filtração são:

- Características das partículas presentes na água a filtrar;
- Características de qualidade pretendidas na água filtrada;

- Tipo de filtro: gravítico ou em pressão; de patente registada ou de projecto individual; velocidade de filtração; requisitos de lavagem, número de unidades, incluindo as de reserva.

Contudo existem outros sistemas de filtração para a remoção de sólidos suspensos, nomeadamente:

Filtração superficial - é a operação de remoção de sólidos em suspensão por meio da passagem da água através de uma tela apoiada sobre um suporte rígido e poroso e consequente retenção dos sólidos de dimensão superior à abertura da malha da tela. A tela filtrante é produzida em diversos materiais, desde malha de aço inoxidável a têxteis sintéticos, como o poliéster.

Filtração por membranas - consiste na passagem da água através de uma fina membrana, constituída por um polímero orgânico, com o objectivo de remover partículas em suspensão coloidal, microrganismos, moléculas orgânicas de elevado peso molecular e até substâncias dissolvidas, que não passam através da membrana e constituem o chamado concentrado.

Os processos que se baseiam no princípio de passagem da água através de uma membrana são os seguintes:

Microfiltração (MF) – membranas com poros de dimensão entre 0,08 a 2,0 μm , sujeitas a pressão entre 0,1 a 3 bar;

Ultrafiltração (UF) – membranas com poros de dimensão entre 0,005 a 0,2 μm , sujeitas a pressão entre 0,2 a 8 bar;

Nanofiltração (NF) – membranas com poros de dimensão entre 0,001 e 0,01 μm , sujeitas a pressão entre 5 a 20 bar;

Osmose inversa (OI) – membranas com poros de dimensão entre 0,0001 e 0,001 μm , sujeitas a pressão entre 10 a 100 bar.

Diálise.

Electrodiálise (ED).

10.4.2 Proposta para o Sistema de Reutilização de ART para a ETAR

Propõe-se a criação duas linhas de tratamento específicas para a reutilização de ART em função dos diferentes usos (água de serviço industrial e água de serviço). Assim, o sistema de reutilização seria composto por uma linha constituída por filtração seguida de desinfecção e a jusante um reservatório de armazenamento da ART. O sistema de desinfecção, deverá garantir concentrações de microrganismos inferiores a 2000 CF/100 ml. Do reservatório de água tratada seria extraída água através de uma central hidropressora que abastecerá a **rede de água de serviço industrial** destinada às necessidades de arrefecimento de motores, água de diluição de reagentes e limpeza automática de caleiras e aspersão em tanques de arejamento e decantadores para diminuição das escumas formadas, cuja utilização não exige um grau de tratamento mais exigente, uma vez que não existe risco de contacto humano. Do mesmo reservatório será bombada água passando por uma linha dotada de um sistema de desinfecção, o qual deverá garantir uma concentração inferior a 100 CF/100 ml, e que abastecerá a **rede de água de serviço**, necessária apenas às actividades onde possa haver contacto humano: rega, lavagens de pavimentos e preparação de reagentes.

Com o sistema de filtração deverá obter-se uma redução de sólidos em suspensão para valores inferiores a 10 mg/L. A utilização deste processo, permite diminuir a turvação da água e o facto de remover pequenas partículas, irá permitir também a remoção de produtos químicos e metais pesados prejudiciais. Sugere-se uma filtração constituída por filtros de leito granular, compostos por leito de dupla camada, nomeadamente, areia e carvão-activado (antracite).

No que diz respeito à desinfecção, esta terá o objectivo de reduzir o número de coliformes fecais, existindo possibilidades químicas (cloro, ozono, etc), físicas (calor), ou mesmo a radiação UV.

Ambos os sistemas filtração/desinfecção serão dimensionados de forma a diminuir os parâmetros (SST e coliformes fecais) para valores normalizados de acordo com o já mencionado e de acordo com o Quadro 81.

A capacidade dos sistemas e respectivos equipamentos, serão dimensionados em função das utilizações pretendidas, ou seja, dos destinos da reutilização de ART, tendo como principais potencialidades os usos, referenciados no Quadro 85.

Quadro 85 – Níveis de serviço propostos para a reutilização de ART

| A nível de serviço ao município | A nível de serviço à ETAR |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Regas de espaços verdes;- Limpezas urbanas (lavagem dos arruamentos e de contentores de resíduos sólidos urbanos). | <ul style="list-style-type: none">- Regas de espaços verdes;- Lavagem de pavimentos;- Limpeza de órgãos da ETAR;- Água de funcionamento da centrífuga;- Limpeza de órgãos da ETAR;- Aspersão para diminuição das escumas formadas em tanques de arejamento e decantadores;- Arrefecimento de bombas. |

A Figura 15, apresenta o esquema elucidativo das linhas de tratamento propostas para a reutilização de ART da ETAR em estudo.

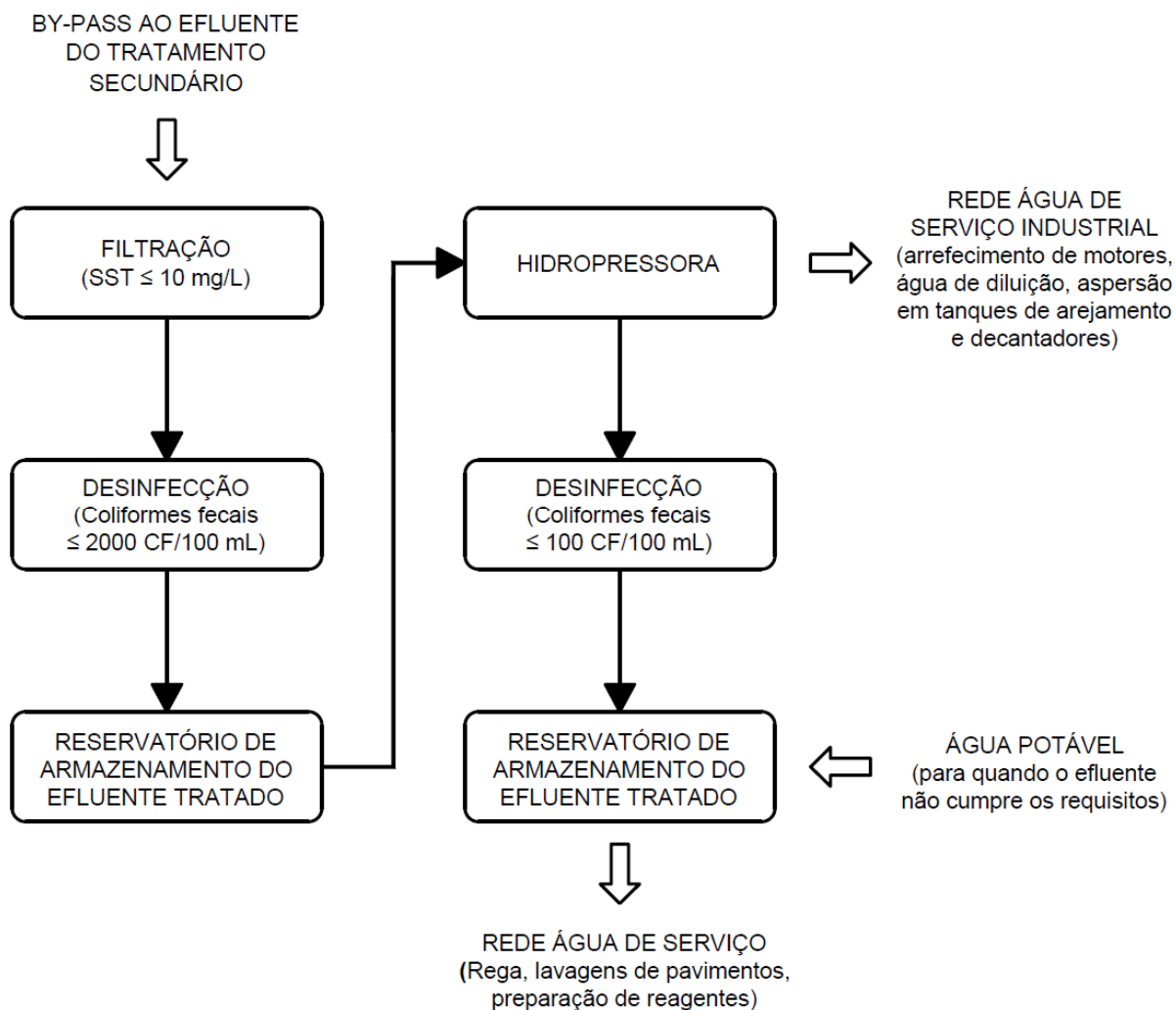


Figura 15 - Esquema do circuito da reutilização da água tratada

11. CONCLUSÕES E CRÍTICAS

Ao longo do dimensionamento de cada processo unitário, verificou-se que o comportamento destes, principalmente nas condições para o ano 0 de exploração, não se enquadravam nas gamas de valores recomendáveis, no que diz respeito aos parâmetros operativos tipicamente utilizados. Este facto traduz-se na elevada diferença entre as condições afluência esperadas para o ano 0 e para o ano HP. Portanto, a prioridade foi dada para as condições de operação para o ano HP, tendo em conta que a maior parte dos anos de exploração da ETAR, serão operados em condições estimadas para o ano HP.

Pelo mesmo motivo não se justificaria a nível económico, ir ao encontro de soluções que condicionassem as configurações dos processos e operações unitárias, especificamente para a situação do ano 0.

Em relação ao tratamento biológico, o objectivo foi focado na necessidade de remoção de N, sendo que o processo biológico proposto é especificamente constituído por operações que promovem a remoção de N. No entanto, este processo biológico acaba por remover quantidades de P, embora não seja a finalidade da sua selecção. Deste modo, foi estimado à partida, que o processo biológico proposto tenha a capacidade de remover uma determinada quantidade de P, que permita atingir os VLE do efluente descarregado no meio receptor. Nos casos em que esta situação não se verifique, nas análises de controlo da qualidade do efluente efectuadas em medições periódicas ao longo da exploração da ETAR, a remoção de P poderá ser conseguida por meio de precipitação química com adição de cloreto férrico, sendo prevista a jusante do tratamento secundário, a instalação de um equipamento de preparação e doseamento automático.

Os processos e operações unitários propostos para fileira de tratamento da ETAR, no âmbito da selecção de cada processo, deveriam ter sido alvo de um estudo de viabilidade económica de modo a avaliar os aspectos construtivos e instalação dos sistemas a implementar, assim como a respectiva manutenção dos mesmos, quer a nível de durabilidade/fiabilidade, quer a nível de consumo energético ao longo da exploração da ETAR. Este tipo de análise teria a maior importância na selecção do

processo para o tratamento secundário, uma vez que este é o nível de tratamento que apresenta a maior diversidade de soluções estudadas por diferentes especialistas e por sua vez, uma grande diversidade no mercado.

O sistema de reutilização de ART proposto, é condicionado por três aspectos significativos a considerar: a viabilidade económica, a aceitação social e a garantia de que a saúde pública e o meio ambiente são salvaguardados.

A principal condicionante será viabilidade económica. O estudo de estimativas de custos é fundamental para encontrar a solução mais viável financeiramente. Neste sentido, seria necessário analisar quais as infra-estruturas ou condições logísticas que necessitariam de ser criadas, assim como os respectivos custos associados.

Salvaguardando do ponto de vista ambiental e de gestão de recursos hídricos, a utilização de um sistema de reutilização de ART diminuiu o consumo de recursos, assim como reduz a quantidade de efluente da ETAR descarregado para o meio receptor.

No caso da utilização de ART para serviços municipais (rega paisagística, lavagens de arruamentos e de equipamentos de recolha de resíduos sólidos urbanos), os encargos financeiros associados ao transporte e armazenamento, deverão ser avaliados de forma a ser compensados através da implementação de uma tarifa. As infra-estruturas necessárias para a implementação do abastecimento aos pontos de utilização, como as redes de tubagens, estações elevatórias e reservatórios de armazenamento, deverão ser ponderadas com outras medidas de transporte alternativas como os camiões cisterna.

Como demonstrado no presente trabalho, relativamente à qualidade do efluente descarregado no meio receptor, a ETAR necessitaria apenas de um tratamento de efluentes ao nível secundário para fazer face ao enquadramento legal angolano. A reutilização de ART, torna-se mais interessante para ETAR's, quando a qualidade do efluente descarregado necessite da aplicação de níveis/sistemas de tratamento mais exigentes. Portanto, seria fundamental o desenvolvimento de um estudo aprofundado para todas as aplicações possíveis de todo o efluente da ETAR, de

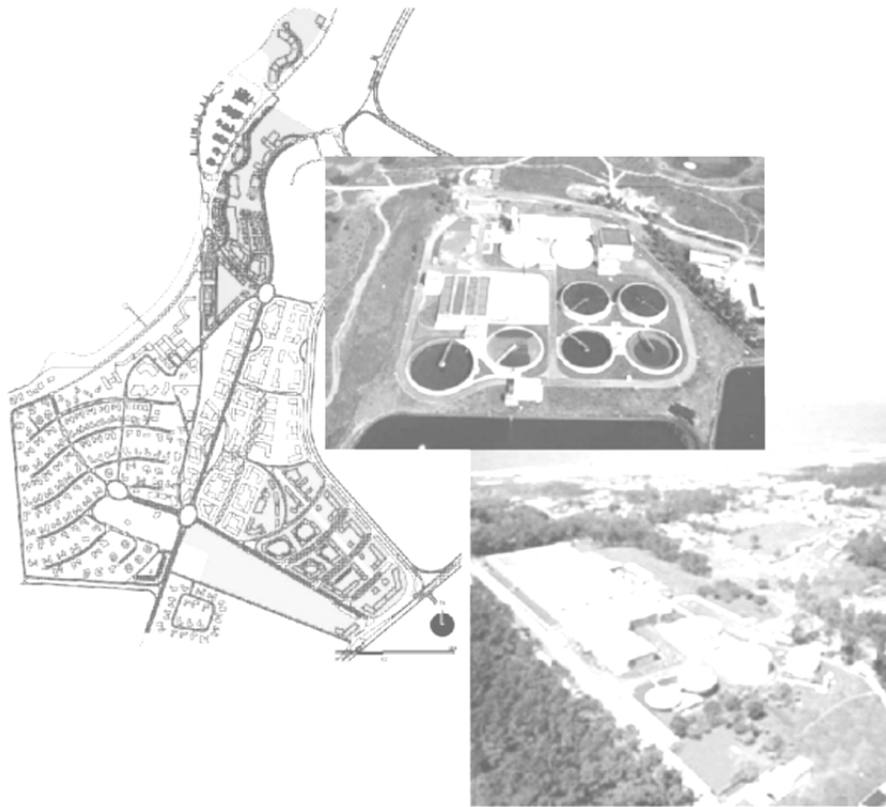


forma a maximizar as potencialidades da reutilização, porque quanto maior for a procura, maior será a viabilidade económica do investimento.

12. BIBLIOGRAFIA

- Astals, S. and Mata, J., *Anaerobic Digestion – Digesters Configurations* Universitat de Barcelona, 2011;
- Barreto, M.P., *A reutilização de águas residuais domésticas na AdM*, Conferência Sistemas de Tratamento e Reutilização de Efluentes, Águas do Mondego, 2012;
- Catálogos de equipamentos da *Ecoplants S.R.L.* Disponível em: <http://www.ecoplants.com>
- Cordeiro, D.C., *Estudo da reutilização de uma água residual tratada na rega paisagística*, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2012;
- Costa, B.F., *Viabilização da reutilização de efluente tratado, usos, aplicações e respectivos impactos na gestão dos mesmos*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Algarve, 2008;
- Decreto-Lei n.º 152/97, Diário da República Portuguesa n.º 139 – I Série A, de 19 de Junho, 1997;
- Decreto-Lei n.º 236/98, Diário da República Portuguesa n.º 176 – I Série A, de 1 de Agosto, 1998;
- Decreto Presidencial n.º 261/11, Diário da República Angolano n.º 193176 – I Série, de 6 de Outubro, 1998;
- Decreto Regulamentar n.º 23/95, Diário da República Portuguesa n.º 194 – I Série B, de 23 de Agosto de 1995;
- EPAL, Empresa Portuguesa de Águas Livres, SA, *Manual das redes prediais Versão 4*, 2011;
- Instituto Português da Qualidade – NP 4434, *Reutilização de águas residuais tratadas para rega*, 2005;
- Marecos do Monte, H., *Textos de apoio da unidade curricular de Controlo e Poluição Qualidade da Água*, ISEL, Lisboa, 2013;

- Messias, M.S., *Análise da viabilidade de reutilização do efluente da ETAR de Beirolas para rega paisagística da área do Parque do Tejo*, Dissertação de Mestrado, ISEL, Lisboa, 2012;
- Marecos do Monte, H. e Albuquerque, A., *Reutilização de Águas Residuais*, Série Guias Técnicos – Nº14, Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos, Lisboa, 2010;
- Marecos do Monte, H., *Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em Portugal*, TPI 8, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1994;
- Rasquilha, F.J., *Contribuição para o tratamento e gestão de lamas em excesso das estações de tratamento de águas residuais – Caso de estudo de optimização para quatro ETAR's do concelho de Elvas*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012;
- Santos, C.M., *Reutilização de águas residuais urbanas tratadas*, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2008;
- Santos, J.F., *Metodologia de tratamento de lamas e organização do balanço de massas*, Dissertação de Mestrado, ISEL, Lisboa, 2012;
- Santos, M.T., *Textos de apoio da unidade curricular de Estações de Tratamento de Águas Residuais* do mestrado em engenharia civil da área de especialização de hidráulica, ISEL, Lisboa, 2013;
- Tchobanouglos, G.; Burton, F.L.; Stensel, H.D., *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Ed., Metcalf & Eddy, McGraw Hill, University of Washington, Seattle, 2004.



Projecto de pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda - Angola

ANEXOS

CONTEÚDO

- ANEXO I – Qualidade das águas na descarga de águas residuais. Anexo VI do DP n.º 261/11 (Angolano), pág. 4722
- ANEXO II – Eficiências típicas de remoções para os processos unitários
- ANEXO III – Qualidade das águas destinadas à rega. Anexo XVI do DL n.º 236/98, pág. 3714 à 3715
- ANEXO IV – Catálogos de fornecedores utilizados para o presente estudo
- ANEXO V – Desenho n.º. 001 – Diagrama de Princípio da ETAR



ANEXO I

**Qualidade das águas na descarga de águas residuais. Anexo VI do
DP n.º 261/11 (Angolano), pág. 4722**

Valores Limites de Emissão (VLE) na Descarga de Águas Residuais.

| Parâmetros | Expressão dos resultados | VLE(1) |
|-------------------|--------------------------|---------------------------------|
| pH | Escala de Sorensen | 6,0-9,0 (2) |
| Temperatura | °C | Aumento de 3°C (3) |
| CBO 20°C (20) (0) | mg/l O ₂ | 40 |
| CQO (0) | mg/l O ₂ | 150 |
| sst (0) | mg/l | 60 |
| Alumínio | mg/l Al | 10 |
| Ferro total | mg/l Fe | 2.0 |
| Manganês total | mg/l Mn | 2.0 |
| Cheiro | - | Não detectável na diluição 1:20 |
| Cor (0) | - | Não visível na diluição 1:20 |

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
| Cloro residual disponível: | | |
| Livre | mg/l Cl ₂ | 0.5 |
| Total | mg/l Cl ₂ | 1.0 |
| Fenóis | mg/l C ₆ H ₅ OH | 0.5 |
| Óleos e gorduras | mg/l | 15 |
| Sulfuretos | mg/l S | 1.0 |
| Sulfitos | mg/l SO ₃ | 1.0 |
| Sulfatos | mg/l SO ₄ | 2000 |
| Fósforo total | mg/l P | 3 (em águas que alimentem lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras) |
| Azoto amoniacal | mg/l NH ₄ | 10 |
| Azoto total | mg/l N | 15 |
| Nitratos | mg/l NO ₃ | 50 |
| Aldeídos | mg/l | 1.0 |
| Arsénio total | mg/l A | 1.0 |
| Chumbo total | mg/l P | 1.0 |
| Cádmio total | mg/l Cd | 2.0 |
| Crómio total | mg/l Cr | 2.0 |
| Crómio hexavalente | mg/l Cr (VI) | 0,1 |
| Cobre total | mg/l Cu | 1.0 |
| Níquel total | mg/l Ni | 2.0 |
| Mercúrio total | mg/l Hg | 0,05 |
| Cianetos totais | mg/l CN | 0,5 |
| Sulfuretos | mg/l S | 1.0 |
| Óleos minerais | mg/l | 15 |
| Detergentes (sulfato de lauril e sódio) | mg/l | 2.0 (4) (5) |



ANEXO II

Eficiências típicas de remoções para os processos unitários

Quadro A-II.1 – Eficiências de Remoções (adaptado de Tchobanouglos *et al.*, 2004)

| Tratamento | % de Remoção – Valores Médios | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P |
| Gradagem | - | - | - | - | - |
| Desarenação | - | - | - | - | - |
| Decant. Primária | 30 - 40 | 30 - 40 | 50 - 65 | 5 - 10 | - |
| Lamas activadas (sist. convencional) | 80 - 85 | 80 - 85 | 80 - 90 | 10 - 30 | - |
| Lamas activadas + nitrificação | - | - | - | 70 - 95 | - |

Quadro A-II.2 – Eficiências de Remoções (adaptado de "Degrémont (1989), 9^a édition, tome 2")

| Tratamento | % de Remoção – Valores Médios | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P |
| Gradagem | - | - | - | - | - |
| Desarenação | - | - | - | - | - |
| Decant. Primária | 30 - 40 | 30 - 40 | 50 - 65 | 10 - 20 | - |
| Lamas activadas (sist. convencional) | 90 - 95 | 80 | 90 | 15 | - |
| Lamas activadas + nitrificação | - | - | - | até 95 | - |

Quadro A-II.3 – Eficiências de Remoções (adaptado de *Monte e Albuquerque, 2010 - Quadro 2-8*)

| Tratamento | % de Remoção – Valores Médios | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----|---------|----|----|-------------------|-------------------|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P | N-NH ₄ | N-NO ₃ |
| Tratamento primário | 19 | 40 | 50 - 65 | 8 | 16 | 5 | 0 |
| Tratamento secundário | 74 | 55 | 80 - 90 | 87 | 28 | 52 | 0 |

Quadro A-II.4 – Eficiências de Remoções (adaptado de *Monte e Albuquerque, 2010 - Quadro 7-1*)

| Tratamento | % de Remoção – Valores Médios | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----|-----|----|----|-------------------|
| | CBO ₅ | CQO | SST | N | P | N-NH ₄ |
| Tratamento primário | 36 | 48 | 51 | 38 | 29 | 20 |
| Tratamento secundário | 83 | 69 | 73 | 75 | 40 | 50 |

Notas:

$N-N_{H_4} = 60\% N$

$N-org = 40\% N$



ANEXO III

**Qualidade das águas destinadas à rega. Anexo XVI do DL n.º 236/98,
pág. 3714 à 3715**

Qualidade das águas destinadas à rega

| Parâmetro S | Expressão dos resultados | VMR | VMA | Observações |
|----------------------------|--------------------------|------|------|---|
| Alumínio (<i>Al</i>) | mg/l | 5,0 | 20 | Risco de improdutividade em solos com $pH < 5,5$. Em solos com $pH > 7$ o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio. |
| Arsénio (<i>As</i>) | mg/l | 0,10 | 10 | Toxicidade variável consoante as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a erva-do-sudão e 0,05 mg/l para o arroz. |
| Bário (<i>Ba</i>) | mg/l | 1,0 | | |
| Berílio (<i>Be</i>) | mg/l | 0,5 | 1,0 | |
| Boro (<i>B</i>) | mg/l | 0,3 | 3,75 | Para solos de textura fina e em curtos períodos recomenda-se como concentração máxima 2 mg/l. |
| Cádmio (<i>Cd</i>) | mg/l | 0,01 | 0,05 | Tóxico para o feijoeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0,1 mg/l em soluções nutritivas. Recomenda-se limites mais restritivos, dado este ião se acumular nas plantas e no solo, podendo prejudicar o ser humano. |
| Chumbo (<i>Pb</i>) | mg/l | 5,0 | 20 | As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas. |
| Cloretos (<i>Cl</i>) | mg/l | 70 | - | Para a cultura do tabaco recomenda-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l. |
| Cobalto (<i>Co</i>) | mg/l | 0,05 | 10 | Tóxico em soluções nutritivas para a cultura do tomate na ordem dos 0,1 mg/l. Tende a ser inactivo em solos neutros ou alcalinos. |
| Cobre (<i>Cu</i>) | mg/l | 0,20 | 5,0 | Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0,1 mg/l e 1 mg/l para diversas culturas. |
| Crómio total (<i>Cr</i>) | mg/l | 0,10 | 20 | Por se desconhecer o seu efeito tóxico, recomendam-se limites mais restritivos. |
| Estanho (<i>Sn</i>) | mg/l | 2,0 | | |
| Ferro (<i>Fe</i>) | mg/l | 5,0 | | Não tóxico em solos bem arejados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdénio. |
| Flúor (<i>F</i>) | mg/l | 1,0 | 15 | Inactivado em solos neutros e alcalinos. |
| Lítio (<i>Li</i>) | mg/l | 2,5 | 5,8 | Tolerado pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos a baixas concentrações (<0,075 mg/l). |

| Parâmetro S | Expressão dos resultados | VMR | VMA | Observações |
|------------------------------------|--------------------------|---------|---------|--|
| Manganés (<i>Mn</i>) | mg/l | 0,20 | 10 | Tóxico para um certo número de culturas desde algumas décimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos. |
| Molibdénio (<i>Mo</i>) | mg/l | 0,005 | 0,05 | Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forragens podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais. |
| Níquel (<i>Ni</i>) | mg/l | 0,5 | 2,0 | Tóxico para um certo número de culturas entre 0,5 mg/l e 1 mg/l; reduzida toxicidade para <i>pH</i> neutro ou alcalino. |
| Nitratos (<i>NO₃</i>) | mg/l | 50 | | Concentrações elevadas podem afectar a produção e qualidade das culturas sensíveis. No plano de fertilização da parcela convirá contabilizar o azoto veiculado pela água de rega. |
| Salinidade: | | | | Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo. |
| CE | dS/m | 1 | | |
| SDT | mg/l | 640 | | |
| SAR (*) | | 8 | | Depende da salinidade da água, características do solo e do tipo de cultura a ser irrigada. |
| Selénio (<i>Se</i>) | mg/l | 0,02 | 0,05 | Tóxico para culturas em concentrações da ordem dos 0,025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido as forragens podem ocasionar toxicidade nos animais. |
| Sólidos suspensos totais (SST) | mg/l | 60 | | Concentrações elevadas poderão ocasionar colmatagem em solos e assoreamento nas redes de rega, bem como entupimentos nos sistemas de rega gota-a-gota e aspersão, bem como neste último sistema a água poderá provocar depósitos sobre as folhas e frutos. |
| Sulfatos (<i>SO₄</i>) | mg/l | 575 | | |
| Vanádio (<i>V</i>) | mg/l | 0,10 | 1,0 | Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas. |
| Zinco (<i>Zn</i>) | mg/l | 2,0 | 10,0 | Tóxico para diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a <i>pH</i> >6 e solos de textura fina ou de solos orgânicos. |
| <i>pH</i> | Escala de Sorensen | 6,5-8,4 | 4,5-9,0 | |
| Coliformes fecais | /100 ml | 100 | | |
| Ovos de parasitas intestinais | NM | | 1 | |

(*) A relação de adsorção de sódio (SAR) é traduzida pela seguinte equação, onde as concentrações devem estar expressas em meq/l: $SAR = Na / (Ca + Mg / 2)^{1/2}$.



ANEXO IV

Catálogos de fornecedores utilizados para o presente estudo

GRELHA MECÂNICA DE BARRAS de limpeza frontal com corrente tipo GV ou GSV

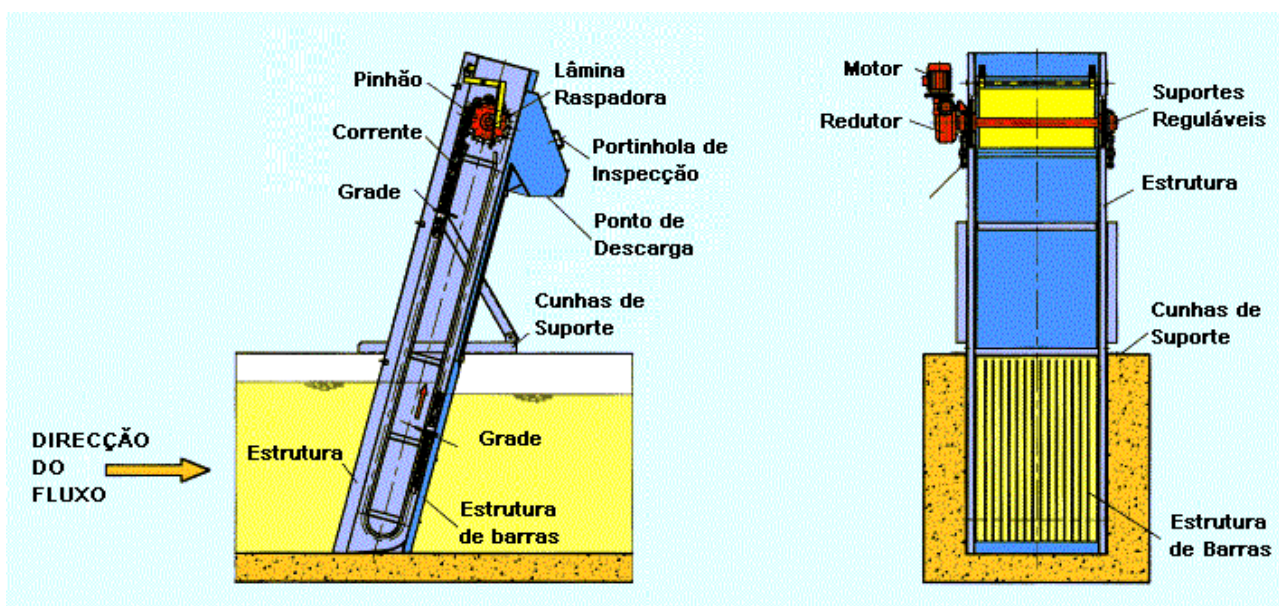
APLICAÇÕES

As águas de descarga civis podem conter vários lixos. Tudo o que puder ser deitado no esgoto, e mesmo o que não se puder, chega à estação de tratamento. Latas, pedras, garrafas de plástico, peças de madeira, etc. são comuns. Estes objectos podem danificar as bombas e os outros equipamentos da instalação. Para os remover do fluxo, é necessário uma grelha de barras de limpeza automática.

A grelha de barras é colocada portanto num canal em betão onde escorre a água de descarga.

- Para cada tipo de águas de descarga e para gradagens quer finas quer grossas.
- Para canais com secções rectangulares.

GSV



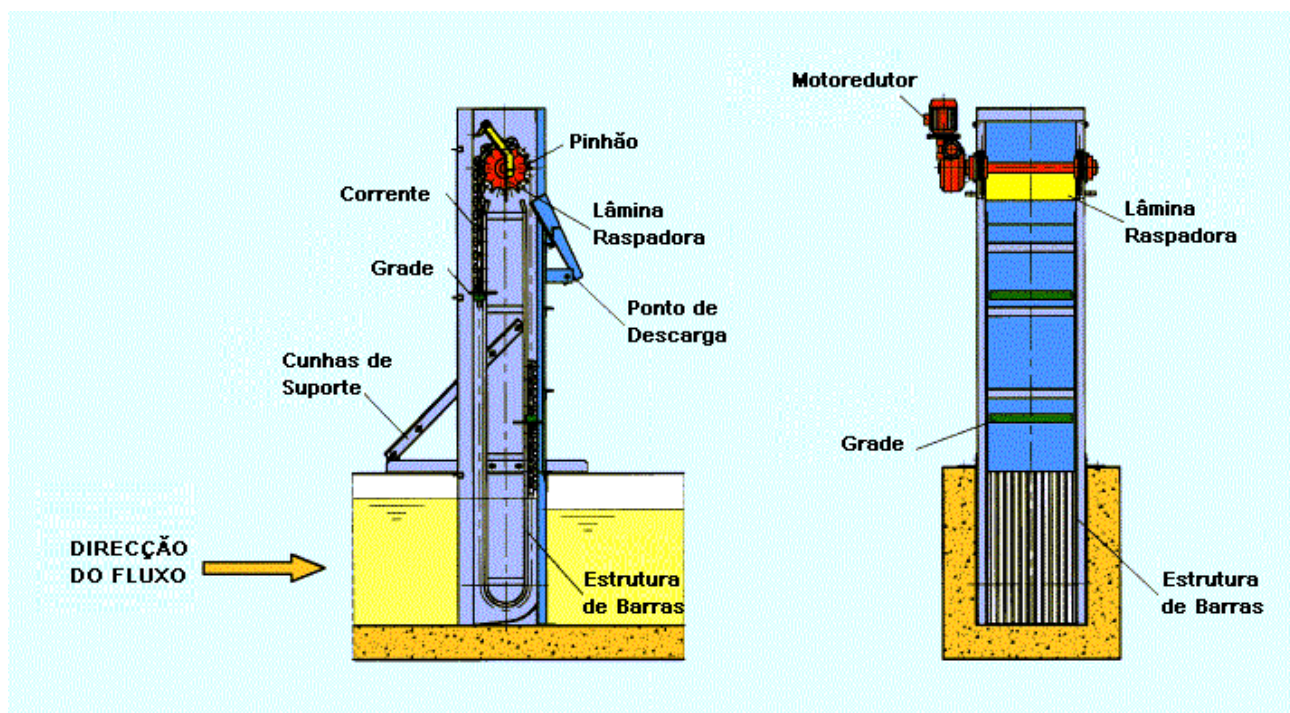
VANTAGENS

- Robustas e fiáveis.
- Fácil instalação.
- Simples manutenção.
- Baixos consumos.
- Reduzido obstáculo vertical – Pode ser instalada em construção de altura normal.
- Descarga do material gradado directamente para um contentor com carris ou num transportador de banda.
- Instalação mesmo em estações já existentes com pequenas modificações à construção civil.

FUNCIONAMENTO

As grelhas de barras são colocadas num canal em betão onde escorre a água de descarga. O material sólido detido na frente da grelha é retirado por uma robusta grade com os dentes inseridos por entre as barras. As grades são solidárias com duas correntes contínuas em aço que levam as grades ao longo das barras, contra um prato de descarga do material, para depois descer para longe da grelha e repetir o ciclo.

GV



CARACTERÍSTICAS GERAIS

As grelhas de barras GV e GSV da **ECOPLANTS** são constituídas por vários componentes:

Estruturas laterais

A grelha é concebida para utilizar estruturas laterais às quais são aparafusados a estrutura de barras e os suportes da lâmina de seguimento, com o fim de obter uma unidade estruturalmente auto-portante. As duas estruturas laterais estão ligadas por elementos transversais em aço e colocadas no topo do canal com duas robustas cunhas metálicas. As estruturas laterais da grelha incluem guias em U seja para o avanço quer para o retorno das correntes. As guias em forma de U asseguram a correcta distância entre a grade e a lâmina de seguimento, e a correcta inserção dos dentes da grade entre as barras.

Estrutura de barras

A estrutura de barras é constituída por barras verticais com 8 mm de espessura e 50 mm de largura, e posicionadas cuidadosamente e soldados utilizando distâncias soldadas em cada extremidade. A estrutura de barras vai desde o fundo do canal até uma altura de 200 mm além do máximo nível de água. A estrutura de barras pode ser eventualmente removida.



Lâmina de seguimento

A lâmina de seguimento estende-se desde o topo da estrutura de barras até ao ponto de descarga entre a secção de cabeça. A lâmina de seguimento é constituída por algumas secções solidamente aparafusadas às estruturas laterais.

Secção de cabeça

As estruturas laterais da grelha prolongam-se além do plano operativo e unem-se aos painéis laterais da secção de cabeça. A secção de cabeça suporta o grupo de comando e o prato raspador. A secção de cabeça está munida das necessárias portinholas de limpeza e inspecção de fácil acesso.

Grades de limpeza

As grades de limpeza estão montadas em dois anéis de corrente levados por duas rodas dentadas. A distância entre duas grades não é superior a 5 m. Os detritos são retirados pela estrutura de barras por grades, levados ao longo da lâmina de seguimento até ao ponto de descarga onde as grades são limpas pelo prato raspador.

Lâmina raspadora

Um sistema de raspagem remove o material gradado pelas grades e o deposita no escorrega de descarga. O raspador é suportado por um perno e está munido de um sistema de regulação que permite o correcto alinhamento e contacto com as grades. O raspador é fabricado em aço e possui uma lâmina de fácil substituição. Estão previsto ao lado amortecedores que controlam o retorno do raspador para a posição de repouso.

Escorrega de descarga

Um escorrega de descarga está previsto para encaminhar o material gradado da secção de cabeça até ao ponto de descarga.

Correntes

As correntes são construídas em aço temperado e têm uma carga de ruptura mínimo de 3.500 kg. As correntes têm malha com distância de 80 mm e um peso de 8,5 kg/m com os pratos e as uniões montados com pernos de 10 mm de diâmetro. A corrente tem uma carga de trabalho admissível de 350 kg. As uniões das grades são realizações especiais fabricados com o mesmo material dos pratos das malhas.

Rodas dentadas

As duas rodas dentadas motrizes são fabricadas em aço inox com dentes temperados tendo uma dureza Brinell não inferior a 360. Não estão nem as rodas dentadas de fundo nem o eixo respectivo; estão previstos porém no fundo da grelha, perfis semi-circulares que guiam as malhas da corrente.



Eixos

O eixo de cabeça é suportado na sua extremidade por dois suportes com rolamentos orientáveis de esfera, lubrificadas com massa consistente com contentor estanque, que possam ser regulados verticalmente com dois parafusos de tensionamento, para compensar o desgaste da corrente. Não está previsto o eixo de fundo.



Grupo de comando

A grelha é accionada por um motoredutor de parafuso sem-fim com dupla redução, montado directamente no eixo de cabeça. O motor é do tipo de velocidade constante e funcionamento contínuo, com potência suficiente para o arranque e o funcionamento do mecanismo. A potência necessária deverá ser fornecida com uma tensão de 415 ou 380 V, 3 fases, 50 ou 60 Hz. O trabalho na vertical dos dentes da grade entre as barras, além da baixa velocidade de funcionamento, reduzem ao mínimo o consumo de energia. Um limitador de binário está montado a jusante do grupo redutor e prevê um interruptor de fim de curso que corta a alimentação

do motor em caso de sobrecarga.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| | |
|--------------------------------|---|
| Ângulo de montagem | Vertical (90°) tipo GV ou ligeiramente inclinado (75°) tipo GSV |
| Modo de limpeza | Frontal |
| Comando Mecânico | Por corrente |
| Velocidade grades (m/min) | 5,0 |
| Grades número | >= 2 |
| Luz livre entre as barras (mm) | 15 - 50 |
| Largura canal (m) | 0,4 - 2,0 |
| Altura de descarga (m) | Máx 6,5 |
| Materiais de construção | Standard – Aço zincado a quente A pedido – Aço inoxidável |



CONTROLOS ELÉCTRICOS

A grelha pode funcionar seja em controlo manual seja em controlo automático, a grelha arranca e pára conforme o controlo de nível da água no canal ou de um temporizador.

FIXAÇÃO

A fixação da grelha é realizada mediante duas telas no topo do canal, num breve traço rectilíneo.

MANUTENÇÃO

Todas as partes rotativas que necessitam de manutenção e/ou lubrificação estão colocadas fora de água, enquanto a protecção de sobrecargas é efectuada com limitador de binário dinamométrico.

TECHNICAL BRIEFS

DISSABBIATORI/DISOLEATORI AERATI AERATED GRIT AND GREASE CHAMBERS

Nei dissabbiatori aerati, l'aria è introdotta lungo un lato della vasca rettangolare per creare un flusso a spirale perpendicolare a quello che percorre la vasca. Le particelle di sabbia più pesanti che hanno un'alta velocità di sedimentazione decantano sul fondo della vasca. Le particelle più leggere, principalmente organiche, rimangono in sospensione e passano lungo la vasca. La velocità di rotolamento o d'agitazione stabilisce la dimensione delle particelle, di un dato peso specifico, che sarà rimossa. Se la velocità è troppo alta, la sabbia sarà trasportata fuori dalla vasca; se la velocità è troppo bassa, il materiale organico sarà rimosso con la sabbia. La quantità d'aria è, per fortuna, regolata facilmente. Con una regolazione corretta, si otterrà pressoché il 100% di rimozione, e la sabbia sarà lavata bene. (Una sabbia che non è ben lavata e contiene sostanza organica provoca odori fastidiosi ed attira gli insetti.)

In aerated grit chambers, air is introduced along one side of a rectangular tank to create a spiral flow pattern perpendicular to the flow through the tank. The heavier grit particles that have higher settling velocities settle to the bottom of the tank. Lighter, principally organic, particles remain in suspension and pass through the tank. The velocity of roll or agitation governs the size of particles of a given specific gravity that will be removed. If the velocity is too great, grit will be carried out of the chamber; if it is too small, organic material will be removed with the grit. Fortunately, the quantity of air is easily adjusted. With proper adjustment, almost 100 percent removal will be obtained and the grit will be well washed. (Grit that is not well washed and contains organic matter is an odour nuisance and attracts insects.)

Le vasche di dissabbiatura aerata sono normalmente progettate per rimuovere sabbia del diametro di 0,2 mm o più grande, con 2 – 5 minuti di detenzione alla portata oraria di punta (vedi Fig. 1). La sezione trasversale della vasca è simile a quella utilizzata per la circolazione a spirale nelle vasche d'aerazione a fango attivo, ad esclusione di una canaletta della sabbia di circa 0,6 m di profondità con pareti molto ripide, posta lungo un lato della vasca sotto i diffusori d'aria. I diffusori d'aria sono localizzati approssimativamente a 0,45 - 0,6 m sopra il normale piano del fondo. I dati base di progetto per vasche di dissabbiatura aerata sono presentati in Tabella 2.

Aerated grit chambers are nominally designed to remove 0,2 mm diameter or larger, with 2-to 5 minute detention periods at the peak hourly rate of flow (see Fig. 1). The cross section of the tank is similar to that provided for spiral circulation in activated sludge aeration tanks, except that a grit hopper about 0,6 m deep with steeply sloping sides is located along one side of the tank under the air diffusers. The air diffusers are located about 0,45 to 0,6 m above the normal plane of the bottom. Basic design data for aerated grit chambers are presented in Table 2.

Figura 1 – Figure 1

Sabbia depositata dopo t (sec)

Grit settled after t (sec)

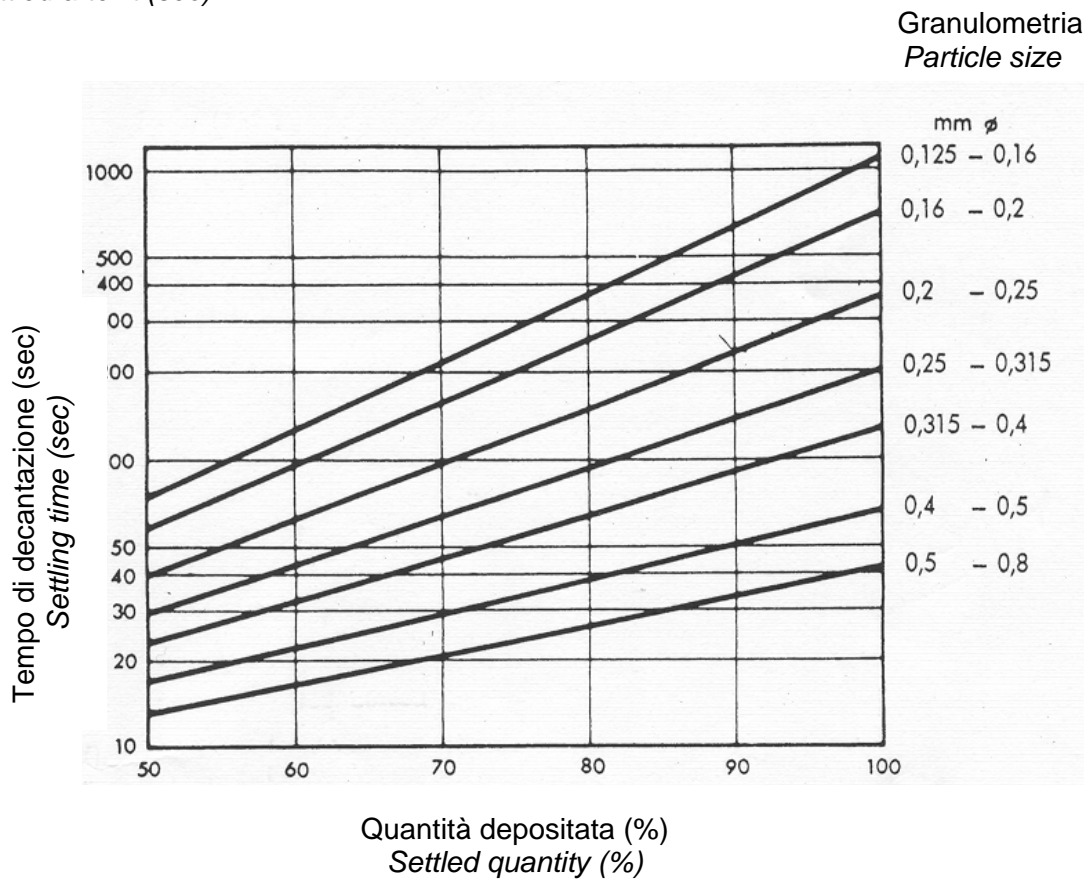


Tabella 2 – Table 2

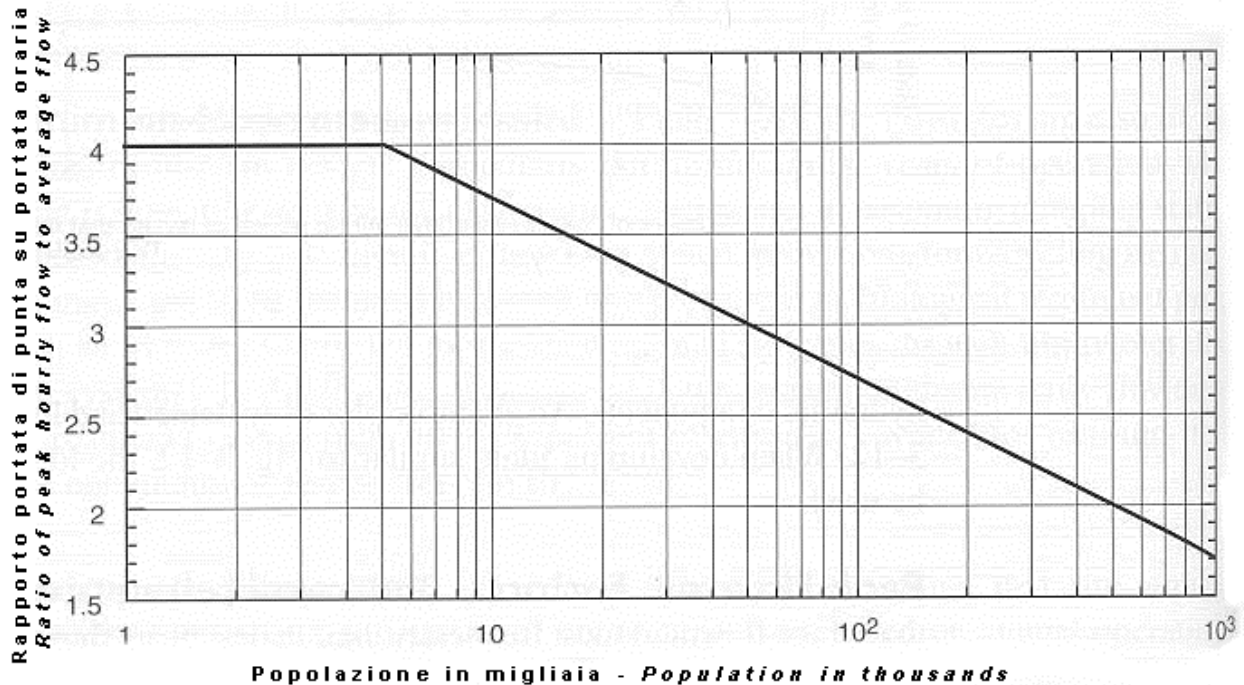
Informazioni di progetto tipo per dissabbiatori/disoleatori aerati

Typical design information for aerated grit and grease chambers

| Item | Unità - Units | Range |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Tempo di detenzione alla portata di punta Q_p <i>Detention time at peak flowrate (Q_p)</i> | min | 2 - 5 |
| Tempo di detenzione alla portata Q_{18} <i>Detention time at flowrate (Q_{18})</i> | min | 10 - 15 |
| Dimensioni – <i>Dimensions</i> | | |
| Profondità – <i>Depth</i> | m | 1,2 – 3,0 |
| Lunghezza – <i>Length</i> | m | 7,5 – 20,0 |
| Larghezza – <i>Width</i> | m | 1,4 – 4,0 |
| Rapporto Larghezza/Profondità <i>Width-depth ratio</i> | | 1:0,6 – 1:1,2 |
| Rapporto Lunghezza/Larghezza <i>Length-width ratio</i> | | 3:1 – 10:1 |
| Velocità di sedimentazione in dissabbiatura <i>Settling velocity in grit chamber</i> | m/h | 30 |
| Aria fornita per unità di superficie trasversale e di lunghezza <i>Air supply per unit of cross section and length</i> | Nm ³ /h.m ² .m | 1,5 – 2,0 |
| Velocità di sedimentazione in disoleatura <i>Settling velocity in grease chamber</i> | m/h | 60 |

Figura 3 – Figure 3

Curva del fattore di punta (rapporto tra la portata di punta oraria e la portata media giornaliera)
Peaking factor curve (ratio of peak hourly to average daily flow)



La curva data nella Fig. 3 è stata sviluppata dall'analisi di rilevazioni di numerose comunità in Europa. La curva è basata sulle portate medie residenziali, con esclusione di infiltrazioni ed include piccole quantità di scarichi commerciali ed industriali.

The curve given on Fig. 3 was developed from analyses of the records of numerous communities throughout the Europe, The curve is based on average residential flowrates, wxclusive of infiltration, and includes small amounts of commercial flows and industrial wastes.

Il dimensionamento dei dissabbiatori/disoleatori aerati è illustrato nell' Esempio 4.
The design of aerated grit and grease chambers is illustrated in Example 4.

Esempio 4 – Example 4

Progetto di un dissabbiatore/disoleatore aerato per il trattamento di scarichi civili.
Design an aerated grit and grease chamber for the treatment of municipal wastewater.

| Item | Unità Units | Calcoli Calculations | Valori Values |
|---|--|-------------------------|------------------|
| Abitanti Equivalenti <i>Population</i> | n. | | 17.500 |
| Dotazione idrica <i>Per capita water discharge</i> | l/ab.giorno <i>l/capita.d</i> | | 190 |
| Portata giornaliera <i>Daily flowrate</i> | m ³ /giorno <i>m³/day</i> | 17500x190/1000 | 3.325 |
| Portata media Q24 <i>Average flowrate Q24</i> | m ³ /h | 3325/24 | 139 |

TECHNICAL BRIEFS

| | | | |
|--|-------------------|----------|-------------|
| Portata Q18 <i>Flowrate Q18</i> | m ³ /h | 3325/18 | 185 |
| Fattore di punta (vedi Fig. 3) <i>Peaking factor (see Fig. 3)</i> | | | 3,46 |
| Portata di punta Qp <i>Peak flowrate Qp</i> | m ³ /h | 139x3,46 | 481 |
| Detenzione in dissabbiatura sulla portata di punta <i>Grit chamber detention on the peak flowrate</i> | min | | 5 |
| Volume dissabbiatura <i>Grit chamber volume</i> | m ³ | 481x5/60 | 40,1 |

Dimensionamento alternativo – *Alternative design*

| | | | |
|--|----------------|-----------|-------------|
| Detenzione in dissabbiatura sulla portata Q18 <i>Grit chamber detention on the flowrate Q18</i> | min | | 13 |
| Volume dissabbiatura <i>Grit chamber volume</i> | m ³ | 185x13/60 | 40,1 |

| | | | |
|---|--------------------------------------|----------------|-------------|
| Larghezza dissabbiatura <i>Grit chamber width</i> | m | | 1,7 |
| Rapporto Larghezza/Profondità <i>Width-depth ratio</i> | | | 1 : 0,7 |
| Profondità dissabbiatura <i>Grit chamber depth</i> | m | 1,7/0,7 | 2,4 |
| Lunghezza dissabbiatura <i>Grit chamber length</i> | m | 40,1/(1,7x2,4) | 10,0 |
| Rapporto Lunghezza/Larghezza <i>Length-width ratio</i> | | 10/1,7 | 5,9 |
| Superficie dissabbiatura <i>Grit chamber area</i> | m ² | 1,7x10 | 17 |
| Velocità di sedimentazione in grigliatura <i>Settling velocity in grit chamber</i> | m/h | 481/17 | 28,2 |
| Sezione trasversale <i>Grit chamber cross section</i> | m ² | 1,7x2,4 | 4,1 |
| Portata aria specifica <i>Air supply per unit of length</i> | Nm ³ /h.m ² .m | | 1,5 |
| Portata aria richiesta <i>Air supply required</i> | Nm ³ /h | 1,5x1,7x2,4x10 | 61,2 |
| Velocità di sedimentazione in disoleatura <i>Settling velocity in grease chamber</i> | m/h | | 60 |
| Superficie disoleatura <i>Grease chamber surface</i> | m ² | 481/60 | 8,0 |
| Larghezza disoleatura <i>Grease chamber width</i> | m | 8/10 | 0,8 |
| Larghezza totale vasca <i>Total tank width</i> | m | 1,7+0,8 | 2,5 |
| Collocazione diffusori aria <i>Location air diffusers</i> | m | | 0,6 |
| Profondità canale sabbie <i>Deep grit hopper</i> | m | | 0,6 |
| Altezza totale acqua in vasca <i>Total water depth in tank</i> | m | 2,4+0,6+0,6 | 3,6 |

SPECIFICATION DATA

CHIARIFICATORE CIRCOLARE A TRAZIONE PERIFERICA tipo PRTP

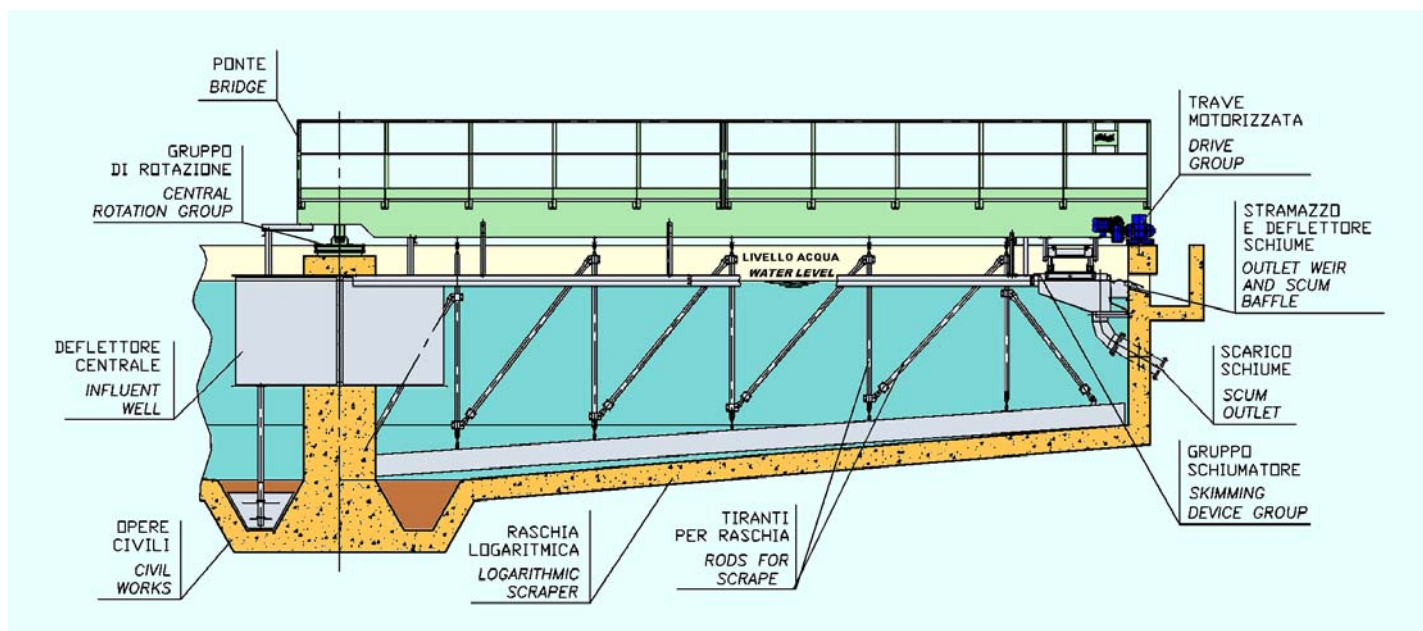
PERIPHERAL DRIVE CIRCULAR CLARIFIER PRTP Type

APPLICAZIONI

I chiarificatori circolari a trazione periferica **ECOPLANTS** tipo **PRTP** sono adatti sia per la sedimentazione *primaria che **secondaria, utilizzando la forza di gravità per la rimozione dei solidi.

*Primaria – Rimozione dei solidi sospesi, sia organici che inorganici.

**Secondaria – Rimozione dei solidi sospesi colloidali e delle impurità organiche disciolte, con il fiocco di fango attivo.



SPECIFICATION DATA

APPLICATIONS

ECOPLANTS peripheral drive circular clarifiers **PRTP** type, are available for *primary or **secondary setting, utilizing the force of gravity for the removal of solids.

* Primary – Removal of suspended organic and inorganic matter.

**Secondary – Removal of colloidal suspended solids and dissolved organic impurities by the activated sludge floc.

GENERALITA'

Ogni unità di chiarificazione comprende un ponte, un gruppo di trazione periferico, un cuscinetto centrale, un gruppo di alimentazione elettrica, un diffusore centrale sull'affluente, una raschia di fondo a spirale, delle lame di sfioro per l'effluente, uno schiumatore e una vaschetta per le schiume (a richiesta), e un sistema d'allarme per i sovraccarichi.

Il ponte rotante è costruito da due travi in acciaio irrigidito da elementi trasversali posti a distanza regolare per tutta la lunghezza, per assicurare un'integrità strutturale.

Le ringhiere ed i grigliati sono standard sia sui ponti reticolari che in quelli a trave.

Il ponte è supportato al centro della vasca su una colonna in c.a. da un cuscinetto centrale. La tubazione verticale è inserita nella colonna centrale e distribuisce attraverso il cilindro di diffusione il flusso entrante nella vasca di sedimentazione, senza creare turbolenze.

Il gruppo di trazione periferico costituito da un motore e da un riduttore a doppio stadio è montato sul carrello finale del ponte. Il carrello è supportato da due ruote, una motrice e l'altra trainata, intercambiabili.

L'alimentazione elettrica passa in un tubo in PVC inserito sul fondo della vasca e poi nella colonna centrale fino ad emergere in un collettore a spazzole.

La lama di schiumatura superficiale e un equipaggiamento automatico di raccolta schiuma, spingono la schiuma stessa in una trappola per poi scaricarla in una vaschetta, grazie ad una lama basculante, ad ogni rotazione del ponte.

GENERAL

Each clarifier unit is composed of a bridge, peripheral drive, center bearing, power supply, influent diffusion well, spiral blade bottom scraper, weir plates, skimmer, scum baffles and trough (when required) and overload alarm system.

*The rotating bridge is constructed from two rolled section steel channels, suitably crossbraced at intervals along its length to ensure structural integrity.
Handrails on both sides of the bridge walkways and non-slip open-grip grating are standard.*

The bridge is supported at the tank center on a concrete pivot by a central bearing. The vertical feed pipe is grouted in the central pivot and disperses the influent feed in the settling tank without creating undue turbulence through the diffusion well.

The peripheral drive, comprising motor, two-speed reduction units is mounted on the end-carriage of the bridge. The end-carriage is supported by two tyred wheels, one drive and one trailing, which are interchangeable.

SPECIFICATION DATA

The electricity supply cable passes through PVC conduit grouted into a chase along the tank floor, then alongside the vertical pivot, emerging in a slip ring collector.

Surface skimmer blade and automatic scum collection equipment sweeps the scum into a narrow pocket where it is deposited into a scum box by means of a hinged blade, at each revolution of the bridge.



DESCRIZIONE TECNICA

La passerella del ponte sarà coperta con grigliati o lamiera pedonabile.
Il ponte avrà ringhiere costruite con tubo da 1" e montanti verticali con passo non superiore a 1,5 metri.

La struttura del ponte è sostenuta dalle pareti della vasca e dalla colonna centrale.

Il meccanismo di rotazione è azionato da un motore raffreddato ad aria, completamente chiuso, protetto per impieghi all'aperto e collegato ad un riduttore completamente chiuso e lubrificato ad olio.

Il diffusore centrale è sostenuto dallo stesso ponte e ruota con esso.

La tubazione affluente è inserita nella colonna centrale e scarica all'interno del diffusore centrale.
I bracci telescopici che trascinano la raschia sono collegati al ponte con dei supporti snodati mentre la raschia a spirale logaritmica è sostenuta da delle ruote con copertura in poliuretano. Ogni ruota ha dei cuscinetti lubrificabili ad acqua.

Tutti i componenti elettrici e gli equipaggiamenti che richiedono manutenzione sono posti sopra il ponte.

SPECIFICATION DATA

TECHNICAL DESCRIPTION

The bridge deck shall be covered with "open-grip" grating or checkered plate.

The bridge shall have handrails constructed from 1" pipe, with vertical posts placed up to max center of 1.5 meters.

The tank wall and the central pivot support the bridge structure.



A weatherproof totally enclosed fan cooled squirrel cage motor, drives the mechanism with coupling through a totally enclosed oil filled reduction gear unit.

The influent well is supported from and rotates with the bridge.

The feed pipe is grouted into the central pivot and discharges into a central diffuser drum.

*The telescopic arms which drag the scraper, are fixed to the bridge by some joints, while the parabolic scraper is supported by polyurethane-tyred wheels
Each wheel has water lubricated bearings.*

All electrical equipment and equipment requiring maintenance shall be fitted above the platform level.

SPECIFICATION DATA



DIMENSIONAMENTO

Criteria di dimensionamento per la determinazione della dimensione della vasca di chiarificazione – Valori comunemente usati:

| Tipo di fango | Tempo di detenzione ore | Carico superficiale $m^3/giorno/m^2$ | Portata allo stramazzo $m^3/giorno/m$ | Pendenza del fondo |
|----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Fango primario | 2,0 | 36 | 190 | 1:12 |
| Fango attivo | 2,0 – 3,0 | 24 - 32 | 100 -120 | 1:12 |

DESIGN

Basic Criteria for Determination of Clarifier Tank Size – Typical Values:

| <i>Sludge type</i> | <i>Detention hr</i> | <i>Surface loading $m^3/day/m^2$</i> | <i>Weir loading $m^3/day/m$</i> | <i>Bottom slope</i> |
|-------------------------|---------------------|---|--|---------------------|
| <i>Primary sludge</i> | <i>2,0</i> | <i>36</i> | <i>190</i> | <i>1:12</i> |
| <i>Activated sludge</i> | <i>2,0 – 3,0</i> | <i>24 - 32</i> | <i>100 -120</i> | <i>1:12</i> |

SELEZIONE VASCHE DI CHIARIFICAZIONE
(per fango attivo)

SELECTION OF CLARIFIER TANKS
(for activated sludge)

| MODELLO STD. SIZE | SUPERFICIE DI SEDIMEN- TAZIONE | PORTATA AFFLUENTE | DIMENSIONE VASCA | | ∅ DEFLETTORE CENTRALE | POTENZA MOTORE ENGINE POWER kW |
|----------------------|---|--|---------------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| | SETTLING AREA m ² | FLOW-RATE m ³ /giorno m ³ /day | ∅ | ALTEZ. HEIGHT m | ∅ INFLUENT WELL m | |
| PRTP-50 | 19,6 | 480 | 5,0 | 3,6 | 1,0 | 0,12 |
| PRTP-60 | 28,3 | 690 | 6,0 | 3,6 | 1,0 | 0,12 |
| PRTP-70 | 38,5 | 940 | 7,0 | 3,6 | 1,2 | 0,12 |
| PRTP-80 | 50,3 | 1.230 | 8,0 | 3,6 | 1,4 | 0,12 |
| PRTP-90 | 63,6 | 1.550 | 9,0 | 3,6 | 1,4 | 0,18 |
| PRTP-100 | 78,5 | 2.240 | 10,0 | 3,5 | 1,6 | 0,18 |
| PRTP-110 | 95,0 | 2.710 | 11,0 | 3,5 | 1,8 | 0,18 |
| PRTP-120 | 113,1 | 3.220 | 12,0 | 3,5 | 1,8 | 0,18 |
| PRTP-130 | 132,7 | 3.780 | 13,0 | 3,5 | 2,0 | 0,25 |
| PRTP-140 | 153,9 | 4.390 | 14,0 | 3,5 | 2,0 | 0,25 |
| PRTP-150 | 176,7 | 5.040 | 15,0 | 3,5 | 2,2 | 0,25 |
| PRTP-160 | 201,1 | 5.730 | 16,0 | 3,5 | 2,2 | 0,25 |
| PRTP-170 | 227,0 | 7.400 | 17,0 | 3,2 | 2,4 | 0,25 |
| PRTP-180 | 254,5 | 8.300 | 18,0 | 3,2 | 2,4 | 0,37 |
| PRTP-190 | 283,5 | 9.240 | 19,0 | 3,2 | 2,6 | 0,37 |
| PRTP-200 | 314,2 | 10.240 | 20,0 | 3,2 | 2,6 | 0,37 |
| PRTP-210 | 346,4 | 11.290 | 21,0 | 3,2 | 2,8 | 0,37 |
| PRTP-220 | 380,1 | 12.390 | 22,0 | 3,2 | 2,8 | 0,37 |
| PRTP-230 | 415,5 | 13.540 | 23,0 | 3,2 | 3,0 | 0,37 |
| PRTP-240 | 452,4 | 14.750 | 24,0 | 3,2 | 3,0 | 0,55 |
| PRTP-250 | 490,9 | 16.000 | 25,0 | 3,2 | 3,2 | 0,55 |
| PRTP-260 | 530,9 | 17.310 | 26,0 | 3,2 | 3,2 | 0,55 |
| PRTP-270 | 572,6 | 18.660 | 27,0 | 3,2 | 3,4 | 0,55 |
| PRTP-280 | 615,8 | 20.070 | 28,0 | 3,2 | 3,4 | 0,55 |
| PRTP-290 | 660,5 | 21.530 | 29,0 | 3,2 | 3,6 | 0,55 |

SPECIFICATION DATA

| MODELLO <i>STD. SIZE</i> | SUPERFICIE DI SEDIMENTAZIONE | PORTATA AFFLUENTE | DIMENSIONE VASCA <i>TANK SIZE</i> | | ∅ DEFLETTORE CENTRALE | POTENZA MOTORE <i>ENGINE POWER</i> |
|-----------------------------|------------------------------------|--|---|-------------------------|-------------------------------|--|
| | <i>SETTLING AREA</i> | <i>FLOW-RATE</i> | ∅ | ALTEZ. <i>HEIGHT</i> | ∅ <i>INFLUENT WELL</i> | |
| | m ² | m ³ /giorno <i>m³/day</i> | m | m | m | kW |
| PRTP-300 | 707 | 23.040 | 30,0 | 3,2 | 3,6 | 0,55 |
| PRTP-310 | 755 | 24.600 | 31,0 | 3,2 | 3,8 | 0,75 |
| PRTP-320 | 804 | 26.220 | 32,0 | 3,2 | 3,8 | 0,75 |
| PRTP-330 | 855 | 27.880 | 33,0 | 3,2 | 4,0 | 0,75 |
| PRTP-340 | 908 | 29.600 | 34,0 | 3,2 | 4,0 | 0,75 |
| PRTP-350 | 962 | 31.360 | 35,0 | 3,2 | 4,2 | 0,75 |
| PRTP-360 | 1.018 | 33.180 | 36,0 | 3,2 | 4,2 | 0,75 |
| PRTP-370 | 1.075 | 35.050 | 37,0 | 3,2 | 4,4 | 0,75 |
| PRTP-380 | 1.134 | 36.970 | 38,0 | 3,2 | 4,4 | 0,75 |
| PRTP-390 | 1.195 | 38.940 | 39,0 | 3,2 | 4,6 | 0,75 |
| PRTP-400 | 1.257 | 40.970 | 40,0 | 3,2 | 4,6 | 0,75 |

SPECIFICATION DATA

ISPESSITORE FANGO A GRAVITA' CON PONTE INTERO tipo PITC

FULL-BRIDGE SLUDGE GRAVITY THICKENER PITC Type

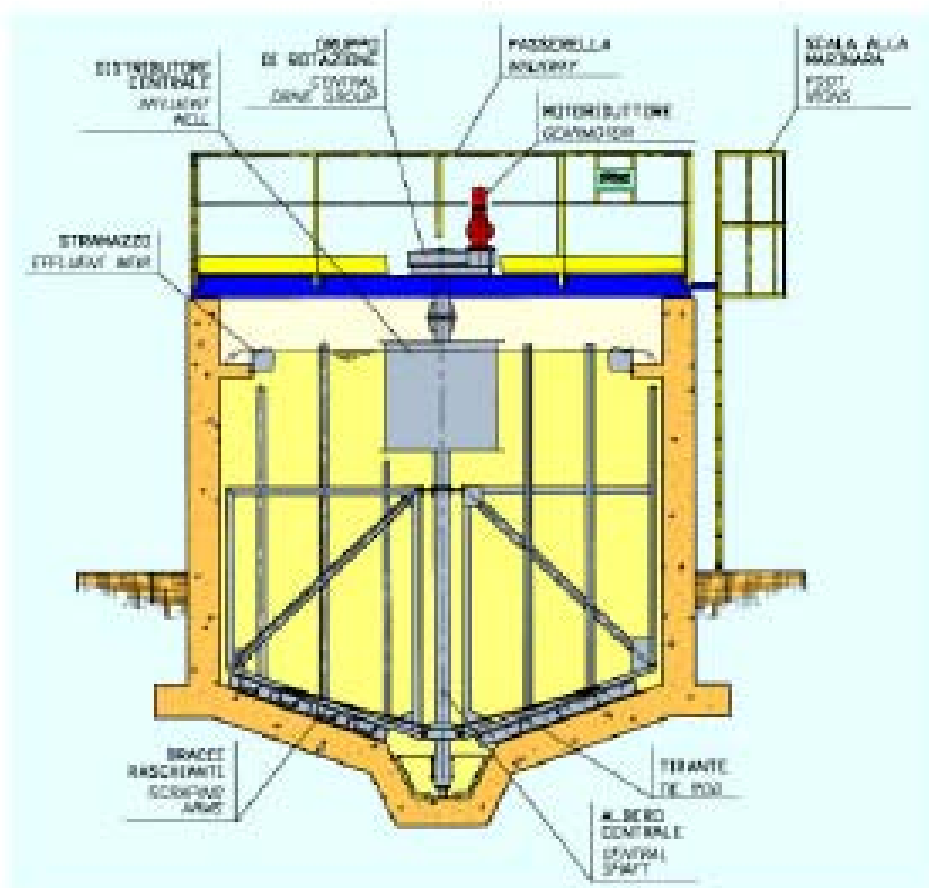
APPLICAZIONI

Gli ispezzitori a gravita consentono di aumentare la concentrazione del fango, facendo flottare l'acqua, attraverso il movimento lento dei bracci raschiatanghi e dei picchetti verticali, favorendo inoltre la liberazione di bolle di gas e l'aggregazione di fiocchi di fango.

Gli ispezzitori ECOPLANTS per fango a ponte intero tipo PITC, possono essere usati in tutte le vasche d'addensamento fanghi.

Per adattarsi a vari sistemi, nuovi od esistenti, si possono combinare ponti di varie strutture e lunghezze, con diversi sistemi di raschiatura del fango, di gruppi di trazione, d'equipaggiamenti elettrici di controllo ed accessori opzionali.

- per vasche circolari fino ad un diametro max di 16 m
- per vasche sia aperte che coperte



SPECIFICATION DATA

APPLICATIONS

Gravity thickeners allow sludge concentration, making the water floating, through the slow movement of the scraping arms and vertical pickets, facilitating besides the release of gas bubbles and the sludge flocculation.

ECOPLANTS fixed-bridge sludge thickeners PITC type, can be used in all circular tanks whether designed as sludge thickener tank.

Various bridge designs and lengths, sludge scraper systems, drive systems, electrical controls and optional equipments can be combined to adapt to virtually any new or existing system.

- *for circular tanks up to max. diameter of 16 m*
- *only for open-air or half-covered tanks*

GENERALITA'

Le macchine d'ispessimento del fango a gravità sono simili ai raschiatori rotanti perché sono analoghi, sia i sistemi di trazione che le strutture dei ponti.

Sebbene simili nel disegno, queste sono costruite in maniera più robusta per resistere agli alti carichi prodotti dal mescolamento, agitazione, addensamento e raschiatura dei fanghi.

I ponti sono provvisti di due grosse travi con irrigidimenti laterali e diagonali per assicurare l'integrità strutturale.

Il dimensionamento dei ponti a travatura reticolare dipende dal diametro del bacino e dal tipo d'equipaggiamento che dovrà essere montato sul ponte stesso. In ogni caso la ECOPLANTS utilizza sufficienti irrigidimenti laterali e reticolari per assicurare l'integrità strutturale.

Le ringhiere ed i grigliati sono standard sia sui ponti reticolari che in quelli a trave.

I vari elementi soddisfano pienamente gli standard più elevati, particolare attenzione è posta nella determinazione dei carichi e nella scelta dei materiali.

Anche la velocità di rotazione è in accordo con le norme DIN. Gli equipaggiamenti posti sotto i ponti sono progettati in modo da resistere agli stress più elevati, da richiedere solamente la minima manutenzione e da garantire un funzionamento senza problemi.

GENERAL

Gravity sludge thickening machines are similar to rotary scrapers since methods of drive and bridge structures.

Though similar in design, they are built more robustly to withstand the high loads created by stirring, blending, thickening and scraping of sludges.

Bridges are provided with two wide flange beams with lateral and cross bracing to assure structural integrity. Truss bridge design depends on the diameter of the basin and the type of equipment to be mounted on the bridge. In all case ECOPLANTS utilizes sufficient lateral and truss bracing to ensure structural integrity. Handrails and open-grip grating are standard on both truss and beam bridges.

The individual components fully meet the high standards, particularly the loads and material requirements to be taken into consideration.

Also the rotating speed is in accordance with DIN. The under-carriages are designed in such a way that they are withstanding highest stress, only require a minimum of maintenance and guarantee trouble-free operation.

SPECIFICATION DATA

TIPO DI COSTRUZIONE

- Raschia metallica
- Per vasche d'ispessimento fango

TYPE OF CONSTRUCTION

- *Shield scraper*
- *For sludge thickening tank.*



DESCRIZIONE TECNICA

La passerella del ponte sarà coperta con grigliati o lamiera pedonabile.

Il ponte avrà ringhiere costruite con tubo da 1" e montanti verticali con passo non superiore a 1,5 metri.

La struttura del ponte è sostenuta dalle pareti della vasca e il gruppo di rotazione, montato sul ponte, opera al centro.

Il sistema rotante è sostenuto da un robusto cuscinetto che sopporta sia carichi assiali sia radiali e che fa parte o del riduttore o della raila di base, con incorporato l'ultimo stadio di riduzione.

Il meccanismo di rotazione è azionato da un motore raffreddato ad aria, completamente chiuso, protetto per impieghi all'aperto e collegato ad un riduttore completamente chiuso e lubrificato ad olio.

L'albero di torsione verticale è stabilizzato da un cuscinetto a strisciamento di fondo che sopporta solo carichi radiali ed è stato dimensionato con ampio margine, per resistere a tutti i carichi torsionali.

SPECIFICATION DATA

Il diffusore centrale è sostenuto dallo stesso albero e ruota con esso.

La tubazione affluente è sospesa alla struttura del ponte e scarica all'interno del diffusore centrale.

I bracci che sostengono le raschie sono collegati all'albero verticale e sono costruiti con adeguati rinforzi, al fine di formare una robusta costruzione resistente alla flessione ed alla distorsione quando si opera sotto le condizioni di carico.

Una struttura a telaio controventata e collegata all'albero rotante, sostiene sia il sistema d'agitazione del tipo a "picchetti", sia le raschie di fondo disposte regolarmente.

Tutti i componenti elettrici e gli equipaggiamenti che richiedono manutenzione sono posti sopra la piattaforma.

TECHNICAL DESCRIPTION

The bridge deck shall be covered with "open-grip" grating or checkered plate.

The bridge shall have handrails constructed from 1" pipe, with vertical posts placed up to max center of 1.5 meters.

The tank walls support the bridge structure and the drive unit, mounted on the bridge, operates from the center of the tank.

A weatherproof totally enclosed fan cooled squirrel cage motor drives the mechanism with coupling through a totally enclosed oil filled reduction gear unit.

The vertical torque tube is stabilized by a sleeve type, bottom bearing taking radial loads only and is of substantial design to accommodate all torque loads and provided with top and bottom bearings as specified.

The influent well is supported from and rotates with the torque tube.

The feed pipe is suspended from the bridge structure and discharges into a central diffuser drum.

The scraper support arms are connected to the vertical shaft and manufactured with adequate bracing from rolled steel sections, to form a rugged construction preventing deflection or distortion when operating under load conditions.

A lattice braced boom structure attached to the central shaft carries a "picket fence" type stirring rod arrangement as well as scraper blades in an echelon formation.

All electrical equipment and equipment requiring maintenance shall be fitted above the platform level.

SPECIFICATION DATA

PRESTAZIONI - PERFORMANCE

| Tipo di fango <i>Sludge type</i> | Concentrazione dei solidi nel fango dopo l'ispessimento a gravità <i>Solids concentration after sludge gravity-thickening</i> |
|--|--|
| Fango primario – <i>Primary sludge</i> | |
| Materia volatile – <i>Volatile matter > 65 %</i> | 5 – 7 |
| Materia volatile – <i>Volatile matter < 65 %</i> | 7 – 12 |
| Fango primario ed attivo – <i>Primary and activated sludge</i> | |
| SV Index > 100 ml/g | 4 – 6 |
| SV Index < 100 ml/g | 6 – 11 |
| Fango attivo – <i>Activated sludge</i> | |
| SV Index < 200 >= 150 ml/g | 3 – 4 |
| SV Index < 150 >= 100 ml/g | 4 – 6 |
| SV Index < 100 ml/g | 6 – 9 |
| Fango da vasca con aerazione estesa <i>Sludge of extended aeration tank</i> | 3 - 5 |
| Fango primario e da filtro percolatore <i>Primary and trickling filter sludge</i> | 7 - 11 |
| Fango primario digerito – <i>Primary digested sludge</i> | 8 – 14 |
| Fango attivo digerito – <i>Activated digested sludge</i> | 6 - 9 |



SPECIFICATION DATA

DIMENSIONAMENTO

Criteri di dimensionamento per la determinazione della dimensione della vasca – Valori comunemente usati:

- Tempo di detenzione – 36 h
- Carico di solidi per unità di superficie – 60 kg/m²/giorno

Esempio di dimensionamento di una vasca d'ispesimento a gravità

| | |
|---|--|
| Tipo di fango | Fango primario ed attivo |
| Fango primario | <ul style="list-style-type: none">• 200 m³/g – pompato 2 volte al giorno (100 m³/h)• 25% di concentrazione• 5000 kg/g |
| Fango attivo | <ul style="list-style-type: none">• 500 m³/g - pompato nelle 24 ore (20,8 m³/h)• 0,6% di concentrazione• 3000 kg/g• SVI 80 mg/l |
| Solidi nella miscela di fango | 8000 kg/g – 62% di solidi volatili |
| Carico di solidi (assunto) | 60 kg/m ² /giorno |
| Superficie vasca | 8000/60 = 133 m ² |
| Diametro vasca | 13 m |
| Concentrazione solidi dopo ispessimento | 7% (vedi Prestazioni) |
| Volume fango estratto | (200x2,5+500x0,6) /7 = 114 m ³ /g |
| Volume acqua surmatante | 700-114 = 586 m ³ /g |
| Concentrazione media del fango nella vasca (pari al 75% di quello estratto) | 7% x 0,75 = 5,25% |
| Volume del fango in vasca | 8000x100 / (1000x5,25) = 152 m ³ /g = 6,35 m ³ /h |
| Tempo di detenzione del fango (assunto) | 36 h |
| Altezza del letto di fango | 36x6,35/133 = 1,72 m |
| Altezza zona acqua surmatante (fisso) | 1,00 m |
| Altezza zona di raschiatura (fisso) | 0,30 m |
| Altezza totale liquido | 1,72+1,00+0,30 = 3,02 m |
| Volume utile ispessitore | 133x3,02 = 402 m ³ |



SPECIFICATION DATA



DESIGN

Basic Criteria for Determination of Gravity Thickener Tank Size – Typical Values:

- Detention – 36 hours
- Solids Loading – 60 kg/day/m²

Example of the design of a sludge gravity thickener:

| | |
|--|---|
| Sludge type | Primary and activated sludge |
| Primary sludge | <ul style="list-style-type: none"> • 200 m³/day – pumped 2 times (100 m³/h) • 25% concentration • 5000 kg/day |
| Activated sludge | <ul style="list-style-type: none"> • 500 m³/day – pumped over 24 h (20,8 m³/h) • 0,6% concentration • 3000 kg/day • SVI 80 mg/l |
| Solids of mixed sludge | 6000 kg/day – 02% volatile solids |
| Mass loading of solids (fixed) | 60 kg/m ² /day |
| Surface area | 6000/60 = 133 m ² |
| Thickener diameter | 13 m |
| Solids concentration after thickening (assumed) | 7% (See Performance) |
| Underflow sludge volume | (200x2,5+500x0,6)/7 = 114 m ³ /day |
| Filtrate overflow volume | 700-114 = 586 m ³ /day |
| Average solids concentration in sludge column assumed to 75% of underflow solids concentration | 7% x 0,75 = 5,25% |
| Sludge column volume | 6000x100/(1000x5,25) = 152 m ³ /day = 6,35 m ³ /h |
| Limit of solids detention time in thickener (assumed) | 36 h |
| Sludge column height | 36x6,35/133 = 1,72 m |
| Clarified water zone height (fixed) | 1,00 m |
| Sludge scraping zone height (fixed) | 0,30 m |
| Liquid total height | 1,72+1,00+0,30 = 3,02 m |
| Thickener volume | 133x3,02 = 402 m ³ |

SPECIFICATION DATA

SELEZIONE VASCHE DI ISPESSIMENTO FANGHI A GRAVITA'

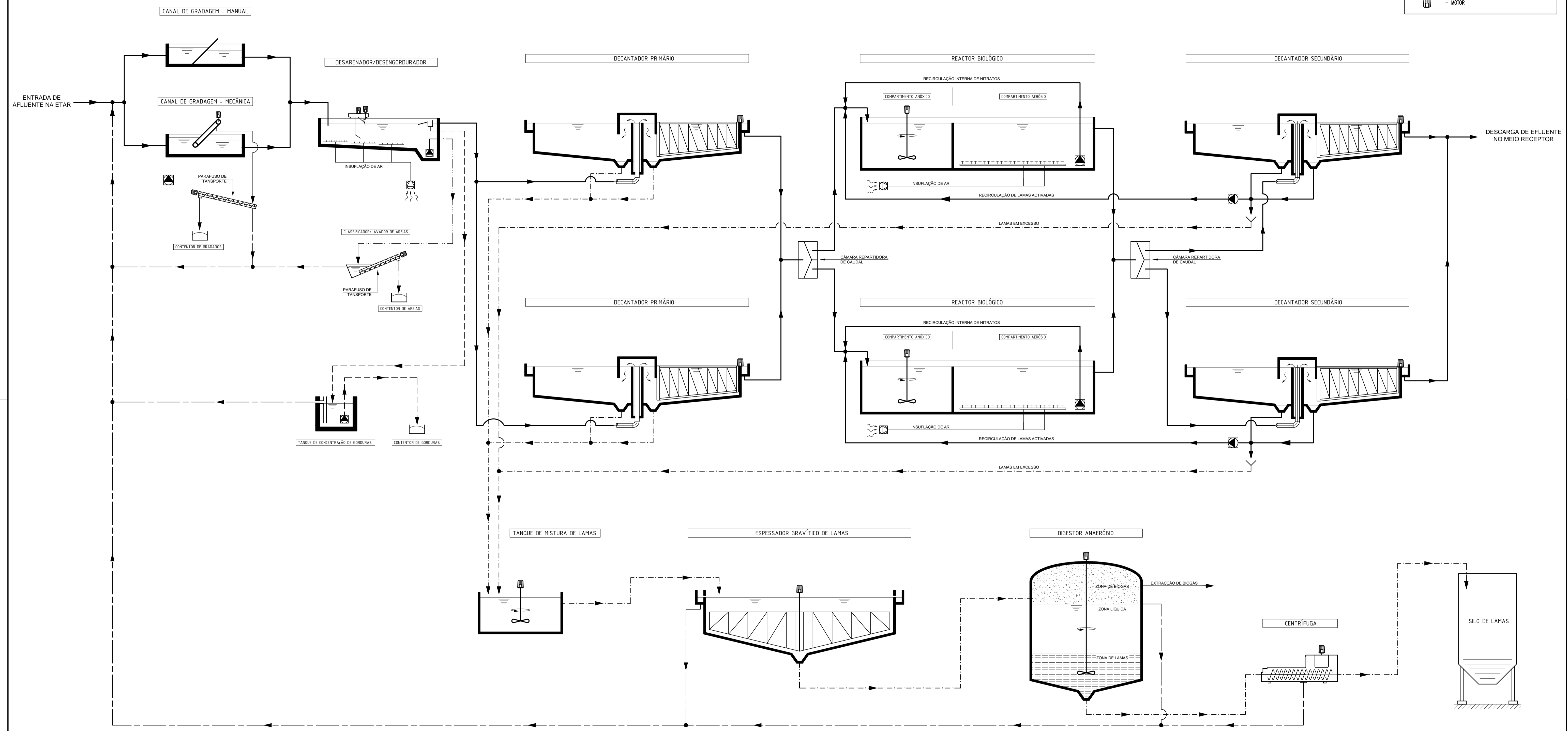
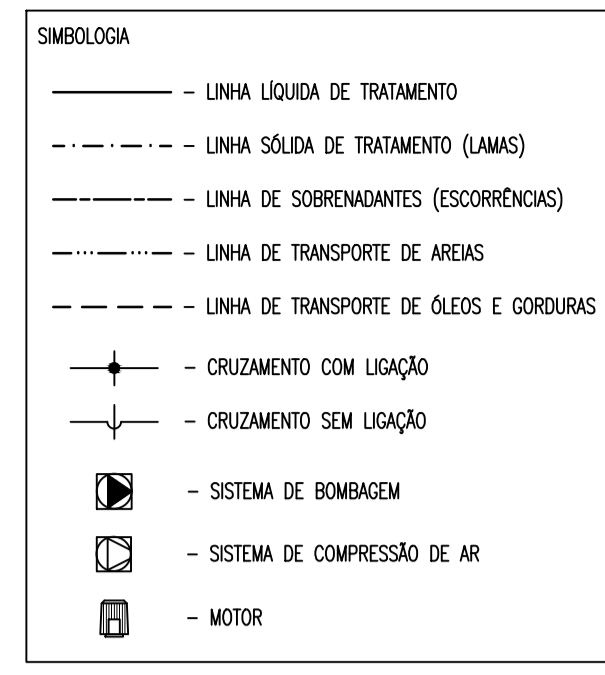
SELECTION OF GRAVITY THICKENER TANKS

| | DIAMETRO VASCA | SUPERFICE VASCA | Ø DEPLETTORE CENTRALE | VELOCITA' ALBERO CENTRALE | Ø ALBERO CENTRALE | COPPIA CONTINUA | POTENZA MOTORE |
|-----------|----------------|-----------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|----------------|
| MODELLO | TANK DIAMETER | SURFACE AREA | INFLUENT WELL DIAMETER | CENTRAL SHAFT SPEED | CENTRAL SHAFT DIAMETER | CONTINUOUS TORQUE | ENGINE POWER |
| STD. SIZE | m | m ² | mm | rpm | mm | daN.m | kW |
| FITC-30 | 3,0 | 7,1 | 800 | 0,32 | 140 | 160 | 0,18 |
| FITC-40 | 4,0 | 12,6 | 800 | 0,24 | 140 | 280 | 0,18 |
| FITC-50 | 5,0 | 19,6 | 1000 | 0,19 | 170 | 440 | 0,18 |
| FITC-60 | 6,0 | 28,3 | 1000 | 0,16 | 170 | 630 | 0,18 |
| FITC-70 | 7,0 | 38,5 | 1000 | 0,14 | 220 | 860 | 0,18 |
| FITC-80 | 8,0 | 50,2 | 1000 | 0,12 | 220 | 1120 | 0,25 |
| FITC-90 | 9,0 | 63,6 | 1200 | 0,11 | 220 | 1420 | 0,25 |
| FITC-100 | 10,0 | 78,5 | 1200 | 0,10 | 220 | 1750 | 0,25 |
| FITC-110 | 11,0 | 95,0 | 1400 | 0,09 | 275 | 2120 | 0,25 |
| FITC-120 | 12,0 | 113,0 | 1400 | 0,08 | 275 | 2520 | 0,37 |
| FITC-130 | 13,0 | 132,7 | 1400 | 0,07 | 275 | 2960 | 0,37 |
| FITC-140 | 14,0 | 153,9 | 1400 | 0,07 | 325 | 3430 | 0,37 |
| FITC-150 | 15,0 | 176,6 | 1600 | 0,06 | 325 | 3940 | 0,37 |



ANEXO V

Desenho nº. 001 – Diagrama de Princípio da ETAR



| | | | | |
|---|---|---|-----------------|--------------|
| <p>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA</p> <p>ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA CIVIL</p> | TRABALHO FINAL DE MESTRADO | | | |
| | PROJECTO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA ETAR EM LUANDA - ANGOLA | | | |
| | Aluno: Nuno Filipe Tomé Alves | Orientadora: Prof. Doutora Maria Teresa Loureiro dos Santos | Desenho N°: 001 | Escalas: N/A |
| | DIAGRAMA DE PRINCIPIO DA ETAR DATA: Dezembro de 2013 Ficheiro: TFM-D-001 | | Substitui: | Subs. por: |