



Estações de Tratamento de Águas Residuais: Conceitos e Dimensionamento

TÂNIA CRISTINA RIBEIRO DE SOUSA

maio de 2016

**ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS:
CONCEITOS E DIMENSIONAMENTO**

TÂNIA CRISTINA RIBEIRO DE SOUSA

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS

Orientador: Eng.º António Francisco Sotto Mayor Pestana da Silva

Supervisor: Eng.º António Matos Pereira (SBS – Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda)

ABRIL DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Agradecimentos	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xxi
1 Introdução.....	1
2 Enquadramento Histórico	5
3 Conceitos Teóricos	19
4 Enquadramento Legislativo	111
5 Caso Prático.....	115
6 Considerações Finais	187
Referências Bibliográficas	189
Anexos A e B.....	193

RESUMO

O presente relatório é o corolário do Estágio Curricular que a autora efetuou, durante o segundo semestre do ano letivo de 2014/2015 na SBS – Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda. Nesta empresa a autora foi integrada na equipa técnica que elaborou um Projeto de Execução para uma Estação de Tratamento de Águas Residuais que irá ser construída em Montemor-o-Novo, tendo-lhe sido atribuídas as seguintes tarefas principais: i) estudo de ferramentas de dimensionamento de ETAR; e ii) estudo dos processos de tratamento de águas residuais a instalar.

O tratamento de águas residuais não é matéria que conste do atual Plano de Estudos do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP. Este facto, associado à premente necessidade de dar resposta às expectativas da Entidade Acolhedora, obrigou a autora a um esforço de aprendizagem significativo. Nesta fase foi executada uma aprofundada pesquisa bibliográfica que permitiu à autora obter o nível de conhecimentos teóricos necessário para a plena integração na Equipa de Projeto.

Já integrada na Equipa de Projeto o primeiro trabalho desenvolvido pela autora foi a análise detalhada do Caderno de Encargos e da respetiva Nota Técnica. Seguidamente a autora participou em todas as fases do Projeto tendo, por isso, colaborado na análise do Estudo Geotécnico, no dimensionamento dos órgãos da ETAR, no cálculo do perfil hidráulico, na definição de formas (plantas e cortes) dos órgãos, na elaboração da Lista de Equipamentos e do Mapa de Quantidades e, por último, na elaboração da Memória Descritiva e Justificativa do Processo de Tratamento e Equipamentos.

O Caso Prático incluído no presente documento é, em larga medida, o corolário do processo de aprendizagem de que a autora beneficiou no decorrer do Estágio Curricular. Grande parte das tarefas que a autora executou ao longo da elaboração do projeto relacionaram-se com o dimensionamento dos órgãos da ETAR e com os respetivos cálculos hidráulicos. Os conhecimentos teórico-práticos desta forma adquiridos foram reunidos num conjunto de ferramentas, maioritariamente folhas de cálculo, que se verificou serem úteis nos processos de dimensionamento e de teste de soluções alternativas.

É parte integrante deste relatório um capítulo no qual é feita uma detalhada apresentação dos conceitos teóricos subjacentes ao Projeto de ETAR. Este capítulo reflete o estudo que a autora teve necessidade de efetuar antes de se sentir capaz de integrar a Equipa de Projeto.

Palavras-chave: ETAR, águas residuais, tratamento de efluentes, lamas ativadas, tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento biológico, tratamento secundário, tratamento terciário, tratamento de lamas.

ABSTRACT

This report is the culmination of the work done in the internship that the author carried out during the second semester of the school year of 2014/2015 which took place in SBS – Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda. The author was integrated into the technical team of the company which designed a project for a wastewater treatment plant (WWTP) that will be built in Montemor-o-Novo. She has been assigned with the following tasks: i) study of the measurement tools of the wastewater treatment plants; and ii) study of wastewater treatment processes to be installed.

Wastewater treatment is not part of the current study plan in the Civil Engineering Master Course in ISEP. This fact, together with the urgent need to meet the expectations of the company, forced the author to a significant higher learning effort. At this stage, a thorough literature research was performed in order to obtain the level of theoretical knowledge required for full integration in the Project Team.

Once integrated in the Project Team, the first project developed by the author was a detailed analysis of the contract documents and the respective Technical Note. Then, the author participated in all phases of the Design and, therefore, collaborated in the analysis of the Geotechnical Study, in the design of the tanks of the WWTP, in the calculation of the hydraulic profile, in the definition of the tank forms, plans and sections and in the elaboration of equipment lists and quantity tables and, finally, in the preparation of descriptive specification and justification texts of the treatment process and equipment.

The Case Study included in the present document is the consequence of the learning process that the author benefited during the internship. Much of the work that the author has performed throughout the project development is related with the design of the tanks of the WWTP and the respective hydraulic calculations. The theoretical and practical knowledge acquired were brought together in a set of tools, mostly spreadsheets, which proved to be useful during the design process and while testing alternative solutions.

As an integral part of this report there can be found a chapter in which a detailed presentation of the theoretical concepts directly related to the WWTP Project is made. This chapter reflects the study that the author has felt the need to make before feeling able to integrate the Project Team, and then at the stage of preparing the written report.

Keywords: WWTP, wastewater, wastewater treatment, activated sludge, preliminary treatment, primary treatment, biological treatment, secondary treatment, tertiary treatment, sludge treatment.

AGRADECIMENTOS

O Estágio Curricular e o presente Relatório de Estágio, além de terem um elevado peso académico, também simbolizam o término de uma grande etapa.

Tenho muito a agradecer às pessoas que me apoiaram e motivaram durante todo este percurso. Certamente que sem elas seria mais difícil ultrapassar todos os obstáculos e momentos menos bons.

Servem, portanto, os próximos parágrafos, para demonstrar todo o meu reconhecimento pelo apoio que recebi, não só ao longo deste último ano, mas também ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao Engenheiro António Francisco Sotto Mayor Pestana da Silva, orientador deste relatório de estágio, quero agradecer toda a disponibilidade e dedicação. Muito obrigada por acreditar e exigir o máximo de mim, pelas críticas e pelo apoio em momentos de maior desânimo.

Ao Engenheiro António Matos Pereira, supervisor deste trabalho, começo por agradecer a oportunidade de me integrar na equipa da SBS. No entanto, tenho muito mais a agradecer-lhe. Muito obrigada por toda a disponibilidade, por tudo o que me ensinou, pela forma como permitiu a minha integração na empresa, pela confiança, enfim, por uma série de grandes atitudes que teve para comigo e que em muito contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

À Engenheira Cátia Ferreira, na prática também supervisora deste trabalho, quero agradecer toda a disponibilidade e apoio incondicional. Obrigada por tudo o que me ensinou e por tentar fazê-lo sempre da melhor forma.

À restante equipa que pertencia à SBS: Maria José, Teresa Moreira, Eng.º Luís Diogo, Eng.º Leandro Pinho, Eng.º Pedro Teixeira, Eng.º José Moreira e o Eng.º Vítor Matinhas, muito obrigada pela forma como me receberam e por se mostrarem sempre disponíveis para me ajudar.

Às minhas grandes companheiras nesta caminhada, as minhas amigas Alexandra Almeida, Ana Gonçalves Dias, Isabel Amorim e Vera Azevedo, que em momento algum me falharam, muito obrigada. Pessoalmente, não sou uma pessoa de expressar grandes sentimentos, mas sabem o valor que têm para mim. De igual modo, deixo ainda um grande agradecimento à Mariana Fernandes, à Sara Oliveira Gaspar, à Beatriz Areal, à Joana da Silva, à Sofia Castro, ao Paulo Sengo, ao Pedro Faria, ao Fábio Carvalho e ao Nuno Neves, pelo companheirismo, amizade e entreaajuda, não só nos estudos mas também em muitos outros momentos das nossas vidas que se cruzaram há alguns anos atrás. A todos, um grande e sincero obrigada, porque conseguiram, cada um com a sua maneira, quebrar um pouco de gelo no meu coração e assim me ter tornado numa pessoa melhor. Com vocês levarei para a vida das maiores e melhores recordações.

À minha família tenho a agradecer o apoio e a confiança que desde sempre depositaram em mim. Um obrigada muito especial à minha mãe, à minha avó e ao meu avô, que durante esta etapa da minha vida me deram o maior apoio. Cada um à sua maneira, exigiram sempre mais e melhor porque sei que acreditam em mim, sabem que sou capaz e desejam o melhor para o meu futuro.

Ao Rui Madureira, agradeço tudo. Obrigada por continuares sempre presente, pelo apoio absoluto, por insistires comigo a não desistir de nada, porque reconhecês as minhas capacidades e o meu valor, e porque és o primeiro a acreditar e a dizer “Tu és capaz!”.

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Agradecimentos	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xxi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento geral	1
1.2 Apresentação da empresa	1
1.3 Objetivos e organização do relatório.....	2
2 Enquadramento Histórico	5
3 Conceitos Teóricos	19
3.1 Considerações Gerais.....	19
3.2 Etapas e Métodos de tratamento	20
3.2.1 Tratamento Preliminar	21
3.2.2 Tratamento Primário	46
3.2.3 Tratamento Biológico ou Secundário	55
3.2.4 Tratamento Terciário.....	80
3.2.5 Tratamento da Fase Sólida	85
3.2.6 Tratamento de gases e odores	109

4	Enquadramento Legislativo.....	111
5	Caso Prático.....	115
5.1	Considerações gerais	115
5.2	Dados de Base	118
5.2.1	Características da água residual bruta.....	118
5.2.2	Características do efluente final	119
5.2.3	Localização (chegada e descarga).....	119
5.2.4	Processos de tratamento da ETAR.....	120
5.2.5	Critérios de dimensionamento	120
5.3	Solução Proposta	130
5.3.1	Implantação da ETAR.....	130
5.3.2	Processos de tratamento.....	133
5.4	Descrição e Dimensionamento hidráulico-sanitário dos órgãos de tratamento.....	135
5.4.1	Receção do efluente bruto e pré-tratamento: Caixa de admissão, Unidade combinada do pré-tratamento e Desarenação/desengorduramento	136
5.4.2	Receção do efluente das fossas sépticas	142
5.4.3	Tratamento Biológico	145
5.4.4	Decantação Secundária	152
5.4.5	Tratamento de lamas.....	154
5.5	Pré-Dimensionamento dos Principais Órgãos de Tratamento	160
5.5.1	Desarenador/Desengordurador	160
5.5.2	Reator Biológico.....	164
5.5.3	Decantador Secundário	166
5.5.4	Espressor de lamas.....	168
5.6	Comparação de resultados	170
5.7	Descarga final e Reutilização da Água Residual Tratada.....	171
5.8	Perfil Hidráulico.....	174

5.9	Circuitos Hidráulicos	178
5.10	Considerações sobre as restantes redes hidráulicas da instalação	181
5.10.1	Rede de drenagem de águas residuais	181
5.10.2	Rede de drenagem de águas pluviais	182
5.10.3	Rede de abastecimento de água	184
6	Considerações Finais	187
	Referências Bibliográficas	189
	Anexos A e B	193
	Anexos A	195
	Anexos B	231

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Coletor (Antiga Roma).	6
Figura 2 – Aqueduto Romano.....	6
Figura 3 – Esquerda: Rua principal com coletor subterrâneo de água residual; Direita: Esquema da tubagem que descarrega a água residual (Wiesmann, Choi e Dombrowski, 2007 que cita Garbrecht, 1987).	6
Figura 6 – Esquema simples de um tanque <i>Imhoff</i> . A – Câmara superior; B – Câmara inferior.....	11
Figura 7 – Operações e processos incluíveis no tratamento preliminar.....	22
Figura 8 – Correntes deslocadoras (Metcalf & Eddy, 2003).....	24
Figura 9 – Ancinhos raspadores (Metcalf & Eddy, 2003).	24
Figura 10 – Faixas de limpeza contínua (Metcalf & Eddy, 2003).	25
Figura 11 – Tamisador típico de gradagem fina: estático (Metcalf & Eddy, 2003).	30
Figura 12 – Tamisador típico de gradagem fina: tambor rotativo (Metcalf & Eddy, 2003).	30
Figura 13 – Tamisador de gradagem fina: <i>step</i> (Metcalf & Eddy, 2003).	30
Figura 14 – Caudalímetro eletromagnético: a – tubular; b – de inserção (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).	33
Figura 15 – Caudalímetro ultrassónico tubular de trajeto único e transmissão direta (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).....	33
Figura 16 – Caudalímetro deprimogéneo (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).	34
Figura 17 – Tipos de desarenadores.....	36
Figura 18 – Exemplo de um tanque arejado (Metcalf & Eddy, 2003; Ariscrisnã, 2012).	38
Figura 19 – Desarenador do Tipo <i>Vortex (Pista-Grit)</i> , (Metcalf & Eddy, 2003).....	39
Figura 20 – Desarenador do Tipo <i>Vortex (Teacup)</i> , (Metcalf & Eddy, 2003).	40

Figura 21 – Diagrama de um tanque ideal de sedimentação (Ariscrisnã, 2012).....	40
Figura 22 – Operações e processos incluíveis no tratamento primário.	47
Figura 23 – Representação esquemática de um tanque <i>Imhoff</i>	54
Figura 24 – Esquema típico dos processos de tratamento biológico por lamas ativadas (Ariscrisnã, 2012).	55
Figura 25 – Exemplo de curva de crescimento bioquímico do oxigénio que apresenta os componentes do crescimento do oxigénio carbonáceo e nitrificação (Templeton e Butler, 2011).	58
Figura 26 – Dinâmica do crescimento microbiano (Templeton e Butler, 2011).	65
Figura 27 – Relação entre o substrato (alimento) e a biomassa, F/M (Templeton e Butler, 2011).	66
Figura 28 – Curva de crescimento de Monod (Templeton e Butler, 2011).	67
Figura 29 – Remoção da matéria orgânica num processo de lamas ativadas (Templeton e Butler, 2011).	70
Figura 30 – Ciclo da síntese da biomassa para um processo de tratamento biológico (Templeton e Butler, 2011).	71
Figura 31 – Principais componentes de um processo de lamas ativadas (Templeton e Butler, 2011).	72
Figura 32 – Impacto da taxa F/M nas características da lama a decantar (Templeton e Butler, 2011).	73
Figura 33 – Sistema idealizado do tratamento biológico por lamas ativadas com um reator de mistura completa. (Ariscrisnã, 2012).	74
Figura 34 – Perfil tipo da concentração de sólidos – profundidade do decantador (Ariscrisnã, 2012; Ferreira <i>et al.</i> , 2005).	79
Figura 35 – Processos do tratamento terciário.	80
Figura 36 – Ciclo de degradação dos compostos azotados nos sistemas de tratamento de efluentes (Martins, 2008).	82
Figura 37 – Modelo de Comeau—Wentzel para o metabolismo dos microrganismos acumuladores de fósforo (Martins, 2008).	85
Figura 38 – Processos e operações incluíveis no tratamento da fase sólida (lamas).	86
Figura 39 – Fluxograma das diversas etapas do processo de tratamento de lamas numa ETAR (Vieira de Sousa, 2005).	87
Figura 40 – Métodos de espessamento.	89

Figura 41 – Interior de um espessador gravítico (Moura, 2012).....	90
Figura 42 – Principais processos de estabilização.....	94
Figura 43 – Sistemas possíveis para a desidratação de lamas.	100
Figura 44 – Esquema representativo do processo de secagem direta (Monteiro 2004).....	105
Figura 45 – Esquema representativo do processo de secagem indireta (Monteiro, 2004).....	106
Figura 46 – Principais processos utilizados para o condicionamento.....	107
Figura 47 – Esquematização dos principais processos de tratamento a implementar na ETAR de Montemor-o-Novo.....	120
Figura 48 – Implantação dos órgãos da ETAR: 1 – Câmara de admissão; 2 – Pré-tratamento; 3 – Reator Biológico; 4 – Decantador secundário; 5 – Receção do efluente de fossas sépticas; 6 – Espessador gravítico; 7 – Silo de lamas desidratadas; 8 – Edifício de exploração; 9 – Edifício de desidratação de lamas (ver original no Anexo A03).	131
Figura 49 – Perfis transversais: Implantação dos órgãos na ETAR (ver em pormenor no Anexo A05)....	132
Figura 50 – Ampliação e implantação dos órgãos da ETAR (ver original no Anexo A17).....	132
Figura 51 – Processos de tratamento adotados na ETAR de Montemor-o-Novo.....	133
Figura 52 – Fluxograma de tratamento.....	134
Figura 53 - Exemplo de unidade combinada de pré-tratamento.....	138
Figura 54 – Diagrama processual: Pré-tratamento (ver original no Anexo B02).	138
Figura 55 – Diagrama processual: Receção do efluente de fossas sépticas (ver original no Anexo B01)..	145
Figura 56 - Diagrama processual: Reator biológico (ver original no Anexo B03).....	145
Figura 57 - Processos de transformação no tratamento biológico (Martins, 2008).	147
Figura 58 – Diagrama processual: Decantador secundário (ver original no Anexo B04).....	152
Figura 59 - Diagrama processual: Espessamento gravítico de lamas (ver original no Anexo B05).....	156
Figura 60 - Diagrama processual: Desidratação de lamas (ver original no Anexo B06).....	157
Figura 61 - Diagrama processual: Preparação e dosagem de polímero (ver original no Anexo B07).....	158
Figura 62 - Diagrama processual: Armazenamento de lamas desidratadas (ver original no Anexo B08).	158
Figura 63 – Exemplo de um sistema de preparação e armazenamento de polieletrólito.	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 64 – Exemplo de bomba de rotor excêntrico.....	160
Figura 65 – Esquema geral de um decantador secundário (altura periférica, h_p e altura central, h_c)....	167
Figura 66 – Planta do sistema de produção de água de serviço. (L – Reservatório de água desinfetada; 1 – Descarga de fundo do tanque de água desinfetada; M – Edifício do hidropressor; 2 – Grupo hidropressor; 3 – Tampa amovível em Gradil Coberto em PRFV; 4 – Sistema de armazenamento e dosagem de Hipoclorito; 5 – Sistema de filtração automático; A – Corte (ver original no Anexo A12).	173
Figura 67 – Corte AA (ver original no Anexo B12).	174
Figura 68 – Representação gráfica da linha de energia (laranja). (Azul – cotas soleira; Laranja – cotas a montante; Cinzento – Cotas do topo da parede) (ver original no Anexo B13).....	177
Figura 69 – Perfil hidráulico – Fase líquida (ver original no Anexo B12).	177
Figura 70 – Circuitos hidráulicos (ver original no Anexo A03).....	181

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Taxas de mortalidade de tifo e febre paratifoide em alguns países europeus entre 1930 e 1959 .	16
Tabela 2 – Etapas de tratamento de águas residuais (Metcalf & Eddy, 2003; adaptado, em parte, de Crites and Tchobanoglous, 1998).	21
Tabela 3 – Critérios típicos de dimensionamento de grades com limpeza manual ou mecânica (Metcalf & Eddy, 2003).	27
Tabela 4 – Valores típicos do espaçamento entre barras (adaptado: Metcalf & Eddy, 2003).	27
Tabela 5 – Tipos de tamisadores.	29
Tabela 6 – Tipos de sedimentações e aplicações (Ariscrisnã, 2012, adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).	35
Tabela 7 – Valores típicos de dimensionamento de desarenadores gravíticos e de fluxo horizontal (Metcalf & Eddy, 2003).	37
Tabela 8 – Valores típicos de dimensionamento de desarenadores arejados (com e sem desengorduramento incluído), (Metcalf & Eddy, 2003).	38
Tabela 9 – Valores típicos para o dimensionamento de decantadores primários (Monteiro, 2004).	51
Tabela 10 – Valores típicos a considerar no dimensionamento de decantadores (Metcalf & Eddy, 2003).	51
Tabela 11 – Valores típicos para a flotação (Monteiro, 2004).	53
Tabela 12 – Processos que podem ser aplicados no tratamento biológico (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).	62
Tabela 13 – Tipos de tratamento biológico (Metcalf & Eddy, 2003).	63
Tabela 14 – Valores típicos para as taxas constantes associadas ao crescimento microbiano para diferentes tipos de águas residuais (Templeton e Butler, 2011).	70

Tabela 15 - Valores típicos de decantadores circulares e retangulares (Metcalf & Eddy, 2003).	80
Tabela 16 – Valores típicos de dimensionamento para flotores (Monteiro, 2004).	92
Tabela 17 – Valores típicos de dosagem de cal segundo alguns tipos de lamas (Monteiro, 2004).	98
Tabela 18 – Afluência da rede de drenagem.	118
Tabela 19 – Afluência de lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas.	119
Tabela 20 - Efluente a reutilizar.	119
Tabela 21 – Requisitos de qualidade exigidos para o efluente tratado para descarga no meio receptor.	119
Tabela 22 – Critérios de dimensionamento processual vinculativos.	123
Tabela 23 – Valores a utilizar respeitando a norma alemã ATV 2000 (ATV-DVWK-A 131E).	124
Tabela 24 – Valores mais conservativos entre os resultantes da aplicação direta da norma referida anteriormente.	124
Tabela 25 – Critérios mínimos obrigatórios de dimensionamento do sistema de reutilização.	125
Tabela 26 – Critérios obrigatórios no dimensionamento do espessador de lamas.	125
Tabela 27 – Critérios mínimos de dimensionamento da desidratação.	127
Tabela 28 – Instrumentação de medida em contínuo a aplicar na ETAR.	130
Tabela 29 – Características do tamisador.	139
Tabela 30 – Características finais do desarenador/desengordurador.	141
Tabela 31 – Características da unidade combinada de pré-tratamento de efluente de fossas sépticas.	143
Tabela 32 – Parâmetros adotados no poço de bombagem.	144
Tabela 33 – Dados de base para o tratamento biológico.	147
Tabela 34 – Quadro resumo dimensionamento do volume do tanque arejado.	148
Tabela 35 – Resultados que demonstram que a quantidade de fósforo é removida, integralmente, nas reações biológicas.	150
Tabela 36 – Quantidade total de oxigénio necessária ao sistema.	151
Tabela 37 – Características do decantado secundário.	153

Tabela 38 – Características do poço de bombagem que constitui a estação elevatória de recirculação de lamas biológicas.	154
Tabela 39 – Dimensionamento do espessador gravítico.	156
Tabela 40 - Características da desidratação de lamas.	159
Tabela 41 – Dados gerais especificados no Caderno de Encargos.	161
Tabela 42 – Parâmetros considerados no pré-dimensionamento de um desarenador de fluxo horizontal (simples).	161
Tabela 43 – Pré-dimensionamento para um desarenador/desengordurador de fluxo horizontal (Simples).....	163
Tabela 44 – Parâmetros considerados no pré-dimensionamento do desarenador arejado.	163
Tabela 45 – Pré-dimensionamento para um desarenador/desengordurador arejado.	164
Tabela 46 – Desarenador de fluxo horizontal vs Desarenador arejado.....	164
Tabela 47 – Dados gerais especificados no Caderno de Encargos.	165
Tabela 48 – Dados gerais.....	167
Tabela 49 – Pré-dimensionamento do decantador secundário.....	168
Tabela 50 – Dados gerais.....	169
Tabela 51 – Pré-dimensionamento do espessador gravítico.	170
Tabela 52 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do desarenador/desengordurador.	170
Tabela 53 – Valores comparativos do dimensionamento e pré-dimensionamento do reator biológico.	170
Tabela 54 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do decantador secundário.....	171
Tabela 55 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do espessador gravítico.....	171
Tabela 56 – Características que influenciaram a escolha do filtro automático mais ajustado.....	172
Tabela 57 – Características consideradas no dimensionamento do sistema de desinfecção.	173

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 58 – Perfil hidráulico do tratamento. 175

ABREVIATURAS

AOR	Actual Oxygen Rate ¹
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
ETAR	Estação(ões) de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
F/M	Alimento/microrganismos (Food/Microorganisms) [kgCOB ₅ .kg ⁻¹ MLSS.dia]
IL	Idade de lamas
IVL	Índice Volumétrico de lamas [mg.L ⁻¹]
MBR	Sistema de tratamento por Membranas
MF	Membranas para microfiltração
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids [mg.L ⁻¹]
MLVSS	Mixed Liquor Volatil Suspended Solids [mg.L ⁻¹]
N	Azoto
O&G	Óleos e gorduras
OD	Oxigénio Dissolvido
P	Fósforo
RO	Membranas para osmose inversa
SBR	Reatores sequenciais
SORT	Standard Oxygen Transfer Rate ²
SS	Sólidos Suspensos

¹ Necessidade de oxigénio do sistema.

² Necessidade de oxigénio em condições *standart*.

CAPÍTULO 1

SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
ST	Sólidos Totais
STV	Sólidos Totais Voláteis
UF	Membranas para ultrafiltração
X	Concentração de microrganismos no tanque de arejamento [kg SSV.m ⁻³]

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO GERAL

Este relatório vem no seguimento do Estágio Curricular que a autora efetuou na empresa SBS Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda., no âmbito da Unidade Curricular de DIPRE (Dissertação/Projeto/Estágio) do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A SBS Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda. é uma prestadora de serviços de engenharia cujas principais atividades são: 1) projeto e coordenação de obras; 2) fiscalização de obras; 3) instalação de equipamentos; 4) operação e manutenção de Estações de Tratamento de Águas. A empresa presta estes serviços nas áreas da Engenharia Ambiental e da Engenharia Civil, com particular ênfase nos ramos das Estruturas, da Hidráulica, do Saneamento e das Vias de Comunicação. Trata-se de uma PME capaz de dar resposta a projetos de uma envergadura considerável, tanto em Portugal como no estrangeiro.

Algumas das principais prestações de serviços efetuadas pela SBS nos últimos anos são:

- Projeto Base para Concurso da ETAR de Mértola (2169hab);
- Projeto Base da Remodelação e Ampliação da ETAR do Areinho (30 000hab) – Vila Nova de Gaia;
- Projeto Base para Concurso das 5 ETAR de Arganil;
- Projeto de Execução da ETAR de Fiães – Santa Maria da Feira (49 750hab) - Projeto de Execução e Arranque;
- Projeto Base para Concurso da ETAR de Matosinhos (245 000hab);
- Projeto Base para Concurso da ETAR do Aeroporto de Beja – Terminal Civil;

- Requalificação da Ribeira do Candal – Troço Final – Vila Nova de Gaia;
- Arranque e Coordenação de exploração (2 anos) da ETA de Tshikapa, Congo (65000m³/dia);
- Reformulação da ETAR da Benedita – Águas do Oeste (12 500hab) -Projeto de Execução e Arranque;
- Construções J. A. Marques – Estação de Tratamento de Águas Residuais de loteamento em Valadares, V. N. Gaia (projeto de execução de obra, arranque e controle de funcionamento);
- Águas do Douro e Paiva / Bento Pedroso / ECOP - Paterson Candy – Estação de Tratamento de Águas de Lever (Infraestruturas Hidráulicas);
- Waterleau – Projeto de execução da ETAR de Bouskoura, Casa Blanca, Marrocos;
- Waterleau – Supervisão da construção da ETAR de Cusco, Peru.

1.3 OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O principal objetivo deste relatório é o de documentar todo o trabalho desenvolvido pela autora no âmbito do seu Estágio Curricular, incluindo os conceitos teóricos mínimos considerados necessários para o enquadramento do tema.

No Estágio Curricular o principal objetivo foi o de adquirir competências na área dos processos de tratamento de águas residuais, através do acompanhamento do projeto de uma ETAR. Desta forma se respondeu a um desafio lançado pela entidade acolhedora (SBS – Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda), que manifestou total disponibilidade para integrar e acompanhar um estagiário neste domínio tecnológico.

Os conceitos e as técnicas relacionadas com o tratamento de águas residuais não são temas que, no Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Infraestruturas, sejam abordados. Assim sendo a autora foi obrigada, muito rapidamente e antes mesmo de dar início ao acompanhamento do projeto, a obter um nível mínimo de familiaridade com estas matérias. Os resultados deste estudo, que foi muito significativamente aprofundado aquando da elaboração do presente relatório, são apresentados no terceiro capítulo deste documento.

A estrutura adotada no presente documento, que surge no seguimento dos objetivos estabelecidos para o Estágio Curricular, dividindo-se em seis capítulos. Para além do presente capítulo, constituem a estrutura deste documento:

Capítulo 2: Enquadramento histórico

Neste capítulo é apresentada uma breve resenha histórica do tratamento de águas residuais.

Capítulo 3: Conceitos teóricos

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos fundamentais e as metodologias de cálculo utilizadas.

Capítulo 4: Enquadramento legislativo

Neste capítulo são listados e muito sumariamente caracterizados, os documentos legais atualmente aplicáveis às águas residuais em Portugal.

Capítulo 5: Caso Prático

No capítulo 5 é apresentada e descrita a solução encontrada para o projeto da ETAR de Montemor-o-Novo. Também são apresentados os resultados do dimensionamento efetuados pelas ferramentas de cálculo da SBS – Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lda, as quais a autora teve acesso; e os cálculos relativos ao pré-dimensionamento dos órgãos da ETAR efetuados pela mesma, mas recorrendo às ferramentas por ela desenvolvidas. Por fim, os resultados assim obtidos são comparados.

A autora não apresenta as ferramentas de cálculo da empresa por motivos de confidencialidade. No entanto, essas ferramentas têm por base os conceitos de dimensionamento mencionados no Capítulo 3.

Capítulo 6: Considerações finais

Neste capítulo são apresentadas várias reflexões da autora, suscitadas pelos trabalhos que esta desenvolveu durante o seu Estágio.

Anexos – Anexos A e Anexos B

Nos anexos encontram-se todas as peças desenhadas em tamanho real para que possam ser consultadas com mais pormenor. Alguns desenhos são apresentados ao longo do capítulo 5 mas, devido à redução de tamanho, poderão não estar suficientemente perceptíveis. Estas peças desenhadas são, essencialmente, as plantas e cortes dos órgãos e equipamentos instalados na ETAR de Montemor-o-Novo e os diagramas processuais de tratamento. No entanto, também são incluídas outras peças essenciais num projeto desta natureza, como o perfil hidráulico e a lista de equipamentos.

2 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Na Antiguidade algumas sociedades (Vale do Indo, Grécia, Roma) desenvolveram sistemas de saneamento básico à época considerados extremamente desenvolvidos. Durante a Idade Média europeia os mosteiros beneditinos possuíam sistemas evoluídos de distribuição de água potável e de recolha de efluentes.

A conceção moderna de recolha e tratamento de água residual tem as suas origens nos primeiros estudos de microbiologia efetuados por Van Leeuwenhoek (n.1632-m.1723), Joblot (sec. XVIII), Needham (n.1713-m.1781), Spallanzani (n.1729-m.1799), entre outros, que prepararam o caminho às descobertas fundamentais de Louis Pasteur (n.1822-m.1895) (Wiesmann, Choi e Dombrowski, 2007).

A industrialização do século XIX, provocada pelo advento da máquina a vapor, acarretou a migração de um grande número de camponeses para as novas cidades/fábricas. Este súbito e explosivo aumento populacional, associado ao aparecimento dos efluentes industriais, criaram gravíssimos problemas de saúde pública (as grandes epidemias que assolaram as cidades europeias dos século XIX, como as epidemias de cólera em Lisboa e no Porto).

É por esta altura que se constata que a saúde pública estava altamente ameaçada pela contaminação das águas de abastecimento público, tendo origem maioritariamente em poços ou cursos de água contaminados pela deposição da água residual não tratada. Perante esta situação, a recolha e o destino das águas residuais passaram a ser uma preocupação e conseqüentemente uma prioridade das autoridades da época.

As soluções de drenagem e tratamento de águas residuais foram evoluindo ao longo da história da humanidade. Os registos dessa evolução permitem enquadrar e compreender mais facilmente as soluções atuais.

Na Antiguidade, as primeiras infraestruturas de abastecimento e drenagem que surgiram foram os aquedutos e os coletores (Figura 1, Figura 2 e Figura 3). Estas estruturas conduziam a água em superfície livre para o abastecimento das populações (Wiesmann, Choi e Dombrowski, 2007).

Foi na civilização romana que se deram os maiores desenvolvimentos na construção destas estruturas. Contudo, outras sociedades igualmente emblemáticas foram adotando estas soluções. Apesar dos conhecimentos e condições reduzidos daquela época, havia vários cuidados na construção destas infraestruturas, principalmente no que dizia respeito à sua localização e condições de implantação.

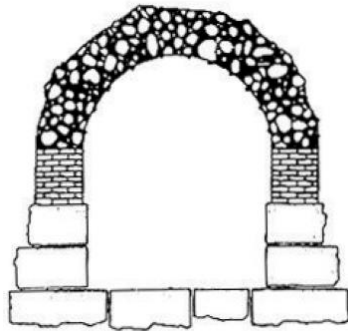


Figura 1 – Coletor (Antiga Roma).



Figura 2 – Aqueduto Romano.

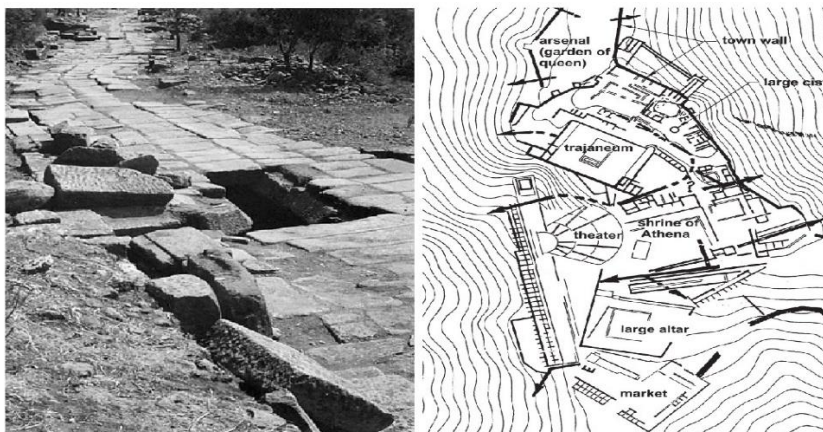


Figura 3 – Esquerda: Rua principal com coletor subterrâneo de água residual; Direita: Esquema da tubagem que descarrega a água residual (Wiesmann, Choi e Dombrowski, 2007 que cita Garbrecht, 1987).

O período da revolução industrial caracterizou-se pela grande concentração populacional, junto das áreas de desenvolvimento acelerado, consciencializando todos para a necessidade de construção e manutenção de sistemas de saneamento básico seguros e eficazes.

É de notar que as grandes epidemias de cólera e tifo são consequência direta da aglomeração de pessoas em pequenos espaços durante o período que se convencionou chamar de revolução industrial, período no qual estas epidemias atingiam por igual todos os estratos sociais.

O país que se tem como uma das maiores referências na evolução do tratamento de águas residuais é o Reino Unido, uma vez que foi dos primeiros a ser industrializados. Consequentemente, este acontecimento fez com que os ingleses se deparassem com os grandes problemas associados à não existência de regras relativamente à coleta e disposição final das águas residuais.

No final do século XVIII e início de século XIX, a comunidade científica embrenhou-se em discussões sobre as doenças predominantes da época. Debatiam-se, sobretudo, temas acerca do modo de transmissão e o que se poderia fazer para combater/minimizar esse problema.

A doença mais frequente era a cólera. Vários especialistas daquela época deram o seu parecer sobre este assunto. Uns acreditavam que as doenças eram transmitidas por contato físico ou através do consumo de água e alimentos contaminados. Outros, como os Drs. John Snow e William Budd, defendiam que a origem mais provável da cólera seria a água potável (após verificarem que a população de Londres servida pela rede de água captada antes da descarga dos esgoto no rio era menos sensível a contrair a cólera). Na Europa e EUA chegou-se mesmo a pensar que a sujidade e os maus cheiros eram os responsáveis pelas epidemias.

Do estudo e análise dos problemas existentes estabeleceu-se o consenso de que a melhor forma de prevenir o alastrar das epidemias seria o da resolução da coleta e disposição final da água residual. Por pressão das populações, a classe dirigente começou a dar muita importância ao saneamento como forma de combater ou reduzir o problema.

Nessa perspetiva foram criadas comissões constituídas por membros especializados, incluindo engenheiros ligados às redes sanitárias e sistemas de águas residuais, para estudarem, discutirem e encontrarem explicações e soluções.

No entanto, a industrialização continuava-se a alargar pelo continente europeu, principalmente, nos estados alemães e, consequentemente, as epidemias de cólera iam-se espalhando pela Europa.

A primeira rede de esgotos na Europa foi iniciada em Hamburgo (1848) pelo engenheiro inglês William Lindley, que esteve envolvido em vários projetos de sistemas de esgotos, abastecimento de água

potável e saneamento. Após o grande incêndio de Hamburgo, William Lindley conseguiu um acordo para a construção da rede. Entretanto, foi em Londres que discutiu os últimos acertos para o projeto. Quando, finalmente, as condições estavam reunidas, iniciou-se a construção dos vários quilômetros de rede de esgotos, ficando os primeiros troços a funcionar em 1853, sendo que a última epidemia deu-se em 1893 (Cooper).

O engenheiro William Lindley também pensou na reutilização da água residual, propondo que esta fosse vendida a agricultores como fertilizantes, para que fossem espalhados nos seus terrenos.

Este tipo de disposição final da água residual, não constitui uma novidade, pois na Antiguidade (Roma, Mesopotâmia,...) já tinha sido aplicado um processo semelhante de tratamento na terra.

O período da revolução industrial foi fértil em ideias e experimentação de novos métodos que maximizassem o lucro. Por exemplo, o dono de uma fábrica de algodão (James Smith), notou que ao depositar os resíduos provenientes da fábrica, nos campos agrícolas, melhorava a produção das culturas, sendo esta uma ideia apoiada por vários especialistas (Cooper).

O Reino Unido importou grandes quantidades de excrementos de aves da América do Sul e das Ilhas Galápagos com fim a fertilizar as terras de cultivo para melhorar o seu rendimento de produção.

Nas grandes cidades, a compra de terrenos para receber os esgotos aumentou significativamente, recorrendo-se a este tratamento até ao final do século XIX. A partir daí entrou em desuso devido aos seguintes pontos (Cooper):

- Ao preço elevado dos terrenos nas cidades em expansão, e também pelas grandes áreas que esses terrenos exigiam;
- Aos terrenos ficarem alagados;
- Aos baixos padrões necessários de higiene.

Uma outra forma de proceder ao tratamento era o recurso ao uso de tratamento químico, pensando-se que poderia ser uma solução para todos estes problemas. O tratamento químico de descargas de esgoto foi utilizado em Paris (1740), usando a cal como precipitante. Foram pedidas várias patentes deste tratamento com o objetivo de tratar o esgoto removendo a concentração adequada de poluentes para que este pudesse ser eliminado em segurança e fossem produzidas lamas “químicas” para serem usadas como fertilizante na agricultura (Cooper).

Aplicando os produtos químicos na terra, melhorava-se a taxa de sedimentação e obtinham-se coágulos com menores dimensões. Apesar disso, também este método apresentava desvantagens,

uma vez que só removia poluentes em suspensão, representando um terço da carga poluente total do esgoto, e produzia elevadas quantidades de lamas tornando-se difícil a sua eliminação (Cooper).

Naturalmente, o interesse por esta área não estagnou e portanto a evolução continuou de forma rápida, surgindo outras opções de tratamento para as águas residuais. Destaca-se o tratamento biológico, promovendo a rápida multiplicação de estirpes bacteriológicas, em tanques construídos para o efeito, que degradavam a poluição presente na água residual, principalmente a que se encontrava dissolvida. Na década de 1970, o tratamento químico reformulou-se, interagindo diretamente com os princípios do tratamento biológico possibilitando a remoção de nutrientes, principalmente fosfatos, o que ainda hoje acontece (Cooper).

Desenvolvimento de Processos de Tratamento Básico

As considerações referidas anteriormente, comprovam que a condução e tratamento da água residual é um tema que surgiu desde que existem as aglomerações de população e da conseqüente necessidade da evolução das técnicas para o seu transporte e tratamento. Saltando algumas etapas e de forma sucinta a evolução do transporte e tratamento das águas residuais é expressa na sequência seguinte (Cooper):

- Quando se tornou prática usar terras agrícolas para tratar esgotos, também se abriram ou escavaram valas e poços para a remoção de sólidos mais pesados antes da aplicação direta nos terrenos de cultivo, assim reduzindo a carga sobre o solo.
- A seguir desenvolveram-se tanques de fundo plano por vezes revestidos a barro impermeabilizando e evitando a infiltração e contaminação das águas subterrâneas (lagunagem).
- A utilização de agentes químicos como promotores do tratamento, como seja o emprego de cal como precipitante, os esgotos e sistemas de escoamento das cidades, vilas e aldeias são descarregados em tanques ou reservatórios, onde as matérias animais ou vegetais solidificam e secam.
- A remoção das lamas, neste sistema, efetuava-se manualmente ou por raspadores. Os sistemas mecânicos apareceram mais tarde, partir de 1900.
- A adoção de fossas para o tratamento iniciou-se em França, na qual a entrada e saída era abaixo do nível da água, formando assim um sistema anaeróbio. Posteriormente, foi

patenteado um sistema semelhante mas melhorado, ao qual se chamou “fossas séticas”. O processo teve muito sucesso e popularidade.

- Em 1906, na Alemanha, o sistema sofreu outro avanço. Este consistiu na melhoria do desenho dos tanques das fossas séticas, utilizando duas câmaras para a separação dos processos de sedimentação e de digestão das lamas.

Este último, foi um sistema muito bem-sucedido, tal que, quase metade do total das obras de tratamento nos EUA feitas com base neste sistema, por volta de 1930, ainda estão em uso.

Note-se então que foi no Reino Unido, mais precisamente em Londres, e na Alemanha que começaram a aparecer os primeiros resultados da evolução dos sistemas e processos de tratamento de águas residuais (Cooper).

Os sistemas ingleses, também muito usados nos EUA, eram sistemas extensivos, ou seja, exigiam a utilização de grandes áreas. Os sistemas de tratamento alemão eram sistemas concentrados, uma vez que os processos de tratamento utilizados funcionavam de forma mais compacta.

Relativamente aos sistemas de tratamento da época eram referências a lagunagem, sistemas *Imhoff* e filtros biológicos.

A lagunagem é um sistema de tratamento de águas que apareceu por volta da década de 1880. Contudo, há indícios de que na Era dos romanos já o utilizavam em Itália. Tratava-se de um sistema composto por lagoas ou pântanos construídos, adequados para pequenos processos de tratamento de águas residuais descentralizadas, predominantemente, em zonas rurais. As grandes desvantagens do sistema são a necessidade de uma elevada área de ocupação sendo por isso, adequado apenas a pequenos aglomerados populacionais. Provoca também o aparecimento de uma grande quantidade de mosquitos, logo passiva à difusão de possíveis infeções pelo vetor mosquito. Apesar da evolução tecnológica que se foi gradualmente implementando, ainda havia muito interesse nos sistemas de drenagem e tratamentos menos sofisticados como lagoas de tratamento e pantanais, porque estes eram formas de tratamento de baixo custo e de fácil manutenção, daí ser um sistema muito utilizado nas regiões menos abastadas e/ou de baixa densidade populacional (Cooper).

O sistema *Imhoff* é um sistema tipicamente alemão, assumindo o nome *Imhoff* em homenagem ao engenheiro alemão Karl Imhoff (1876 – 1965). O tanque *Imhoff* era, como ainda hoje é, uma unidade de tratamento com dupla função – decantação e digestão – no tratamento de efluentes. Normalmente é contruído em betão armado podendo apresentar-se sob a forma retangular ou circular. Dispõe de duas câmaras sobrepostas, a superior para a decantação, através da qual entra a água residual e se dá

a sedimentação dos sólidos, e a inferior onde são digeridos os sólidos sedimentados. As câmaras são parcialmente separadas de modo a evitar que os gases e as partículas, provenientes da digestão das lamas, retornem à câmara superior para que não interfiram na ação de decantação.

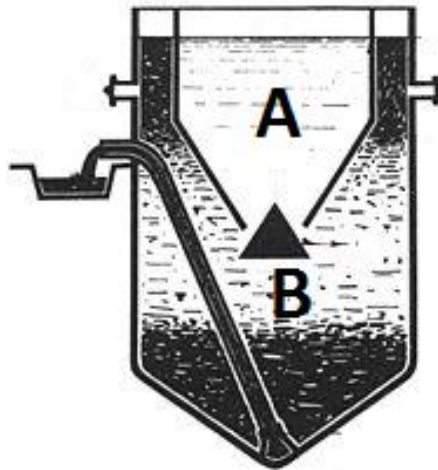


Figura 4 – Esquema simples de um tanque *Imhoff*. **A** – Câmara superior; **B** – Câmara inferior.

Os filtros biológicos surgiram mais tarde com a necessidade de se obter uma maior purificação da água residual e recorrer, simultaneamente, a métodos de tratamento que ocupassem áreas menores³. Perante esta situação, começaram a manifestar-se, progressivamente, ideias de que podiam haver melhores maneiras de tratar as águas residuais usando-se “organismos celulares”. Vários especialistas trabalharam e estudaram esta possibilidade chegando à conclusão, após várias experiências que o esgoto contém os “organismos celulares” necessários para a sua própria destruição. A ideia de tratar biologicamente o esgoto foi revolucionária naquela época. Nos terrenos de esgotos, demonstrou-se que a água residual passava através do solo arenoso tornando-se menos poluente. Deste fenómeno surgiu a ideia das “terras artificiais” prosseguindo-se daí para os filtros biológicos também designados por leitos percoladores (Cooper).

Os filtros artificiais foram construídos em todo o Reino Unido, no entanto, foi nos EUA na Estação Experimental Lawrence do Conselho Estadual de Massachusetts de Saúde (MSBH), que se deu o grande avanço no projeto dos filtros biológicos para o combate das doenças em cidades de crescimento rápido. A estação Experimental Lawrence foi criada para realizar análises químicas, no entanto a associação de água potável com febre tifoide, influenciou a sua concentração para a área da bacteriologia e estudo do tratamento de esgotos através da realização de vários testes. Os solos foram

³ Uma vez que a população ia aumentando tornava-se difícil encontrar áreas disponíveis nas cidades.

avaliados para se analisar se tinham características adequadas à oxidação da matéria orgânica do esgoto. Descobriram que o cascalho era o melhor material filtrante o que levou a um rápido progresso nos EUA e Reino Unido (Cooper).

Inicialmente, instalaram-se sistemas de filtração simples, mas logo se desenvolveram outros sistemas como os que ainda hoje se conhecem. No entanto, na década de 1890 já se tinham desenvolvido tanques com pedras quebradas, ardósia ou outras substâncias inertes grossas que sendo depositadas numa grande área de superfície específica, possibilitavam a fixação e o crescimento da fauna microbiana. O funcionamento deste sistema baseava-se na atuação das bactérias sobre a matéria orgânica do esgoto retida no filtro (Cooper).

Em 1913 surgiu o processo de lamas ativadas (fauna microbiana em suspensão), que foi de certa forma um problema, visto que muitas cidades já tinham investido no filtro biológico. Ainda assim, o desenvolvimento de processos com filtros biológicos foi gradual e os sistemas aplicados no início do século XX ainda se encontram operacionais em quase todo o mundo (Cooper).

Um dos maiores progressos e desenvolvimento dos últimos 40 anos é a utilização de membranas. Na Europa, Austrália e EUA, começou-se a usar o tratamento utilizando membranas para a separação das fases sólida e líquida presentes no reator biológico.

As membranas para osmose inversa (RO), microfiltração (MF) e ultrafiltração (UF) têm sido conhecidas desde 1960 (quando foram usadas nas missões americanas à lua). No entanto, só recentemente é que a pesquisa e desenvolvimento foi capaz de criar membranas com preços acessíveis que permitem a sua aplicação em larga escala no processo de lamas ativadas.

No MBR, os painéis de membrana são inseridos diretamente no tanque arejado de lamas ativadas e têm vantagens como (Cooper):

- Permite a operação sem uma fase de sedimentação clássica;
- Um efluente tratado com membrana elimina a necessidade de desinfecção e, portanto, a sua reutilização torna-se mais fácil;
- Este sistema permite que a concentração de biomassa aumente para mais do que 15000 mg/l, o que significa que o tamanho do reator arejado pode ser reduzido drasticamente.

A investigação e desenvolvimento do tratamento de águas residuais foi e continua a ser efetuado quer no conjunto em si mesmo, quer nas diversas fases que constituem a depuração da água residual.

Os pontos seguintes apresentam algumas evoluções consideradas mais importantes no desenvolvimento de soluções de tratamento.

Remoção de nutrientes

A remoção dos nutrientes foi outro fenómeno que se veio a desenvolver, apurando-se que ajuda a prevenir a eutrofização e a proteger a água de altas concentrações de nitrato. Na década de 1960, o motor do tratamento secundário era um processo de lamas ativadas. Um dos seus principais problemas com os sistemas de lamas ativadas até esta data, foi a oxidação do azoto amoniacal (nitrito). As investigações feitas para resolverem esta questão resultaram na desnitrificação biológica, que apesar de já ser conhecida desde o final do século 1800, só foi realmente apresentada e aplicada no tratamento de esgoto no fim de 1930, em que o nitrato foi usado como fonte de oxigénio por um filtro biológico sobrecarregado. Em 1962 foi proposto, nos EUA, a utilização de zonas anóxicas para se fazer a desnitrificação biológica num processo de lamas ativadas. Este conceito é, ainda hoje, uma prática comum nas estações de tratamento de águas residuais (Cooper).

Relativamente à remoção do fósforo nos processos de lamas ativadas, foi um problema resolvido por James Barnard e os seus colegas da África do Sul em 1974, uma vez que, na segunda metade do século XX a indústria sul-africana teve de proteger os recursos hídricos com muito cuidado e desenvolver processos de reciclagem, devido à escassez de água e rápido crescimento populacional.

Tratamento e eliminação das lamas

A lama dos esgotos é um subproduto resultante do tratamento das águas residuais, o seu tratamento e eliminação não era um problema muito relevante quando surgiram as primeiras preocupações com os esgotos. Apenas há cerca de vinte anos é que se começou a pensar no tratamento e destino para as lamas (Cooper).

Na Europa já não é possível descarregar lamas de esgoto no mar, assim como, também é mais difícil e complicado eliminá-las em terras agrícolas, práticas comuns até 1990. O corrente continua a ser a descarga sobre terras agrícolas e florestais, mas a incineração e secagem/peletização, são técnicas que se têm tornado mais comuns, podendo mesmo vir a tornar-se obrigatórias (Cooper).

Tratamento anaeróbio de águas residuais

O tratamento anaeróbio de águas residuais resultou, inicialmente, da separação das águas “cinzentas” e “negras” domésticas para a diminuição do tratamento das fossas.

Nos últimos 50 anos, aproximadamente, foram feitas várias tentativas para aplicar processos anaeróbios no tratamento e obtiveram-se alguns resultados com sucesso no tratamento de águas residuais industriais. Estes processos foram bem-sucedidos porque os efluentes industriais são geralmente, resíduos orgânicos quentes e/ou concentrados. O esgoto municipal é coletado e transportado a maiores distâncias, o que se traduz numa temperatura no início do tratamento muito mais baixa; por outro lado a carga orgânica e a concentração também são menores quando comparados com os efluentes industriais (Cooper).

De realçar que nos países tropicais a tendência para um tratamento anaeróbio antes da afinação aeróbia tem sido uma das mais recentes inovações.

No entanto, as investigações em tratamentos anaeróbios a frio (15°C), associados a utilização de membranas (MBR) têm, ultimamente, conduzido a bons resultados no tratamento de efluentes pouco carregados.

Modelação e controlo por computador

No final de 1970, começaram a surgir os computadores industriais e válvulas controladas eletronicamente. Consequentemente, nasceu a possibilidade de controlar automaticamente as unidades de processo, tendo-se progredido rapidamente desde então.

Quando os primeiros computadores pessoais se tornaram disponíveis, no final de 1980, assistiu-se a um desenvolvimento de modelos computacionais de processos de tratamento, em particular para o processo de lamas ativadas. No entanto, já havia algumas referências neste ramo feitas nos computadores mais poderosos que existiam, mas não eram acessíveis para todos (Cooper).

Os primeiros modelos a abrir caminho para este tipo de tecnologia foram (Cooper):

- WRc STOAT, com base em BOD (Smith e Dudley, 1998).
- IAWPRC, baseado em COD (Olsson e Newell, 1999);

Atualmente a tendência é a da utilização intensiva de sistemas de controlo automatizado em todas as fases de tratamento, integrando-as num sistema SCADA central.

Estes modelos são particularmente úteis porque permitem considerar as condições do tempo e verificar os fatores externos que possam afetar os tratamentos.

Normalização da descarga de águas residuais

A utilização de sistemas de tratamento para as águas residuais e o seu crescimento ao longo dos anos tornou essencial a elaboração de regras que normalizassem as descargas do efluente.

A primeira entidade, a Comissão Real de Descarga de Esgotos foi criada em 1898 pelo Governo do Reino Unido. A função desta comissão foi a elaboração de uma série de relatórios que tiveram efeitos significativos perante as normas e métodos de ensaio aplicados para as descargas do esgoto nos rios. Ao longo do tempo, vários foram os critérios estabelecidos para a descarga dos efluentes tratados. A comissão europeia estabeleceu nas diretivas 91/271/CEE e 98/15/CE e no regulamento CE Nº 1882/2006, os padrões gerais de 20 mg CBO₅ por litro e 30 mg de sólidos em suspensão por litro para descargas de efluentes das estações de tratamento. Estes valores foram padronizados e adotados em muitos outros países (Cooper).

Para se compreender como foram estabelecidos estes limites e como se obtêm os valores padrão, é importante analisar os resultados de vários testes experimentais. Na estação experimental Lawrence, por exemplo, fizeram-se testes como o arejamento do esgoto através de um frasco revestido internamente, por algas verdes. No entanto, também foram realizados testes nas minas de carvão em que se detetou a bactéria M7 que poderia ajudar a precipitar a matéria orgânica na presença de baixas concentrações de ferro. Entre 1913 e 1914, testaram, continuamente, o arejamento do esgoto durante várias semanas, alcançando assim a nitrificação completa. Em Manchester, adicionaram mais quantidade de esgoto arejado em contacto com os sólidos originais liquidificados. Com esta experiência, descobriu-se que, após os períodos de arejamento, a quantidade de sólidos, agora chamado de “lamas”, aumentava e que o período necessário para a oxidação completa eram 24 horas. Estes resultados foram discutidos e publicados. Durante 1914 o processo foi ampliado fazendo-se experiências de fluxo contínuo e algumas através de enchimento (percursores da moderna sequencia de reatores). Testou-se ainda, uma forma de alcançar a nitrificação completa sem haver problemas com liquidação ou volume das lamas (Cooper).

Durante 25 anos assistiu-se a um espantoso crescimento de tratamento de águas residuais em paralelo com o crescimento da ciência e vida moderna. Os países que cresceram mais rapidamente foram os EUA e o Reino Unido. A restante Europa teve alguns obstáculos, sendo o principal a guerra instalada em certos países (p. ex. guerra e ocupação da Finlândia pela Rússia). Na tabela seguinte é possível constatar o contraste da mortalidade devido aos problemas de saúde pública que se viveram em alguns países.

Tabela 1 – Taxas de mortalidade de tifo e febre paratifoide em alguns países europeus entre 1930 e 1959 .

País	Período	Taxa de mortalidade por milhões de pessoas por ano
Inglaterra e Países de Gales	1941 – 1950	1.5
Suécia	1941 – 1947	4.0
Suíça	1941 – 1949	5.3
Finlândia	1931 – 1940	25.0
Finlândia	1941 – 1950	43.0

No caso da Finlândia, esta tinha apenas três obras de tratamento de águas residuais em 1910, tendo estas aumentado para sete em 1950, uma vez que a taxa de mortalidade não parava de crescer. Mas só a partir de 1960 é que aumentaram significativamente as infraestruturas para o tratamento das águas residuais.

No período de 1965 a 2000 surgiram outras necessidades que obrigaram à reformulação dos processos tendo em conta as normas de proteção do ambiente.

Os principais assuntos considerados foram:

- Aplicação mais generalizada de técnicas conhecidas para a remoção do CBO e SST;
- Proteção do ambiente, melhorando a remoção de nitrato, fosfato e azoto amoniacal;
- Desinfecção.

Dado o avanço e evolução dos tratamentos, na década de 1970 começou um movimento para elevar e melhorar os padrões da proteção ambiental, dado que a evolução do tipo de tratamento exige a produção de normas eficazes. De certa forma, foi uma opinião e consciencialização pública. O primeiro passo nesse sentido foi nos EUA, em 1972, com a criação da Lei da Água Limpa. Na União Europeia tem havido várias diretivas que visam a prevenção de poluição da água e proteção dos recursos hídricos. Começou com a diretiva das Águas Superficiais em 1975, seguido pela diretiva Águas Balneares em 1976, a diretiva de Águas de Pesca em 1978, a diretiva do Marisco de Água em 1979 e a diretiva Água Potável em 1980.

A diretiva Águas Residuais Urbanas, relativa ao tratamento (CE 1991) teve um impacto muito significativo, uma vez que fornece normas à escala europeia mais rigorosas para os níveis de azoto e fósforo, marcando assim uma liderança mundial à União Europeia no tratamento de águas residuais.

Observações finais

A história revela que as mudanças acontecem por ciclos, uma vez que há processos e ideias que voltam a ser usadas depois de serem exploradas e melhoradas, de modo a satisfazer as necessidades das populações. Um dos melhores exemplos é o reator sequencial (SBR), pois manteve a forma original do processo de lamas ativadas.

Na década de 1990 fez-se uma reformulação do SBR, uma vez que existia a necessidade de um processo que evitasse a acumulação de lamas. Embora já existisse um forte interesse em explorar estes assuntos, apenas nos últimos anos foi possível alargar o desenvolvimento e o conhecimento nesta área. Isto porque surgiram os computadores e as válvulas controladas eletronicamente, permitindo operar automaticamente o SBR ao passo que, em 1920, era feito por trabalho manual.

No que respeita ao tratamento da água bruta, pode dizer-se então que inicialmente, era submetida a tratamento aeróbio (remoção dos sólidos, tratamento biológico extensivo) e destino final. A seguir observa-se um crescimento no sistema de tratamento, sendo a água bruta encaminhada para a fossa séptica (ambiente anaeróbio), onde é feita a separação de sólidos e resultam as lamas, passando posteriormente por filtros biológicos em regime aeróbio e submetida a destino final. Mais recentemente, a água bruta é submetida a tratamento anaeróbio, do qual resulta a produção de biogás, que permite um aproveitamento energético. De seguida, faz-se uma afinação em ambiente aeróbio (remoção dos nutrientes azoto e fósforo) e por fim a água tratada é conduzida a destino final.

A cooperação internacional tem sido fundamental na aceleração do desenvolvimento, especialmente, entre 1850 e 1950. No entanto, ainda hoje existe esta troca de ideias entre países/organizações.

A tendência da Europa ao longo dos últimos trinta anos tem sido a de reabilitar os cursos de água, impondo limites cada vez mais restritivos ao tratamento de águas residuais.

Estas atitudes têm beneficiado as águas e a população, melhorando a proteção do ambiente e contribuindo, decisivamente, para uma maior sustentabilidade e equilíbrio ecológico.

3 CONCEITOS TEÓRICOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As águas residuais ou efluentes resultam de atividades domésticas ou industriais. Tal como o próprio nome indica as águas residuais domésticas são provenientes de instalações residenciais e serviços, enquanto que as águas residuais industriais são provenientes de atividades industriais.

As águas residuais que não se destinem a ser reutilizadas são usualmente encaminhadas para uma rede de esgotos municipal, que por sua vez as conduz a destino final em meio terrestre ou aquático. É imperioso manter em níveis aceitáveis a inevitável poluição que deste modo se provoca nos meios recetores. Por esta razão, são cada vez maiores os cuidados e exigências colocados nos processos de tratamento a que os efluentes são submetidos. Não se trata apenas do estrito cumprimento de valores regulamentares, mas principalmente da proteção da saúde pública e do meio ambiente.

A definição de um processo de tratamento de efluentes eficaz e adequado exige:

1. Análise detalhada das condicionantes locais (condições existentes e expectativas para o futuro);
2. Familiarização com experiências anteriores em condições comparáveis;
3. Conhecimento profundo da legislação local de descarga de efluentes.

Os principais poluentes presentes nas águas residuais são:

- A. Matéria orgânica;
- B. Nutrientes inorgânicos (azoto e fósforo);
- C. Os sais dissolvidos;
- D. Os sólidos suspensos e os sedimentáveis;
- E. Os hidrocarbonetos;

- F. Outras substâncias, algumas tóxicas para o tratamento por via biológica, como sejam: metais pesados, ácidos e bases inorgânicos, detergentes, pesticidas, compostos organo-halogenados⁴, compostos fenólicos, cianetos, etc.

O tratamento de efluentes é efetuado em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Os processos de tratamento utilizados nestas estações são usualmente divididos em dois grandes grupos: o **processamento da fase líquida** e o **processamento da fase sólida**. No tratamento da fase líquida são englobados todos os processos destinados a diminuir a carga poluente existente no efluente líquido. O tratamento da fase sólida procura reduzir a toxicidade dos resíduos sólidos – as **lamas** – resultantes do tratamento da fase líquida.

O projeto de uma ETAR não é apenas condicionado pelas características do efluente a tratar (caudal e carga poluente carregada) e pelos processos adotados para o tratamento; igualmente importante são também os fatores ambientais locais, destacando-se pela sua importância a necessidade de uma correta disposição (o *layout*) dos órgãos constituintes da ETAR no terreno disponível.

3.2 ETAPAS E MÉTODOS DE TRATAMENTO

Os métodos de tratamento utilizados nas ETAR são classificados em **operações** e **processos**. As operações atuam sobre o efluente exercendo ações puramente físicas. Os processos procedem à remoção dos contaminantes mediante reações químicas ou biológicas.

As etapas de tratamento, que se sucedem de forma ordenada, são: tratamento **preliminar**, tratamento **primário**, tratamento **biológico ou secundário** e tratamento **terciário**. Em casos especiais também podem existir: primário avançado (imediatamente após o tratamento primário), secundário com remoção de nutrientes (após o tratamento biológico ou secundário) e o tratamento avançado. Todas estas etapas estão descritas, sucintamente, na Tabela 2.

⁴ São compostos orgânicos provenientes dos hidrocarbonetos por substituição de um ou mais átomos de Hidrogênio de um hidrocarboneto por átomos de Halogênios. (Halogênios nome dado aos elementos químicos Flúor, Cloro, Bromo e Iodo).

Tabela 2 – Etapas de tratamento de águas residuais (Metcalf & Eddy, 2003; adaptado, em parte, de Crites and Tchobanoglous, 1998).

Etapa de tratamento	Descrição
Preliminar	Remoção de componentes existentes no efluente (em grelhas e/ou tamisadores), como trapos, paus, materiais flutuantes, areias e gorduras que podem causar problemas operacionais nos equipamentos, operações e processos de tratamento seguintes.
Primário	Remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica particulada existente nas águas residuais.
Primário avançado	Melhorar a remoção dos sólidos suspensos e da matéria orgânica das águas residuais, usualmente, por adição de produtos químicos ou filtração.
Biológico ou Secundário	Remoção da matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensão) e sólidos suspensos não sedimentáveis. A desinfecção final também é tipicamente usada no tratamento secundário convencional.
Secundário com remoção de nutrientes	Remoção de orgânicos biodegradáveis, sólidos em suspensão e nutrientes (azoto, fósforo ou azoto e fósforo).
Terciário	Remoção dos sólidos residuais em suspensão após o tratamento secundário, geralmente por filtração de sólidos de granulometria média ou microfiltração. A desinfecção também faz parte, normalmente, do tratamento terciário. A remoção de nutrientes é uma prática comum nesta etapa.
Avançado	Remoção de materiais dissolvidos e em suspensão após o tratamento biológico normal, quando o efluente final tratado se destina a situações particulares de várias aplicações de reutilização.

3.2.1 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar, designado também por **pré-tratamento**, é constituído por um conjunto de operações (Figura 5), realizadas por equipamentos mecânicos ou por ações da natureza (ação da força gravítica). Os principais objetivos são a remoção de sólidos grosseiros (usualmente por gradagem, com ou sem trituração dos retidos) e a remoção de areias (efetuada em desarenadores).

O tratamento preliminar é o primeiro tratamento a que o efluente é sujeito na ETAR; o local onde se efetua é habitualmente designado de **obra de entrada**. Assim sendo, pode dizer-se que a obra de entrada é o local onde ficam instalados o conjunto de órgãos do tratamento preliminar, no qual se incluem as grades, o tamisador, o desarenador e o desengordurador.

Estas operações garantem que, no interior da ETAR, o escoamento se dá nas condições de projeto e se protegem os processos que se irão desenvolver a jusante da obra de entrada, evitando avarias e desgaste precoce nos equipamentos.

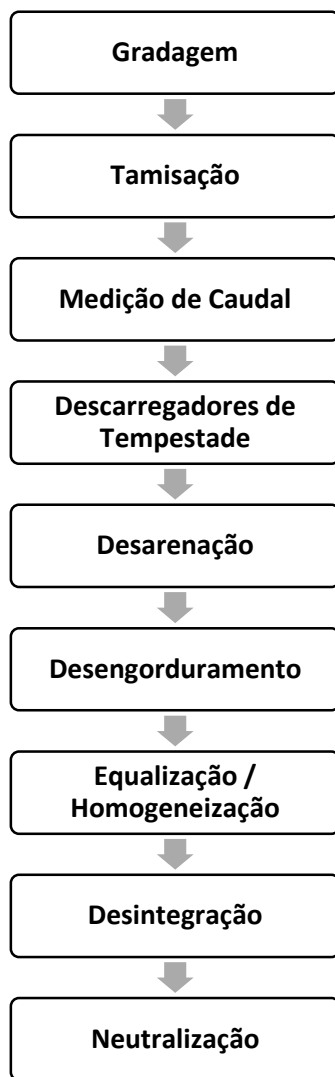


Figura 5 – Operações e processos incluíveis no tratamento preliminar.

3.2.1.1 Gradagem

A gradagem é uma operação destinada a remover os sólidos de maiores dimensões que se encontram em suspensão no efluente bruto que chega à ETAR. Esta operação é efetuada obrigando o efluente a passar através da câmara de grades. As grades têm a função de reter os sólidos de maiores dimensões, prevenindo os depósitos e obstrução dos canais, das condutas ou de outros órgãos e equipamentos (nomeadamente bombas) existentes a jusante. Assim sendo, a gradagem dá uma importantíssima contribuição para a eficiência dos processos de tratamento posteriores, pelo que deverá ser sempre

colocada à cabeça da ETAR. Os materiais removidos (plásticos, pedras, latas, madeira, papel, etc.) são designados por gradados.

As grades podem-se apresentar segundo malhas de orifícios retangulares ou circulares. A classificação da gradagem é feita em função da dimensão dos orifícios de malha e do tipo de limpeza utilizado.

Gradagem grossa

Os sólidos a remover na gradagem grossa têm dimensões compreendidas entre 6 e 150 mm. Se os sólidos acumulados na grade forem recolhidos manualmente, isso significa que a limpeza terá de ser efetuada por um operador munido de um ancinho. Se a recolha for mecânica então existem várias possibilidades de escolha: correntes deslocadoras, ancinhos raspadores e faixas de limpeza contínua.

Antes da gradagem deve haver um descarregador de tempestade para que seja assegurada a entrada apenas do caudal de dimensionamento. Também pode prevenir casos excecionais como a entrada de águas pluviais na rede em situações de chuvadas intensas ou uma descarga inopinada em alguma indústria. O descarregador de tempestade pode descarregar diretamente no meio recetor ou pode descarregar para um tanque de tempestade⁵ que armazena a água residual em excesso e posteriormente a reenvia para tratamento.

Relativamente aos órgãos, referidos anteriormente, utilizados em recolhas mecânicas tem-se:

- **Correntes deslocadoras**

Tal como o próprio nome indica, as correntes deslocam os sólidos retidos nas grades para fora do equipamento, podendo remover vários tipos de materiais (Figura 6). Este processo tem três sentidos de raspagem das correntes, ou seja, faz limpeza ascendente (pela frente), limpeza descendente (por trás) e por onde as correntes raspadores retornam, na parte inferior da grade. A grande desvantagem deste tipo de equipamento é a necessidade de manutenção da parte submersa, não sendo na atualidade muito utilizado.

⁵ Este tanque é geralmente usado em instalações municipais e a sua utilização fica dependente do meio recetor e do tipo, qualidade e extensão da rede de coleta.

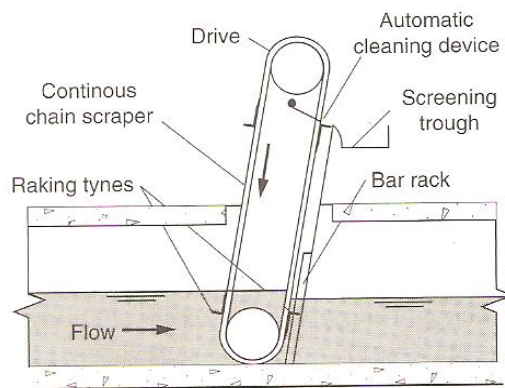


Figura 6 – Correntes deslocadoras (Metcalf & Eddy, 2003).

- **Ancinhos raspadores**

O ancinho desloca-se para o fundo da grade, prende-se a ela, e desloca-se no sentido ascendente arrastando os gradados sobre a grade até os remover (Figura 7). Uma vez que as peças de manutenção deste equipamento estão acima da superfície livre da água, este é facilmente inspecionado sem ser necessário esvaziar o canal onde a grade se encontra.

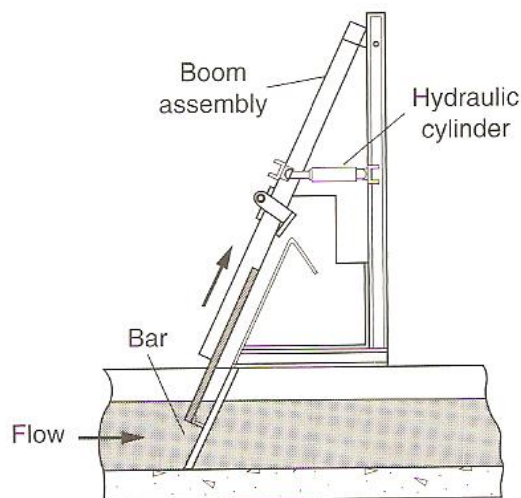


Figura 7 – Ancinhos raspadores (Metcalf & Eddy, 2003).

- **Faixas de limpeza contínua**

As faixas de limpeza contínua permitem remover continuamente sólidos de pequena ou grande dimensão que ficam retidos na grade (Figura 8). Podem ser construídas por cintas, em plástico ou aço inox. Este equipamento pode ser usado na limpeza de grades grossas ou finas, uma vez que prevê limpeza de barras de 0,5 a 30 mm.

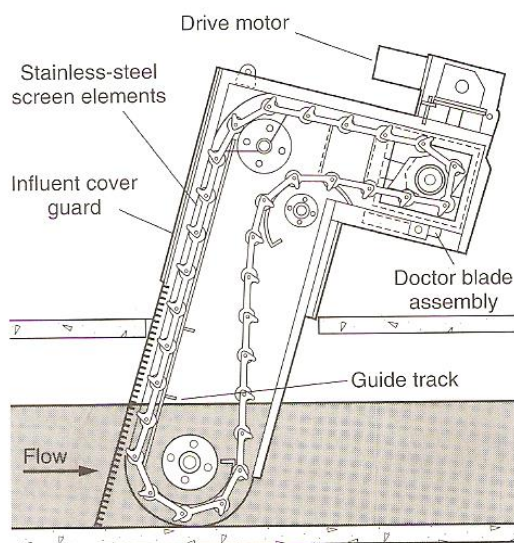


Figura 8 – Faixas de limpeza contínua (Metcalf & Eddy, 2003).

Dimensionamento das grades

O grau de remoção de partículas sólidas, a saúde e segurança dos operadores da ETAR, o potencial de produção de odores, as necessidades de armazenamento, o transporte dos gradados, a redução do teor em água e o destino final dos sólidos extraídos, são as principais considerações a ter no dimensionamento destes equipamentos.

Fatores a considerar:

- Velocidades do escoamento;
- Espaçamento entre barras;
- Perdas de carga;
- Manuseamento, armazenamento e destino final dos gradados;
- Controlo do processo.

Quando se instalam equipamentos de limpeza manual, a velocidade de aproximação deve ser limitada. Metcalf & Eddy (2003) recomenda a adoção de uma velocidade máxima de 0,6 m/s.

No caso de se instalar um sistema de limpeza mecânica, deve ser prevista a instalação de pelo menos duas unidades. Desta forma é possível proceder a paragens alternadas para limpeza e manutenção, sem que a gradagem deixe de ser efetuada. Caso se decida pela instalação de uma única unidade, então será imprescindível prever a existência de um *by-pass*, de modo a que o efluente possa continuar

a entrar na ETAR durante os períodos de inatividade da gradagem. Para o *by-pass* devem ser previstas grades com limpeza manual.

O dimensionamento do canal onde são colocadas as grades deve ser feito de modo a evitar que estas sofram os efeitos de sedimentações e de outras acumulações de sólidos. Deverão, portanto, ser definidos valores máximos e mínimos para a velocidade de aproximação às grades.

Deste modo, deve ser garantida uma velocidade de aproximação mínima e máxima de 0,3 m/s e 1,0 m/s respetivamente, para prevenir a colmatação das barras em caudais elevados. Deve ser garantida uma altura mínima do escoamento, estabelecida em função do tipo de sistema de limpeza considerado.

A velocidade é controlada através de descarregadores em canal aberto, de que são exemplo muito utilizados o canal *Parshall* e o canal *Venturi*.

Para as grades com limpeza mecânica deve ser prevista uma perda de carga máxima admissível, que, ao ser atingida, implique a imediata ativação de um ciclo de limpeza. Esta carga máxima admissível (altura do escoamento no canal) deverá ser criteriosamente especificada, nomeadamente tendo em consideração as características mínimas exigíveis para a linha de energia a jusante.

As perdas de carga em grades de limpeza mecânica devem ser limitadas a 150 mm, por controlo operacional, sendo recomendado um tempo aproximado de 15 min para o ciclo de limpeza, o qual poderá variar consoante as características do efluente.

As perdas de carga na gradagem grossa poderão ser estimadas de acordo com a equação seguinte:

$$h_L = \frac{1}{C} \times \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \quad (1)$$

Sendo,

h_L – Perda de carga, m.

C – Coeficiente empírico de descarga, tendo em conta a turbulência e perdas. Geralmente é igual 0,7 para barras limpas e 0,6 para barras obstruídas.

V – Velocidade de atravessamento, m/s.

v – Velocidade de aproximação, m/s.

g – Aceleração da gravidade, m/s².

A velocidade de aproximação não deve ser superior a 0,8 m/s, de modo a poder reter algum material sólido grosseiro. Nas grades manuais, por vezes limita-se a velocidade de passagem a 0,6 m/s.

Existem também valores de referência que poderão ser usados para o dimensionamento. Na Tabela 3 e na Tabela 4 estão apresentados valores típicos de dimensões para grades com limpeza manual ou mecânica.

Tabela 3 – Critérios típicos de dimensionamento de grades com limpeza manual ou mecânica (Metcalf & Eddy, 2003).

Parâmetro		Limpeza Manual	Limpeza Mecânica
Dimensão das barras	Largura (mm)	5 – 15	5 – 15
	Comprimento (mm)	25 – 38	25 – 38
Espaçamento entre barras (mm)		25 – 50	15 – 75
Inclinação com a vertical		30 – 45	0 – 30
Velocidade de aproximação (m/s)		0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Velocidade de atravessamento (m/s)		-	0,3 – 0,5
Perda de carga máxima (mm)		150	150 – 600

Tabela 4 – Valores típicos do espaçamento entre barras (adaptado: Metcalf & Eddy, 2003).

Tipo de grade	Tamanho	Espaçamento entre barras (mm)
Estáticas e inclinadas	Médio	0,25 – 2,5
	Grande	2,5 – 5
Tambor rotativo	Médio	0,25 – 2,5
	Fino	6 – 35(μm)
Raspadores horizontais	Médio	1,6 – 4

3.2.1.2 Tamisação

A tamisação é uma operação semelhante à gradagem, tem o mesmo objetivo e atua da mesma forma, ou seja permite a retenção de partículas sólidas presentes no efluente através da passagem do efluente por um crivo mecânico de malha apertada (metálica ou têxtil). Porém, os tamisadores apresentam espaçamentos entre barras com dimensão muito inferior aos utilizados na gradagem. Como tal, a tamisação retém partículas sólidas de dimensões reduzidas em relação às dimensões dos

sólidos retidos na gradagem. Esta operação é aplicada geralmente no tratamento preliminar após à gradagem, mas também pode estar presente no tratamento primário, secundário ou na lagunagem.

(exemplo de aplicação de tamisadores no tratamento secundário é da aplicação destes equipamentos antecedendo a filtração em membranas, nos reatores MBR, para a proteção destas.)

O tamisador é um equipamento constituído por filtros de grelha com orifícios de dimensão uniforme e de formas variadas, sendo as mais comuns a retangular e a circular. Pode-se optar por **tamisadores de malha fina** ou por **microtamisadores**, consoante a sua finalidade e a origem da água residual (diferentes origens da água residual levam a que esta transporte partículas sólidas de diferentes dimensões características).

Os tamisadores são particularmente úteis no tratamento primário de efluentes industriais com poucos poluentes, na remoção de algas em águas com baixos níveis de turvação ou resultantes de tratamento por lagunagem. Também são úteis para afinar a qualidade da água a jusante de uma filtração e reduzir a quantidade de sólidos em suspensão após tratamentos biológicos dos efluentes domésticos.

Este tipo de equipamento provoca perdas de carga bastante significativas, principalmente quando se pretende remover partículas muito pequenas, pelo que a sua utilização nas estações de tratamento deve ser bem ponderada.

A relação do caudal de efluente que passa nos tamisadores com o tamanho dos orifícios tem influência na sua eficiência. Quando um caudal elevado passa por orifícios de pequenas dimensões a eficiência da tamisação é menor porque provoca a colmatação da grelha num curto período de tempo. Por isso é importante prever o correto dimensionamento deste equipamento, assim como a existência de dispositivos de limpeza adequados: escovas (manuais ou automáticas), dispersores, e jatos de ar ou água.

3.2.1.2.1 Tamisadores de malha fina – Gradagem fina

A gradagem fina pode ser aplicada de duas formas: grades normais de malha fina (semelhantes às grades de gradagem grossa) e tamisadores de malha fina.

As grades de malha fina são aplicadas quando as perdas de carga não constituem um problema, e também são usadas como tratamento primário de caudais de efluentes na ordem dos $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$. As perdas de carga na grade podem variar entre 0,8 e 1,4 m.

Os tamisadores de malha fina (gradagem fina) podem ser classificados como de tambor rotativo, estáticos, vibratórios ou do tipo *Step*.

Tabela 5 – Tipos de tamisadores.

Tipos de tamisadores	Características
Estático	<ul style="list-style-type: none"> • Necessitam de áreas de instalação razoáveis. • Limpeza frequente (uma a duas vezes por dia com jatos de pressão). • Geralmente utilizados em pequenas instalações. • Dimensões dos orifícios: 0,2 a 1,2 mm. • Aplica-se a caudais: 0,0067 a 0,02 m²/s. • Perdas de carga entre: 1,2 e 2 m.
Tambor rotativo	<ul style="list-style-type: none"> • Constituído por um cilindro que roda sobre um canal por onde passa o efluente. • Retenção de partículas em suspensão e flutuantes. • Colocação de 1/3 a 2/3 do cilindro submerso na água garantindo um nível de água constante na secção. • Aplica-se a caudais: 0,03 a 0,8 m³/s por grade (retidos no interior) e < 0,13 m³/s (removidos no exterior). • Diâmetros do tambor: 0,9 a 2 m. • Comprimentos do tambor: 1,3 a 4 m. • A lavagem é efetuada continuamente por jatos de alta pressão. • Retenção dos sólidos: 10 a 80% (média de 50%).
Step	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicadas no processamento da fase líquida (tratamento de águas residuais) e no processamento da fase sólida (tratamento de lamas primárias e de lamas digeridas). • Utilizam lâminas (grelhas) que retêm os sólidos em suspensão. • Lâminas em forma de escada (uma fixa e outra móvel, movidas alternadamente degrau a degrau para a parte superior). • Movimento das lâminas é circular (permitindo efetuar a sua autolimpeza) • Espaçamento entre as lâminas: 1 a 6 mm.
Vibratório	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo mecânico que induz vibração na malha (melhor separação dos materiais sólidos).

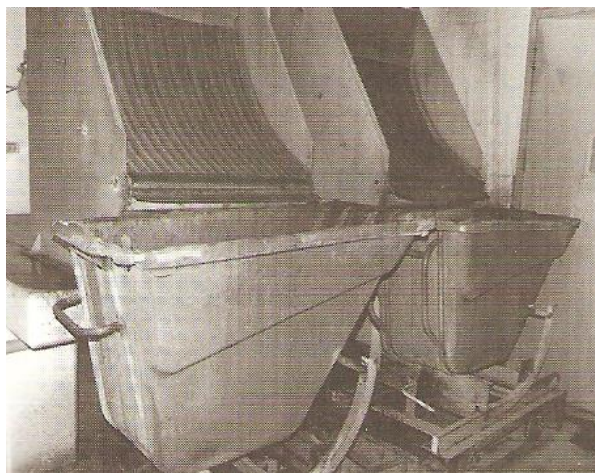


Figura 9 – Tamisador típico de gradagem fina: estático (Metcalf & Eddy, 2003).



Figura 10 – Tamisador típico de gradagem fina: tambor rotativo (Metcalf & Eddy, 2003).



Figura 11 – Tamisador de gradagem fina: *step* (Metcalf & Eddy, 2003).

3.2.1.2.2 Microtamisação

Os microtamisadores permitem a retenção de partículas muito pequenas (< 50 µm). Podem ser usados como primeiro equipamento de tratamento (no caso do tratamento de águas para abastecimento quando as concentrações de sólidos são reduzidas), como substituição do tratamento primário⁶ e como complemento do decantador no processo de remoção dos sólidos em suspensão existente no efluente do tratamento secundário. No tratamento de águas residuais está frequentemente instalado logo a seguir ao decantador, servindo por exemplo para a produção de água de processo. Os orifícios destes equipamentos têm dimensões compreendidas entre 10 a 35 µm.

O comportamento dos microtamisadores varia em função das características do efluente. Para efeito de dimensionamento destes órgãos os aspetos mais importantes a considerar são: as características e concentração de SS; e a tendência para a floculação. O projeto de um microtamisador também deve especificar os critérios de lavagem e limpeza a adotar. Estes equipamentos são escolhidos, geralmente, em catálogo considerando todos os aspetos referidos anteriormente.

3.2.1.2.3 Dimensionamento do tamisador

Na unidade de tratamento devem existir, no mínimo, dois tamisadores. Deve ser previsto um ponto de água nas proximidades dos tamisadores para que se possa efetuar a sua limpeza periódica.

Os tamisadores podem ser escolhidos de acordo com os parâmetros fornecidos nas tabelas dos fabricantes ou por aplicação da equação (2). Neste último estabelece-se um limite máximo de perda de carga que deve ser cumprido pelo tamisador (em regra este valor não deve ser superior a 2 m) (Metcal & Eddy, 2003; Monteiro, 2001).

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \quad (2)$$

Sendo,

h_L – Perda de carga, m.

⁶ A utilização de microtamisadores como substituição de Tratamento Primário apenas acontece em alguns efluentes industriais (por exemplo galvanoplastias ou cromagens), em que a água residual irá sofrer um tratamento físico-químico posterior.

C – Fator de grelha, o valor típico para uma grelha limpa é 0,60.

g – Aceleração da gravidade, 9,81 m/s².

Q – Caudal afluyente ao tamisador, m³/s.

A – Área total dos orifícios atravessados pelo escoamento, m².

Os fatores C e A devem ser indicados pelo fabricante ou determinados experimentalmente.

O tamanho e a quantidade de sólidos presentes no efluente, bem como a dimensão dos orifícios e o período de limpeza, são aspetos que influenciam a perda de carga durante o funcionamento do tamisador. Deverá, portanto, ser previsto um sistema (em princípio automático) que detete, em permanência, a perda de carga real no tamisador. A limpeza deverá ser desencadeada quando esta perda de carga for superior à perda de carga admitida no projeto.

3.2.1.3 Medição de caudal

A medição de caudais circulantes é condição essencial para uma correta operação de uma ETAR. Esta medição é efetuada por recurso a medidores de caudal (atualmente sempre automatizados) criteriosamente colocados no circuito hidráulico. Na obra de entrada é sempre colocado um dispositivo deste tipo – no qual se mede o caudal afluyente à ETAR – razão pela qual se inclui este tema no presente capítulo.

Existem vários tipos de medidores de caudal que deverão ser selecionados, não apenas em função dos valores característicos (máximos e mínimos) do caudal a medir, mas também em função do local em que irão ser instalados (canais abertos, condutas em pressão ou condutas gravíticas). Nos canais abertos são usados medidores ultrassónicos associados a soleira *Parshall* ou *Venturi*; nestes dispositivos o parâmetro medido é a altura de escoamento a montante do medidor. Para o caso de medidores instalados em condutas sob pressão ou condutas com escoamento gravítico utilizam-se outros tipos de medidores: eletromagnéticos, ultrassónicos ou deprimogéneo (Figura 12, Figura 13 e Figura 14, respetivamente).

A seleção do tipo de medidor a implementar é sempre uma questão que é relevada para segundo plano, pois do ponto de vista do projeto apenas “interessa” saber qual o valor do caudal. No entanto, do ponto de vista da exploração, a fiabilidade do sistema de medição de caudal é um dos aspetos mais importantes, é deste que está dependente todo o equilíbrio económico do empreendimento. Uma boa ajuda para a seleção deste tipo de equipamentos é o manual do LNEC – “Medição de Caudal em

Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Água Residuais Urbanas” de José Duarte Henriques, João Carlos Pires da Palma e Álvaro Silva Ribeiro.

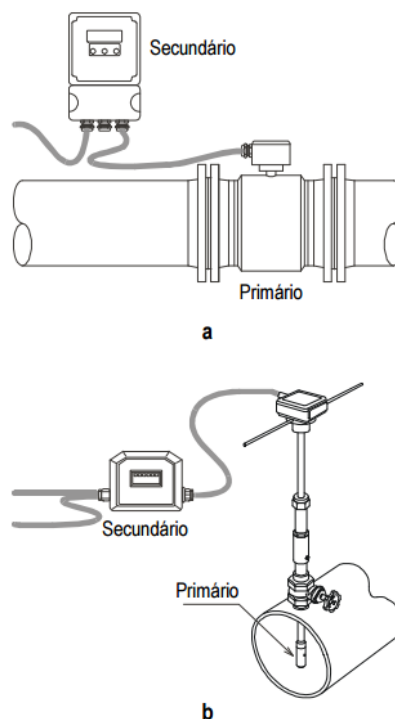


Figura 12 – Caudalímetro eletromagnético: a – tubular; b – de inserção (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).

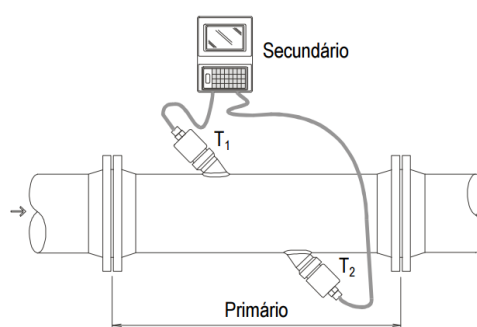


Figura 13 – Caudalímetro ultrassónico tubular de trajeto único e transmissão direta (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).

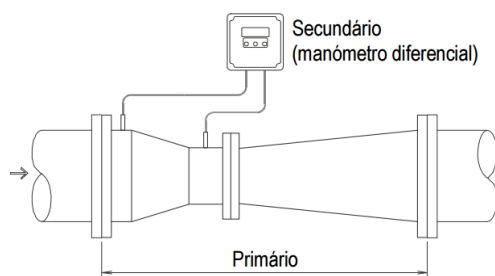


Figura 14 – Caudalímetro deprimogéneo (Henriques, Palma e Ribeiro, 2006).

3.2.1.4 Descarregadores de tempestade e *by-pass*

Os descarregadores de tempestade são órgãos que possibilitam o desvio, para o exterior da ETAR, dos caudais que ultrapassem a capacidade estimada para os órgãos de tratamento a jusante, e o controlo da velocidade do escoamento.

Um *by-pass* é utilizado para desviar os caudais de órgãos nos quais se pretendem efetuar tarefas de manutenção ou de reparação. Assim sendo, um descarregador de tempestade pode sempre ser encarado como um *by-pass* ao sistema de tratamento.

3.2.1.5 Desarenação

A desarenação é uma operação que tem como objetivo a remoção dos materiais inorgânicos que tenham passado pelos equipamentos de gradagem e tamisação (por exemplo: areias, gravilhas e matérias sólidas de grande densidade).

Esta operação de sedimentação ocorre num órgão denominado desarenador. O desarenador é geralmente instalado imediatamente a jusante das grades. O material removido é concentrado num ciclone, classificado e lavado, de modo a que seja retirado todo o material orgânico (grãos de café, cascas de ovo, sementes, etc.) presente (Monteiro, 2004).

A remoção deste material inorgânico permite: proteger os equipamentos/sistemas mecânicos de abrasões e obstruções; reduzir a formação de depósitos em tubagens, canais e condutas; e reduzir a frequência de manutenção e limpeza de tanques de sedimentação, unidades de arejamento e digestores (Ariscrinã, 2012, que cita Metcalf & Eddy, 2003).

Davis, 2010, citado por Ariscrinã, 2012 classifica a sedimentação em três tipos: sedimentação de partículas discretas (Tipo I); sedimentação Floculenta (Tipo II); e sedimentação por zonas (Tipo III). Na Tabela 6 esta classificação está resumidamente descrita.

Tabela 6 – Tipos de sedimentações e aplicações (Ariscrinã, 2012, adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).

Tipos de sedimentação	Descrição	Aplicação/Ocorrência
Tipo I (Discreta)	As partículas sedimentam de forma individual a uma velocidade constante e não ocorre integração significativa com as partículas vizinhas.	Remoção de areias (cascalhos, metais, vidros, etc) e partículas da água residual.
Tipo II (Floculenta)	As partículas aglomeram-se durante a sedimentação, aumentando de tamanho e sedimentam-se com velocidades superiores (suspensões diluídas).	Remoção de SST em sedimentadores primários e na superfície de sedimentadores secundários.
Tipo III (Por zonas)	As partículas tendem a permanecer numa posição fixa em relação às partículas vizinhas e sedimentam-se com uma massa única de partículas (suspensões concentradas).	Ocorre em sedimentadores secundários associados a sistemas de lamas ativadas.

De um modo geral, a sedimentação ocorre no Tratamento Preliminar para a remoção de areias. Neste caso, as partículas sedimentam individualmente – Tipo I (Ariscrinã, 2012, que cita Davis, 2010).

3.2.1.5.1 Classificação dos desarenadores

A escolha do tipo de desarenador a aplicar numa determinada situação depende de vários fatores, como de seguida se apresenta:

- a) Quantidade e características dos materiais presentes no efluente, bem como os seus impactos para os componentes a jusante;
- b) Perdas de carga introduzidas;
- c) Espaço disponível;
- d) Eficiência de remoção;
- e) Custos associados à instalação do órgão e à sua exploração.

Os principais tipos de desarenadores estão representados no esquema seguinte:

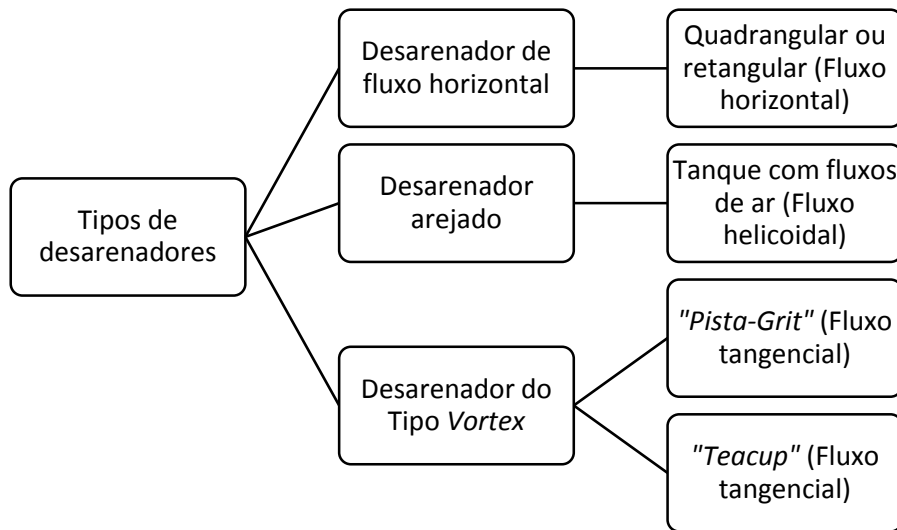


Figura 15 – Tipos de desarenadores.

- **Desarenador Gravítico (fluxo horizontal)**

O desarenador gravítico é constituído por um, ou mais, canais paralelos para sedimentação, cada um deles de base quadrangular ou retangular, no fundo do qual as partículas sólidas se depositam por ação da gravidade (sedimentação).

O efluente entra no desarenador de modo a que as linhas de fluxo sejam paralelas entre si e percorre-o com uma velocidade que deve permitir que as partículas sedimentáveis se depositem no fundo, sem serem arrastadas pelo fluxo. No interior do tanque é usual prever uma velocidade horizontal de 0,3 m/s (Metcalf & Eddy, 2003; Monteiro, 2004).

As partículas depositadas no fundo do tanque são removidas por mecanismos de sucção (*air lift* ou bombagem) ou de modo manual. As areias recolhidas são submetidas a lavagem e separação de eventuais vestígios de matéria orgânica, de modo a obter um resíduo limpo e seco.

No dimensionamento do desarenador considera-se, usualmente, que as partículas a serem removidas têm um diâmetro maior ou igual a 0,21 mm. A altura do canal relaciona-se com a profundidade necessária para a sedimentação das partículas, tendo em conta a velocidade de sedimentação, sendo a área de secção dependente do caudal efluente e do número de canais de sedimentação (Metcalf & Eddy, 2003; Monteiro, 2004).

Na Tabela 7 são apresentados alguns valores típicos de dimensionamento dos desarenadores gravíticos (fluxo horizontal).

Tabela 7 – Valores típicos de dimensionamento de desarenadores gravíticos e de fluxo horizontal (Metcalf & Eddy, 2003).

Parâmetro	Unidades	Intervalo	Valor típico
Tempo de retenção	s	45 - 90	60
Velocidade horizontal	m/s	0,25 – 0,4	0,3
Velocidade de sedimentação para a remoção de partículas com:			
Diâmetro de 0,21 mm	m/min	1,0 – 1,3	1,15
Diâmetro de 0,15 mm	m/min	0,6 – 0,9	0,75
Perda de carga na secção de controlo (Canal de Parshall)	% (da profundidade no canal)	30 – 40	36
	% (da profundidade no canal)	25 – 50	30

- **Desarenador arejado**

Estes desarenadores são constituídos por tanques providos de um sistema de arejamento destinado a injetar na massa líquida um caudal de ar capaz de lhe provocar, ao longo do canal, um escoamento helicoidal. Desta forma pretende-se garantir que apenas os sólidos mais densos (as areias) se depositem no fundo do tanque. As partículas mais leves (orgânicas) mantêm-se suspensas no fluido.

Quando o efluente é de origem industrial a utilização deste equipamento exige um cuidado especial, já que poderá ocorrer a libertação de compostos voláteis que coloquem em risco a saúde dos operadores.

As areias removidas no desarenador têm dimensões iguais ou superiores a 0,21 mm com tempos de retenção de 2 a 5 min. Os difusores de ar são normalmente colocados de 0,45 a 0,6 m do fundo (Metcalf & Eddy, 2003; Monteiro, 2004).

Tabela 8 – Valores típicos de dimensionamento de desarenadores arejados (com e sem desengorduramento incluído), (Metcalf & Eddy, 2003).

Parâmetro	Gama	Média
Profundidade (m)	2 – 5	
Comprimento (m)	7,5 – 20	
Largura (m)	2,5 – 7	
Largura/Profundidade	1:1 – 5:1	1,5:1
Comprimento/Largura	3:1 – 5:1	4:1
Tempo de retenção (Q_{ponta}) (min) (desar.)	2 – 5	6
Tempo de retenção (Q_{ponta}) (min) (deseng.)	8 – 15	10
T. A. S (Q_{ponta}) ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$) (desar.)	20 – 30	25
T. A. S (Q_{ponta}) ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$) (deseng.)	35 – 45	40
Quantidade de ar ($\text{m}^3/\text{min}/\text{m}$)	0,20 – 0,50	0,50
Tipo de difusores	Bolha média a grossa	
Velocidade de passagem (m/s)	< 0,1	
Produção de areia ($\text{m}^3/10^3\text{m}^3$)	0,004 – 0,2	0,015

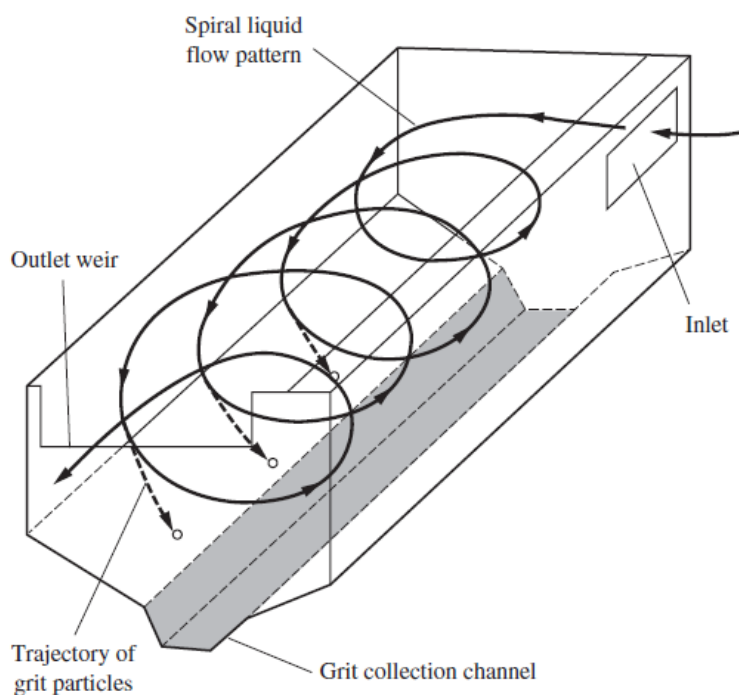


Figura 16 – Exemplo de um tanque arejado (Metcalf & Eddy, 2003; Ariscrisnã, 2012).

- **Desarenador do Tipo Vortex**

Tal como os outros tipos de desarenadores, o desarenador do tipo *Vortex* tem como principal objetivo a separação das partículas orgânicas das partículas inorgânicas do efluente. Por esta razão é que se recorre a movimentos em espiral em torno de um centro de rotação (fluxo em vórtice) que permite a separação dos sólidos de densidade superior à da água.

A perda de carga é um parâmetro relevante, uma vez que esta aumenta significativamente para partículas muito finas. Como tal, deve-se ter em consideração o tamanho das partículas a remover.

Geralmente, os desarenadores do tipo *Vortex* são dimensionados para caudais máximos de 0,3 m³/s (Metcalf & Eddy, 2003).

Existem dois tipos de equipamentos que realizam esta operação mas que atuam de forma, ligeiramente, diferente: o *Pista-Grit* e o *Teacup*.

No *Pista-Grit*, o efluente entra e sai, tangencialmente, a uma velocidade uniforme ajustada para a separação das partículas. As partículas orgânicas sedimentam graviticamente num saco, e as partículas inorgânicas (sólidos) são removidos por uma bomba ou *air-lift* (injeção de ar comprimido e aspiração do material).

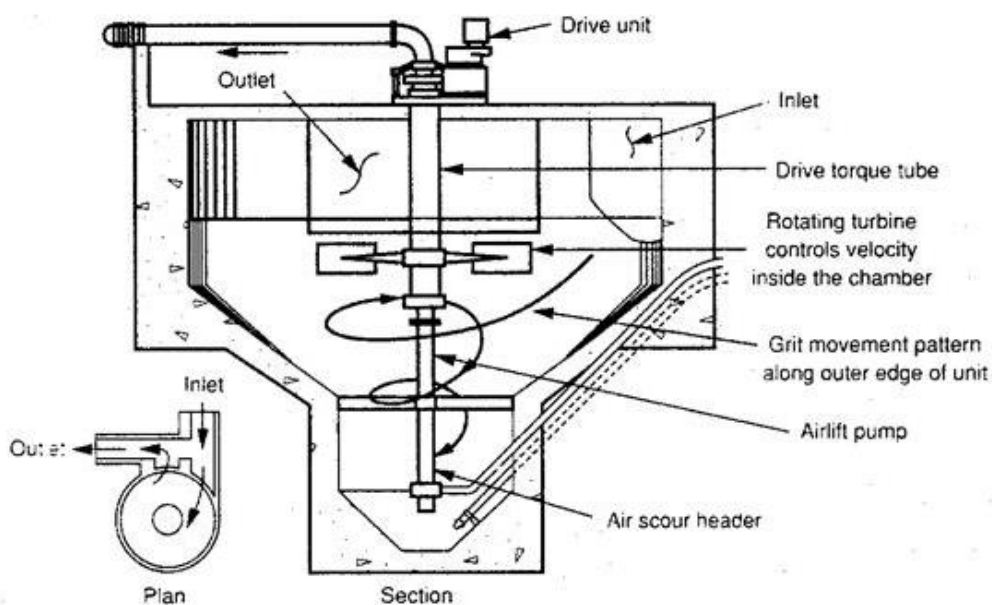


Figura 17 – Desarenador do Tipo *Vortex* (*Pista-Grit*), (Metcalf & Eddy, 2003).

No *Teacup* o efluente entra tangencialmente no topo do equipamento e sai por um cilindro rotativo existente no centro da parte superior do desarenador. As partículas sólidas sedimentáveis são

removidas pelo fundo por transportadores de cintas e as orgânicas são arrastadas no efluente (Metcalf & Eddy, 2003; Monteiro, 2004).

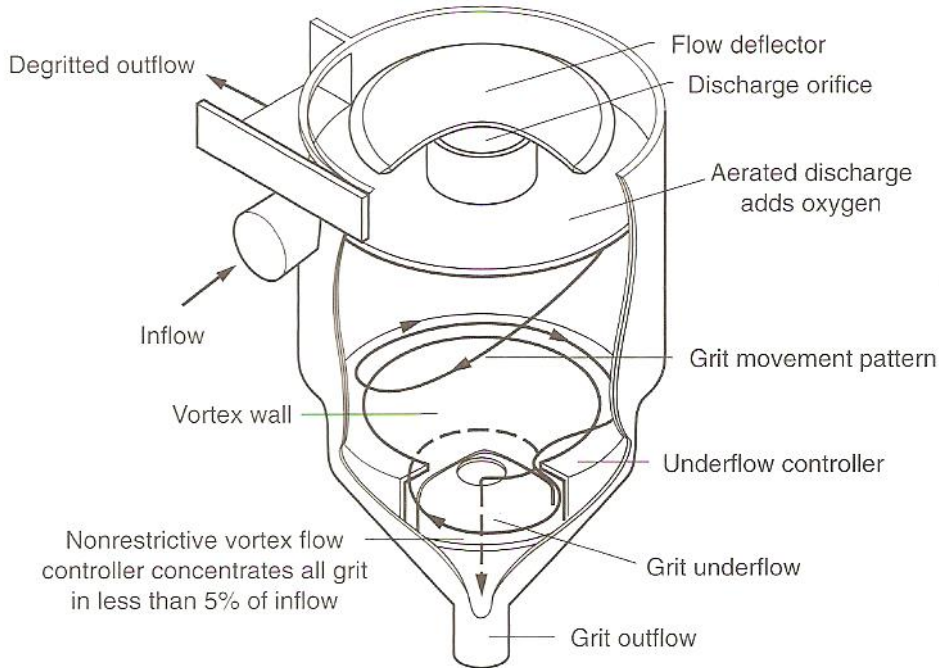


Figura 18 – Desarenador do Tipo Vortex (Teacup), (Metcalf & Eddy, 2003).

3.2.1.5.2 Dimensionamento do desarenador

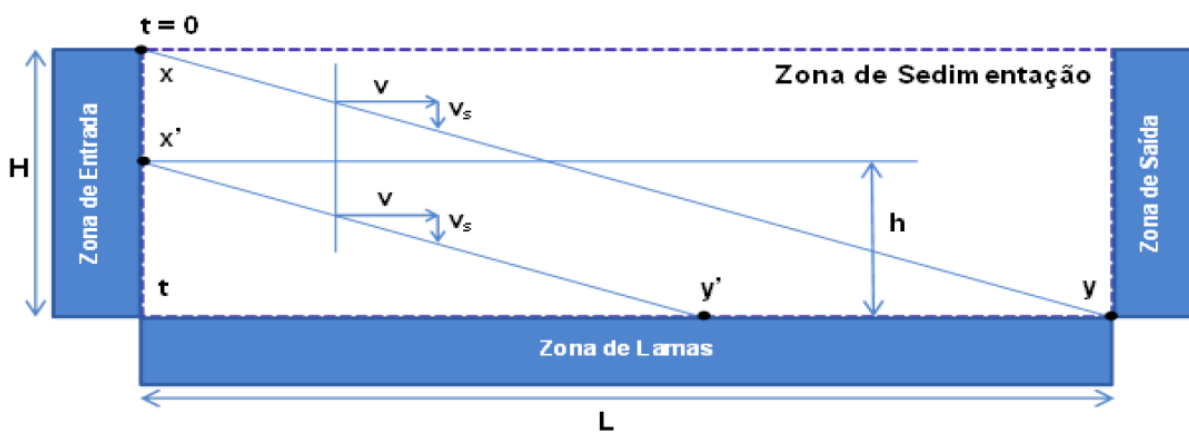


Figura 19 – Diagrama de um tanque ideal de sedimentação (Ariscrisnã, 2012).

Na zona de entrada assume-se que as partículas entram uniformemente distribuídas em toda a secção transversal. Na zona de sedimentação, tal como o nome indica, ocorre a sedimentação das partículas,

assumindo-se que as partículas são removidas quando atingem o fundo do desarenador. Na zona de saída faz-se a recolha do efluente antes de ser enviado para as unidades de tratamento seguintes, sendo possível o aparecimento de partículas não removidas. Na zona de lamas ocorre a remoção das lamas, ou seja, a remoção do material sedimentado no fundo do desarenador (Ariscrinã, 2012).

Considerações a ter no dimensionamento dos desarenadores:

- Velocidade de sedimentação, V_s , sendo esta caracterizada pelas propriedades físicas das partículas: densidade, dimensão, forma;
- Remoção de partículas de diâmetro com 0,21 mm;
- Tempo de retenção 2 a 5 minutos.

Lei de Stokes:

A Lei de Stokes baseia-se no princípio de que uma esfera, ao cair no seio de um fluido, está sujeita à atuação de duas forças de sinal contrário: a resistência, R_f , devida à viscosidade do fluido, e a força da gravidade, R_g .

$$V_s = \frac{2 r^2 g (\rho_p - \rho_f)}{9 \eta} \quad (3)$$

$$R_f = 6 \pi r \eta v \quad (4)$$

$$R_g = 4 \pi r^3 (\rho_p - \rho_f) g \quad (5)$$

Sendo,

V_s – Velocidade de sedimentação das partículas, m/s;

r – Raio de Stokes da partícula, m;

g – Aceleração da gravidade, m/s²;

ρ_p – Densidade das partículas, kg/m³;

ρ_f – Densidade do fluido;

η – Viscosidade dinâmica do fluido, N.s/m²

v – Velocidade da partícula, m/s.

Equação de Newton:

$$V_p = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \left(\frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_f} \right) d_p}$$

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (6)$$

$$Re = \frac{V_p d_p}{\nu}$$

Sendo,

V_p – Velocidade final da partícula, m/s;

C_d – Coeficiente de arrastamento;

d_p – Diâmetro das partículas, m;

Re – Número de *Reynolds*;

ν – Velocidade cinemática, m²/s.

Tempo de Retenção Hidráulico:

$$t_{RH} = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

Sendo,

t_{RH} – Tempo de retenção hidráulico, s;

V – Volume útil do desarenador, m³;

Q – caudal que aflui ao desarenador, m³/s.

Movimento Uniformemente Variado:

$$S = S_0 + V_0 t \quad (8)$$

Sendo,

S – Distância percorrida, m;

S_0 – Distância inicial, m;

V_0 – Velocidade de sedimentação das partículas (velocidade horizontal), m/s;

t – Tempo de retenção hidráulico, s.

Esta equação permite chegar à velocidade de sedimentação das partículas e, depois, obter o comprimento mínimo que o desarenador deve ter.

Admitindo-se a altura, obtém-se o comprimento e através do tempo de retenção hidráulico consegue-se o volume e conseqüentemente a largura do órgão.

Estas fórmulas são válidas apenas para os desarenadores de fluxo horizontal. No caso dos desarenadores que utilizam o efeito da densidade (Tipo *Vortex*), a fórmula de Newton é a que deve ser aplicada.

Os valores típicos para o dimensionamento de desarenadores de fluxo horizontal são os mencionados na Tabela 7.

3.2.1.6 Desengorduramento

O desengorduramento tem como objetivo a remoção dos óleos e gorduras presentes no efluente. A presença destes compostos pode interferir nos processos de tratamento físico e/ou biológico, bem como prejudicar fortemente o meio recetor (aquele onde é descarregado o efluente final).

Esta remoção é frequentemente conseguida por processo meramente gravítico. Porém, as características do efluente poderão exigir a aplicação de outras técnicas, nomeadamente: a) aquecimento do efluente; b) destilação e tratamento químico seguido de centrifugação; c) filtração ou ultrafiltração. Face ao exposto resulta evidente que o desengorduramento poderá constituir uma operação e/ou um processo.

Embora se possam utilizar estas técnicas para remoção de gordura, as mesmas só serão aplicadas no caso do efluente em causa apresentar uma grande vantagem económica na utilização destes métodos para remoção da gordura. Esta deve ser removida do efluente e tratada separadamente porque: a) como flota, impede o arejamento superficial do efluente; b) e como se tratam de cadeias orgânicas longas, necessitam primeiro de uma hidrólise e só depois podem ser digeridas.

O desengorduramento pode ocorrer num órgão dedicado (o desengordurador) ou em conjunto com a desarenação (desengorduradores/desarenadores, ver Tabela 8). Em ambos os casos a remoção dos óleos e gorduras é feita pelo topo do órgão.

Os desengorduradores são sempre equipamentos em que a velocidade do escoamento é baixa. É muito frequente a insuflação de ar a partir de difusores colocados no fundo do órgão, de modo a favorecer a deslocação das gorduras até à superfície. Normalmente, existe uma ponte rapadora, com raspadores superficiais ou rotativos, que transporta os óleos e gorduras para o exterior.

As gorduras retiradas no desengordurador são encaminhadas para um concentrador de gorduras. Este órgão não necessita de nenhum tipo de dimensionamento especial; apenas é necessário que tenha volume adequado à quantidade de gorduras nele depositadas.

Relativamente ao dimensionamento deste equipamento será importante considerar os seguintes fatores:

- Características dos óleos e gorduras afluentes á ETAR;
- Tipo de equipamento a utilizar;
- Capacidade hidráulica da unidade;
- Configuração do fluxo; trajeto entre a entrada e a saída do fluxo no equipamento.
- Facilidade de limpeza e manutenção (manual ou automático).

Uma vez que as características dos óleos e gorduras podem variar significativamente, será aconselhável a realização ensaio laboratoriais.

A autora deste texto não encontrou, na bibliografia consultada, qualquer expressão credível para o dimensionamento destes equipamentos. Parece ser prática generalizada deixar o dimensionamento a cargo dos fornecedores dos equipamentos, mediante prévia caracterização do efluente a tratar.

Como se tratam de equipamentos que têm uma grande influência no desenvolvimento do dimensionamento das etapas seguintes, e como estes valores vêm sobretudo da experiência de operação e dimensionamento, estes mesmos valores não são muito divulgados. No entanto, existem

algumas publicações relativas a reatores de gorduras, por exemplo: CEMAGREF, em que são dadas pistas para o dimensionamento de desgorduradores arejados.⁷

3.2.1.7 Equalização/Homogeneização

A equalização e homogeneização são operações que têm como objetivo regular os caudais e as concentrações dos poluentes, ao mesmo tempo que atenua eventuais flutuações de temperatura do efluente. Desta forma, melhora-se a eficiência dos tratamentos subsequentes, facilitando também a operação da ETAR.

Esta operação ocorre nos tanques de equalização/homogeneização e obriga a que estes tenham uma capacidade de retenção adequada aos objetivos atrás referidos. De acordo com Monteiro (2004), o tempo de retenção utilizado é geralmente igual a 24 horas. O dimensionamento dos tanques passa pela determinação do volume necessário, dos requisitos de mistura e arejamento e do controlo de fluxo.

Os tanques poderão ser de nível constante e descarga variável – recomendados para variações mínimas de caudal – ou de nível variável, indicados para as situações em que possam ocorrer variações de caudais significativas (Monteiro, 2004).

A determinação do volume do tanque de equalização é feita a partir das variações de caudal existentes (dias, horas ou turnos) feitas, geralmente, por ciclos de 24 horas. Desta forma, é possível descrever melhor a variação do efluente, tendo em atenção a veracidade dos dados disponibilizados pois deverão ser os mais recentes uma vez que o fluxo varia de dia para dia, assim como a variação da população. Posto isto, é necessário considerar a infiltração e o aumento das águas pluviais em dias de tempestade, estabelecendo um critério que garanta um volume suficiente para equalização (Monteiro, 2004).

Os métodos mais utilizados para se estimar os volumes do tanque de equalização são:

- **Balanço de Caudais:**

O volume do tanque é determinado de forma a acomodar o volume de caudal afluente ao longo do tempo de retenção adotado. No caso de existir bombagem, por bombas submersíveis, do tanque para

⁷ Note-se que quando se apresentam órgãos específicos para o desgorduramento, são os DAF (*dissolved air flotation*) e CAT (*cavitation air flotation*). O dimensionamento destes últimos também têm em consideração a experiência mas sobretudo o tipo de gordura a remover.

jusante, então este volume deverá ser multiplicado por 1,2 a 1,25. Desta forma se procura garantir que as bombas se encontrarão sempre submersas.

- **Balanco de Concentrações:**

Obriga a uma caracterização estatística das concentrações de poluentes existentes no efluente. A partir da adoção de uma variância da concentração à saída do tanque é possível calcular o tempo de retenção desde que seja conhecida a variância da concentração à entrada do tanque. Este balanço apenas é requerido quando existe a necessidade de homogeneização.

3.2.1.8 Desinfecção e neutralização

A neutralização é um tratamento químico que permite corrigir a alcalinidade ou a acidez, de modo a tornar o pH próximo de 7. Este processo, que ocorre em tanques de neutralização, tem como objetivo diminuir a agressividade dos efluentes, reduzindo assim a capacidade de corrosão dos materiais e criando um ambiente favorável ao crescimento dos microrganismos.

Os três métodos de neutralização são – ver Monteiro (2004):

- Neutralização de efluentes ácidos, usualmente utilizando como bases carbonato de cálcio, óxido de cálcio, hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio e carbonato de sódio.
- Neutralização de efluentes alcalinos, usualmente utilizando como ácidos o ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido nítrico e ácido carbónico.
- Neutralização por mistura de efluentes ácidos com efluentes alcalinos.

3.2.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário tem como objetivos a remoção de uma percentagem significativa⁸ dos sólidos sedimentáveis em suspensão e cumulativamente a redução da carga orgânica⁹ do efluente à entrada do tratamento secundário. Os processos e operações utilizados no tratamento primário são apresentados na Figura 20.

⁸ De acordo com Monteiro (2004) esta redução é sempre superior a 50%.

⁹ De acordo com Monteiro (2004), procuram-se reduções de CBO₅ mínimas de 20%. Metcalf & Eddy (2003) indicam, para esta redução, valores desejáveis entre 25% e 40%.



Figura 20 – Operações e processos incluíveis no tratamento primário.

Chama-se a atenção do leitor para o facto de que, no âmbito do Estágio Curricular objeto deste Relatório, não foi abordado o dimensionamento do Tratamento Primário.

3.2.2.1 Pré-arejamento

O arejamento é a operação que garante o fornecimento do oxigénio necessário para evitar a ocorrência de condições propícias à anaerobiose. As condições anaeróbias são indesejadas nesta fase do tratamento porque podem promover a formação e libertação de compostos gasosos que arrastam a matéria sólida em suspensão, impedindo assim a sua correta sedimentação.

Para promover o arejamento do efluente são utilizados difusores de ar, arejadores mecânicos ou sistemas de utilização de oxigénio puro. Estes arejadores podem ser colocados à superfície ou submersos, consoante o tipo de sistemas utilizado.

O dimensionamento dos sistemas de pré-arejamento não será abordado neste relatório, dado que não foram efetuados pela autora, no âmbito do projeto que acompanhou no decurso do seu estágio curricular, estes estudos.

3.2.2.2 Coagulação

A coagulação tem como objetivo a agregação das partículas coloidais que existam em suspensão no efluente, desestabilizando-as. Este fenómeno ocorre numa câmara de mistura rápida e é promovido pela adição de reagentes químicos (coagulantes) ao efluente. Seguidamente, são apresentados alguns elementos extraídos fundamentalmente de Monteiro (2004), complementados com informação proveniente de Metcalf & Eddy (2003).

3.2.2.2.1 Mecanismos de Coagulação

- **Coagulação eletrostática:**

É um mecanismo relacionado com as forças de repulsão e atração. Trata-se da adição de cations e anions inorgânicos de modo a provocar um aumento da força iónica.

- **Absorção e neutralização da carga:**

Refere-se à absorção de cations à superfície das partículas durante o processo de coagulação, neutralizando as cargas e diminuindo a espessura da dupla camada. Como nem todos os ions são absorvidos pelas partículas, resulta deste processo um aumento da força iónica do meio e do efeito de neutralização de cargas.

- **Retenção num precipitado:**

As partículas captadas ficam retidas num precipitado de formação rápida. A dosagem de precipitante será tanto maior quanto menor for a concentração de partículas.

- **Absorção das partículas carregadas negativamente por polímeros:**

As partículas são absorvidas por polímeros (moléculas orgânicas) e ligações inter-partículas. O tipo de polímero depende do meio em que vai atuar: poderão ser utilizados polímeros aniónicos, cationicos, não-iónicos e anfotéricos.

3.2.2.2.2 Tipos de coagulantes

Os tipos de coagulantes mais utilizados são:

- Cal hidratada;
- Sais de alumínio e de ferro;
- Produtos sintéticos (ex.: polieletrólitos cationicos).

Na escolha do tipo de coagulante a utilizar deve-se ter em consideração os seguintes fatores:

- Preço;
- Dosagem;
- Preparação;
- Quantidade.

3.2.2.3 Mistura e floculação

A floculação tem como objetivo a formação de flocos com dimensão e peso suficientes para uma boa sedimentação. Esta operação resulta da mistura do coagulante com as partículas, podendo essa mistura ser rápida ou lenta.

Na mistura rápida a adição e mistura dos produtos químicos no efluente dura apenas entre 5 a 30 segundos.

Na mistura lenta, também denominada floculação, pretende-se que os sólidos se mantenham em suspensão e que a mistura seja mais completa. Para tal, é necessário um tempo de agitação de 10 a 30 minutos, dependendo da dimensão do equipamento e das características do efluente.

Para misturas rápidas podem utilizar-se: ressalto hidráulico (em canais), condutas pressurizadas em regime turbulento, agitadores estáticos e agitadores mecânicos. Para misturas lentas podem ser usados agitadores (estáticos e mecânicos), difusores de ar comprimido e bombas.

3.2.2.4 Decantação

A decantação é uma operação que tem como objetivo promover a sedimentação, para posterior remoção das partículas sólidas em suspensão na água. É uma operação simples e económica, uma vez que se baseia essencialmente na sedimentação gravítica.

A decantação pode ser efetuada durante o tratamento primário e/ou secundário, designando-se de decantação primária ou secundária respetivamente.

De acordo com Monteiro (2004) a decantação primária é uma operação que permite a remoção de cerca de 75% da matéria sólida (areias, sólidos em suspensão sedimentáveis) e 25% de matéria orgânica (óleos, matéria orgânica aderidas aos sólidos retirados e outros sobrenadantes). Deste tratamento resultam lamas primárias, brutas e não estabilizadas, que se decompõem facilmente e que podem ser usadas na produção de biogás.

A decantação secundária incide na sedimentação das lamas produzidas no tratamento biológico. A sedimentação também se pode usar no tratamento da fase sólida. Neste caso esta operação ocorrerá no espessador, onde irá promover o aumento da concentração de sólidos nas lamas.

Na alínea 3.2.3.1 deste documento, este processo será explicado com mais pormenor.

3.2.2.4.1 Dimensionamento dos decantadores primários

Para o dimensionamento dos decantadores primários estão definidos valores típicos (Tabela 9 e Tabela 10) que permitem obter as dimensões adequadas do equipamento para a sedimentação das partículas sólidas. Estes valores são, de um modo geral, adequados ao dimensionamento no tratamento primário.

Tabela 9 – Valores típicos para o dimensionamento de decantadores primários (Monteiro, 2004).

Tipo de Sedimentação	Parâmetros	Intervalo de Valores	Valor Típico	
Sedimentação primária seguida de tratamento secundário	Tempo de retenção (h)	1,0 – 2,0	1,5	
	Carga hidráulica (m ³ /m ² .dia)	Caudal médio	15 – 40	30
		Caudal de ponta	70 – 120	100
	Carga hidráulica nos descarregadores (m ³ /m ² .dia)	125 – 500	250	
Sedimentação primária com recirculação de lamas ativadas em excesso	Tempo de retenção (h)	1,0 – 2,0	1,5	
	Carga hidráulica (m ³ /m ² .dia)	Caudal médio	15 – 30	60
		Caudal de ponta	40 – 70	
	Carga hidráulica nos descarregadores (m ³ /m ² .dia)	125 – 500	250	

Tabela 10 – Valores típicos a considerar no dimensionamento de decantadores (Metcalf & Eddy, 2003).

Tipo de Efluente	Parâmetro	Intervalo	Valor Típico
Decantação primária seguida de tratamento secundário	Tempo de retenção (h)	1,5 – 2,5	2,0
	Carga hidráulica Qm* (m ³ /m ² .dia)	30 – 50	40
	Carga hidráulica Qp* (m ³ /m ² .dia)	80 – 120	100
	Carga sobre descarregador (m ³ /m.dia)	125 – 500	250

*Qm – Caudal médio; Qp – Caudal de ponta.

3.2.2.5 Flotação

A flotação tem como objetivo promover a aglomeração, na superfície livre do escoamento, de sólidos existentes em suspensão da fase líquida. Para este efeito, é injetado ar no fundo do tanque que irá arrastar para a superfície os flocos existentes na massa líquida. Poder-se-á utilizar reagentes químicos (floculantes) que permitam melhorar o processo. Este método pode ser aplicado noutros casos: clarificação de água para consumo humano, separação da biomassa, remoção de óleos e gorduras, remoção de sólidos em suspensão e espessamento de lamas biológicas.

3.2.2.5.1 Dimensionamento dos equipamentos de flotação

Os parâmetros de dimensionamento de equipamentos de flotação são:

- Velocidade de fluxo;
- Carga hidráulica;
- Carga de sólidos;
- Razão ar/sólidos;
- Temperatura do efluente;
- Características do efluente;
- Utilização de reagentes químicos.

No dimensionamento de um sistema de flotação deverá ser prevista a existência de:

- Bomba de pressurização;
- Injetores de ar;
- Reservatório de pressurização;
- Regulador de pressão;
- Tanque de flutuação;
- Raspadores superficiais.

Num sistema de flotação por ar dissolvido, sem recirculação, o dimensionamento de equipamentos de flotação considera a seguinte expressão:

$$\frac{A}{S} = \frac{\rho \times s_a \times (f - 1)}{S_a} \quad (9)$$

Sendo,

A – Caudal de ar, ml;

S – Carga mássica;

ρ – Massa volúmica, kg/m³;

s_a – Solubilidade do ar;

f – Fator de dissolução de ar;

S_a – Concentração de sólidos.

Tabela 11 – Valores típicos para a flotação (Monteiro, 2004).

Parâmetros	Unidades	Valores típicos
Pressão do ar no reservatório de pressurização (bar)	bar	3 – 8
Quantidade de ar em excesso para saturação à pressão atmosférica		60 %
Consumo de ar	Nm ³ /m ³ água	15 – 50
Taxas de aplicação	m ³ /m ² .h	5 - 8
Carga mássica	Kg MS/m ² .h	3 - 5
Solubilidade do ar	mL/L	18,7
A/S	mL/mg	0,008

3.2.2.6 Tanque Imhoff

O tanque *Imhoff* tem como objetivo a sedimentação e digestão de sólidos. Este tanque pode ter forma retangular ou circular, é composto por duas câmaras e é, geralmente construído em betão armado.

As câmaras estão sobrepostas, sendo uma de decantação na parte superior do tanque e a outra de digestão na parte inferior. O efluente entra através da câmara superior e os sólidos sedimentam para a câmara inferior onde serão digeridos.

As câmaras constituem por si só o tanque, estando estas, parcialmente separadas para que assim se evite que os gases e as partículas da lama digerida na secção inferior não retornem à secção superior.

A sedimentação pode ser melhorada ao serem adicionados alguns floculantes químicos (sulfato de alumínio, cloreto férrico, cal e polímero), que produzem flocos insolúveis que absorvem a matéria coloidal e atraem os sólidos suspensos não sedimentáveis.

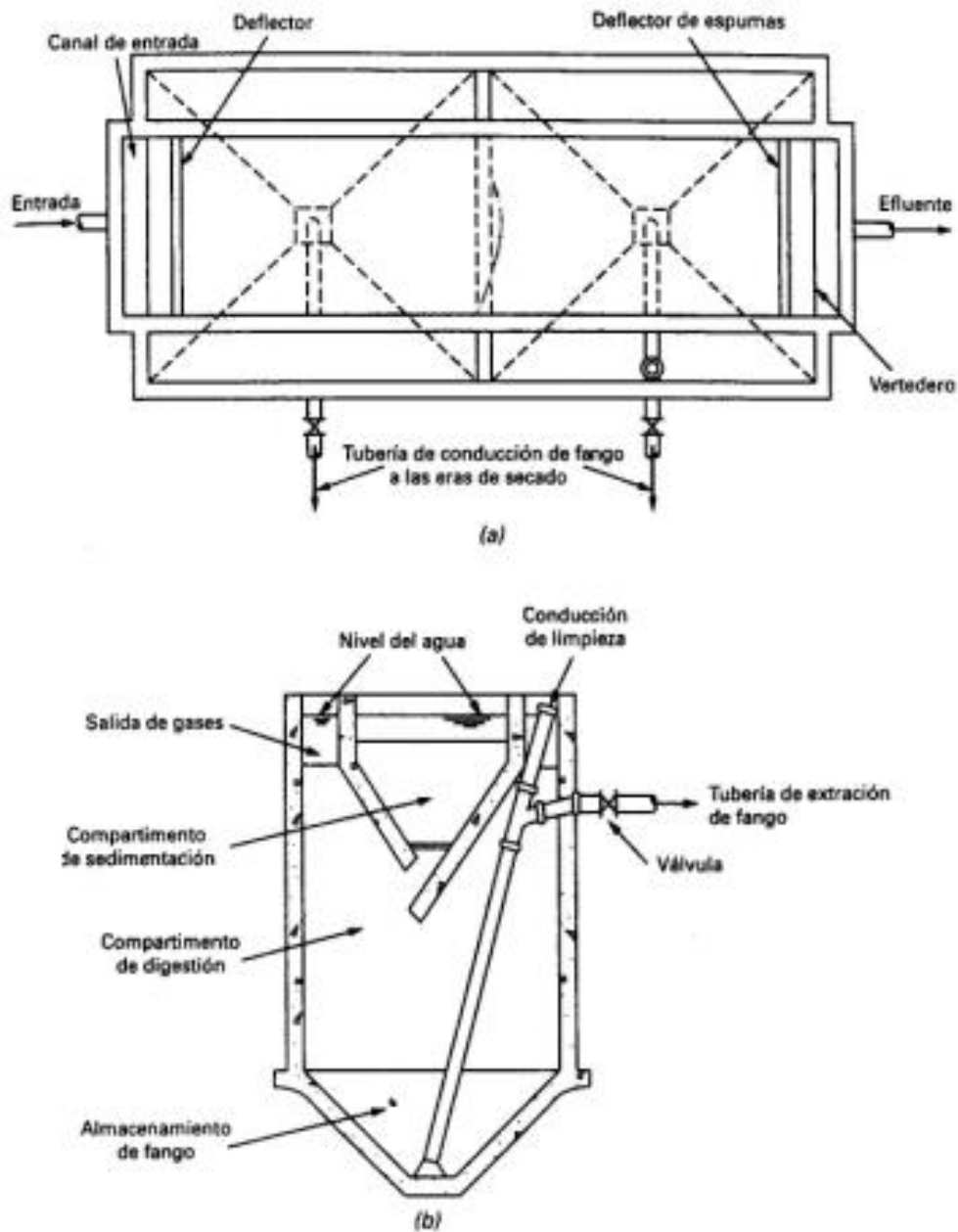


Figura 21 – Representação esquemática de um tanque *Imhoff*.

Atualmente os tanques *Imhoff* são muito pouco utilizados e o seu dimensionamento pode ser encontrado em várias publicações tais como, *Faecal sludge management – Settling/Tinckening Tanks Unesco de Pierre-Henri Dodane, Magalie Bassan (2014)*.

3.2.3 TRATAMENTO BIOLÓGICO OU SECUNDÁRIO

Do tratamento primário resultam efluentes ainda com elevada quantidade de sólidos suspensos (orgânicos e inorgânicos), bem como matéria orgânica dissolvida, que será imperativo remover para cumprir as disposições legais usualmente aplicáveis (em Portugal, o DL 152/97). No tratamento secundário deverão ser conseguidas reduções muito significativas na carga orgânica do efluente e também no seu teor em sólidos suspensos totais: reduções de 70% no CBO_5 e de 40% nos sólidos suspensos, são valores típicos. Tal como se pode observar na Figura 22, a etapa do tratamento biológico é composta pelo reator biológico e o decantador secundário.

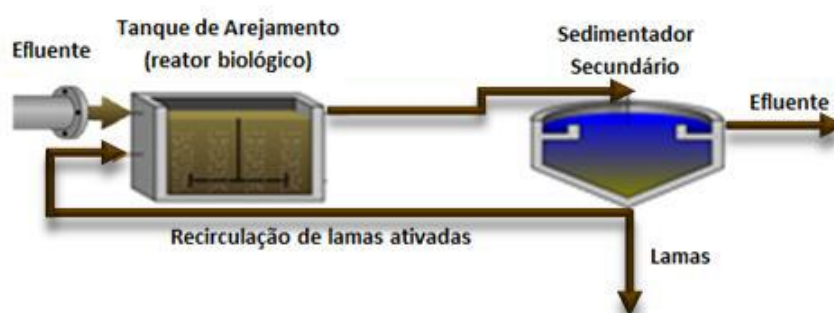


Figura 22 – Esquema típico dos processos de tratamento biológico por lamas ativadas (Ariscrisnã, 2012).

3.2.3.1 Considerações gerais

Todas as etapas de tratamento são essenciais para o tratamento das águas residuais e todas elas influenciam o tratamento imediatamente a jusante, no entanto, o tratamento biológico merece um destaque especial. O tratamento biológico é uma alternativa de tratamento económica e muito eficiente na degradação de matéria orgânica de efluentes biodegradáveis.

É muito importante esclarecer inequivocamente a composição das águas residuais. Apesar de no tratamento biológico se tratar a matéria orgânica, é necessário que se criem as condições ideais para que esse tratamento possa acontecer.

Deste modo, há que ter em conta os principais contaminantes presentes nas águas residuais: a) sólidos em suspensão; b) compostos orgânicos dissolvidos; c) sólidos inorgânicos biodegradáveis; d) nutrientes; e) metais; e f) microrganismos patogénicos. Podendo estes dois últimos introduzir algum toxicidade no sistema e conseqüentemente, reduzir (ou inibir) a eficiência do tratamento.

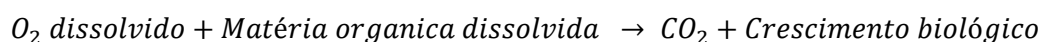
Os sólidos em suspensão são, principalmente, fezes, desperdícios de comida e papel higiênico. Estes sólidos devem ser removidos antes da descarga final, mas também antes do tratamento biológico para que as reações do tratamento não sejam afetadas.

A matéria orgânica biodegradável é composta essencialmente por proteínas (aminoácidos), hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose) e lípidos (gorduras, óleos). Todos estes compostos contêm carbono que pode ser convertido biologicamente em dióxido de carbono e/ou metano; as proteínas também contêm átomos de azoto. Estes compostos orgânicos biodegradáveis devem ser removidos das águas residuais, caso contrário podem provocar uma carência de oxigénio no meio recetor. Geralmente a matéria orgânica é medida como **Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)** ou **Carência Química de Oxigénio (CQO)**.

A remoção da matéria orgânica é fundamentalmente conseguida recorrendo a diversas populações de microrganismos, sempre cultivadas em ambiente controlado. A ação dos microrganismos vai promover a oxidação da matéria orgânica, resultando deste processo gases e lamas. Estas lamas, por serem mais densas que o efluente, podem sempre ser removidas por sedimentação. Note-se que estas lamas são essencialmente orgânicas¹⁰. Assim sendo estas lamas deverão ser removidas do efluente para que sejam cumpridas as disposições regulamentares no que respeita aos parâmetros de descarga legais em vigor (Ariscrisnã, 2012).

A CBO é o parâmetro mais utilizado para quantificar a poluição orgânica da água e permite:

- a) Determinar a quantidade aproximada e oxigénio necessário para reagir com a matéria orgânica;



- b) Determinar o dimensionamento das obras de tratamento de esgoto;
- c) Medir a eficiência de alguns processos de tratamento;
- d) Determinar a conformidades com licenças de descarga de águas residuais ou consentimentos específicos.

Poder-se-ão obter os valores da CBO a partir de testes em laboratório. Contudo, deve existir sempre uma precaução devidos às limitações associadas a esses testes.

¹⁰ Nos sistemas clássicos as lamas são exclusivamente orgânicas, no entanto em sistema de tratamento terciário poderão coexistir lamas de natureza química no reator biológico.

No que respeita aos testes realizados em laboratório, os passos a seguir para a medição da CBO são:

- 1) Obter uma amostra representativa de águas residuais numa garrafa de 300ml;
- 2) Se necessário, adicionar organismos;
- 3) Adicionar água de diluição arejada;
- 4) Medir o oxigénio dissolvido inicial;
- 5) Incubar o frasco a 20°C durante 5 dias no escuro (para posteriormente determinar a CBO₅);
- 6) Medir o oxigénio dissolvido total ou definitivo;
- 7) Calcular a CBO₅.

$$CBO_5 = (D_1 - D_2)/P \quad (10)$$

Sendo,

CBO_5 – Carência Bioquímica de Oxigénio aos 5 dias, mg/l;

D_1 – Oxigénio dissolvido inicial, mg/l;

D_2 – Oxigénio dissolvido total ou definitivo, mg/l;

P – Razão do volume de água diluída e de água residual (p. ex. 5ml/300ml).

Tal como se pode observar na representação gráfica da Figura 22, o oxigénio dissolvido inicial vai diminuindo até se esgotar devido ao crescimento carbonáceo. A reprodução de bactérias nitrificantes é lenta, pelo que, demora 6 – 10 dias até atingir valores de concentração significativos o suficiente para fazer com que o consumo de oxigénio seja mensurável.

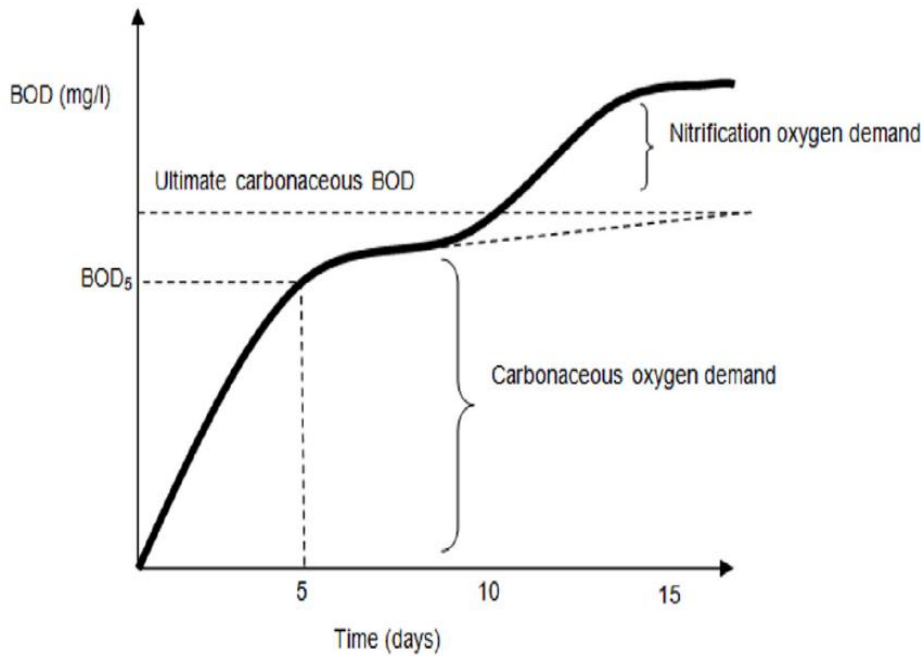


Figura 23 – Exemplo de curva de crescimento bioquímico do oxigênio que apresenta os componentes do crescimento do oxigênio carbonáceo e nitrificação (Templeton e Butler, 2011).

O consumo de oxigênio carbonáceo final pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$L_u = L_t / (1 - 10^{-kt}) \quad (11)$$

Sendo,

L_u – CBO carbonáceo final, mg/l;

L_t – CBO_t, mg/l;

t – Tempo de duração do ensaio, dias (tipicamente 5 ou 20 dias);

k – Constante de velocidade de reação, dia⁻¹.

As limitações inerentes aos ensaios em laboratório são (Templeton e Butler, 2011):

- a) O resultado obtém-se após 5 dias;
- b) Apenas mede compostos orgânicos biodegradáveis, ou seja, não é adequado para resíduos recalcitrantes ou tóxicos;

- c) O período de 5 dias pode não ser suficiente para a degradação de todo material orgânico solúvel, principalmente do que sofre uma hidrólise anterior ao processo de degradação biológico.

As águas residuais domésticas não tratadas têm, geralmente, entre os 100 e os 400 mg/l de CBO. Quando são sujeitas a tratamento é possível verificar-se uma redução de, por exemplo, 80-95%, uma vez que se pode obter menos de 25 mg/l de CBO.

A Carência Química de Oxigénio (CQO) é o parâmetro que mede a quantidade de matéria orgânica suscetível à oxidação por meio de um forte oxidante químico (p. ex. dicromato de potássio) que exista no efluente ou numa amostra líquida. Normalmente, estes oxidantes estão presentes em águas residuais industriais e municipais que contêm os compostos químicos tóxicos para a vida biológica e/ou que não são facilmente bio degradados.

Geralmente a CQO apresenta valores mais elevados que a CBO, uma vez que existem muitos produtos orgânicos que são oxidados quimicamente e que são apenas parcialmente oxidados biologicamente. A CQO pode ser correlacionada com a CBO em muitos resíduos, sendo mais vantajoso porque o teste em laboratório da CQO demora apenas algumas horas enquanto o teste da CBO demora 5 dias.

As diretivas da UE de águas residuais urbanas definem alguns limites de descarga. Estabelece-se um limite de descarga para a CBO₅ de 25 mg/l em 95% de conformidade e um limite de 125 mg/l de CQO.

As águas residuais também contêm nutrientes como o nitrogénio e o fósforo que devem ser removidos por várias razões: a) carência de oxigénio no meio recetor (p. ex. nitrificação de NH₃); b) risco de toxicidade para os seres humanos; e c) eutrofização no meio recetor.

Outros constituintes das águas residuais são os microrganismos patogénicos (bactérias, protozoários e vírus). Estes microrganismos surgem de pessoas infetadas e podem representar um perigo direto para a saúde pública. Naturalmente, existem diversos tipos de microrganismos e como tal é impraticável monitorizá-los a todos numa base de dados regular. Os organismos indicadores mais comuns são coliformes totais e fecais e por isso são estabelecidos limites para a sua descarga.

A matéria orgânica presente no efluente tratado (p. ex. CBO) é utilizada por bactérias que estão naturalmente presentes no meio recetor. Consequentemente, essas bactérias poderão consumir o oxigénio dissolvido o que poderá ter efeitos nocivos para o meio aquático e para os seres vivos nele inseridos (p. ex. peixes).

Após o tratamento biológico no reator, o efluente é enviado para o decantador secundário onde se dá a separação das fases líquida e sólida.

3.2.3.2 Reator Biológico

O reator biológico é o órgão onde ocorre o tratamento biológico. A sua forma em planta e o arranjo do seu espaço interior dependem do processo biológico utilizado, da técnica adotada para a implementação do processo biológico e das condicionantes topográficas de implantação.

Existem vários tipos de reatores, no entanto o caso prático apresentado neste relatório apenas aborda o reator biológico clássico de mistura completa por lamas ativadas. Porém, no manual de Metcalf & Eddy (2003) é possível encontrar-se informação acerca dos vários tipos de reatores biológicos.

A seleção do tipo de reator a adotar está diretamente relacionada com os parâmetros operacionais considerados. Tais como:

- Efeito da temperatura;
- Efeito do pH;
- Efeito da presença de substâncias tóxicas;
- Características da água residual, origem e concentração;
- Espaço disponível;
- Custos da operação.

No dimensionamento de um reator biológico Templeton e Butler (2011) foca as seguintes questões chave:

- a) Quanto tempo é necessário para o processo reduzir a CBO?
- b) Qual a quantidade de oxigênio que deve ser adicionada?
- c) Que quantidade de biomassa celular será produzida?

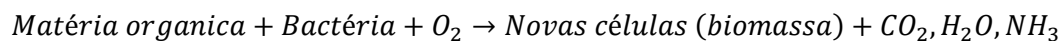
3.2.3.2.1 Tratamento biológico

O objetivo do tratamento biológico é, portanto, a digestão de contaminantes orgânicos dissolvidos transformando-os em biomassa celular sob a forma de matérias em suspensão que podem ser removidas por processos de separação de partículas (p. ex. sedimentação).

O tratamento biológico pode implicar **processos aeróbios** e/ou **processos anaeróbios**. Na água residual doméstica, os processos aeróbios são mais utilizados uma vez que são mais rápidos e dão

origem a H₂O e CO₂. Neste caso, deve ser adicionado oxigénio ao efluente para permitir o crescimento celular.

Os processos aeróbios podem ser simplificados por:



De um modo geral, pode-se classificar os processos de tratamento biológico como: de **Crescimento Suspenso** ou de **Crescimento fixo**.

O **crescimento suspenso** são processos de tratamento biológico cujos micro-organismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica ou outros constituintes no efluente, gases e tecidos de células, são mantidas em suspensão no interior do líquido. Geralmente estes processos estão associados aos processos de lamas ativadas, lagoas arejadas e digestão aeróbia.

Os processos de tratamento biológico por **crescimento fixo** envolvem processos de remoção de CBO da lama ativada como a nitrificação e similares. Tal não acontece se as células estiverem fixas a uma superfície sólida como um bio filme por onde a água residual vai passando. Os vários tipos de processos a adotar para o crescimento fixo são: a) filtros biológicos; b) discos biológicos; e c) filtros biológicos submersos gaseificados. Estes processos apresentam metodologias próprias e algumas vantagens e desvantagens, no entanto não serão abordadas neste trabalho uma vez que foi utilizado um processo por lamas ativadas.

A tabela seguinte refere, resumidamente, todos os processos implícitos no tratamento biológico das águas residuais. Tal como refere Metcalf & Eddy (2003), os processos de tratamento biológico podem ser classificados segundo três perspetivas: 1) função metabólica; 2) técnica de tratamento a implementar; e 3) objetivos a atingir. No entanto, ainda se podem acrescentar técnicas / processos de tratamento que classificam o tratamento biológico.

Tabela 12 – Processos que podem ser aplicados no tratamento biológico (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).

Processo	Descrição
Função metabólica	
Processos aeróbios	Processos de tratamento biológicos que ocorrem na presença de oxigênio.
Processos anaeróbios	Processos de tratamento biológico que ocorrem na ausência de oxigênio.
Processos anóxicos	Processos de tratamento biológico em que os nitratos são convertidos biologicamente em azoto na ausência de oxigênio. Este processo é também chamado de desnitrificação
Processos facultativos	Processos de tratamento que podem funcionar na presença ou ausência de oxigênio molecular.
Processos combinados aeróbios / anóxicos / anaeróbios	Várias combinações de processos aeróbios, anóxicos e anaeróbios que se agrupam a fim de realizar um tratamento específico.
Técnicas / Processos de tratamento	
Processos de crescimento suspenso	Processos de tratamento biológico cujos micro-organismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica ou outros constituintes no efluente, gases e tecidos de células, são mantidas em suspensão no interior do líquido.
Processos de crescimento fixo	Processos de tratamento biológico no qual os micro-organismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em outros constituintes das águas residuais, gases e tecido celular, estão ligados a um meio inerte, tal como rochas, escória, ou materiais cerâmicos ou plásticos especialmente concebidos. Estes processos também são conhecidos como bio filme ou leito fixo.
Processos combinados	Termo usado para descrever processos combinados (ex. Combinação de processos de crescimento suspenso e crescimento em bio filme).
Processos de lagoa ou lagunagem	Termo genérico aplicado a processos de tratamento que ocorram em lagos naturais ou artificiais com diferentes dimensões e profundidades.
Funções e objetivos do tratamento	
Remoção biológica de nutrientes	<p>Termo aplicado para a remoção de azoto e de fósforo nos processos de tratamento biológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remoção biológica de fósforo: termo aplicado para a remoção biológica de fósforo por acumulação na biomassa e subsequente sedimentação. • Nitrificação: processo biológico que se divide em duas etapas, sendo a primeira marcada pela conversão da amónia em nitrito e a segunda pela conversão do nitrito em nitrato. • Desnitrificação: processo biológico em que se dá a redução do nitrato em azoto e outros produtos finais gasosos.

Processo	Descrição
Remoção de CBO carbonáceo	Conversão biológica da matéria orgânica carbonatada da água residual, em tecido de células e vários produtos finais gasosos. Na conversão, assume-se que o azoto presente nos vários compostos é convertido em amónia.
Estabilização	Processo biológico através do qual a matéria orgânica nas lamas produzidas a partir da sedimentação primária e do tratamento biológico das águas residuais, é estabilizada usualmente por conversão em gases e tecidos celulares. O processo é conhecido como a digestão aeróbia ou anaeróbia das lamas dependendo se a estabilização ocorre sob condições aeróbias ou anaeróbias.
Substrato	Termo utilizado para designar a matéria orgânica ou nutrientes que são convertidos durante o tratamento biológico ou que podem ser um fator limitante deste tratamento biológico. Por exemplo, a matéria orgânica carbonatada nas águas residuais é referida como o substrato que é convertido durante o processo biológico.

Tabela 13 – Tipos de tratamento biológico (Metcalf & Eddy, 2003).

Tipo	Designação comum	Uso
Processos aeróbios		
Crescimento suspenso	Processos de lamas ativadas	Remoção BOD carbonáceo; nitrificação
	Lagoas arejadas	Remoção BOD carbonáceo; nitrificação
	Digestão aeróbica	Estabilização; remoção BOD carbonáceo
Crescimento fixo	Filtros biológicos	Remoção BOD carbonáceo; nitrificação
	Discos biológicos	Remoção BOD carbonáceo; nitrificação
	Leitos percoladores	Remoção BOD carbonáceo; nitrificação
Processos anóxicos		
Crescimento suspenso	Desnitrificação em Crescimento suspenso	Desnitrificação
Crescimento fixo	Desnitrificação em Crescimento fixo	Desnitrificação
Processos anaeróbios		
Crescimento suspenso	Processos de contacto anaeróbio	Remoção CBO carbonáceo

Tipo	Designação comum	Uso
	Digestão anaeróbia	Estabilização; destruição de sólidos; Inativar/matar microorganismos patogénicos.
Crescimento fixo	Leitos fixos fluidizados anaeróbios.	Remoção CBO carbonatada; estabilização de resíduos; desnitrificação.
Manto de lamas	Manto de lamas anaeróbias de fluxo ascendente	Remoção CBO carbonatada; Especialmente resíduos de alta resistência.
Híbridos	Manto de lama de fluxo ascendente / Crescimento fixo	Remoção CBO carbonatada.
Processos combinados aeróbios, anóxicos e anaeróbios		
Crescimento suspenso	Processos de uma ou várias etapas; Processos patenteados.	Remoção CBO carbonatada; nitrificação; desnitrificação; remoção de fosforo.
Híbrido	Processos de uma ou várias etapas com elementos para Crescimento fixo.	Remoção CBO carbonatada; nitrificação; desnitrificação; remoção de fosforo.
Processos de lagoas		
Lagoas aeróbias	Lagoas aeróbias	Remoção CBO carbonatada.
Lagoas de maturação (terciário)	Lagoas de maturação (terciário)	Remoção CBO carbonatada; nitrificação.
Lagoas facultativas	Lagoas facultativas	Remoção CBO carbonatada.
Lagoas anaeróbias	Lagoas anaeróbias	Remoção CBO carbonatada; estabilização de resíduos.

3.2.3.2.2 Cinética do crescimento microbiano

A relações da cinética do crescimento biológico permitem determinar a utilização de substrato (alimento) e o crescimento microbiano para que seja possível definir o desempenho do tratamento biológico. Existem vários modelos que referem a dinâmica das populações microbianas, o que será apresentado neste documento é o modelo de Monod por ser o que mais se adequa ao tema desenvolvido. Tal como se pode verificar numa análise à Figura 24, Monod (1949) criou uma curva que descreve o crescimento microbiano em 4 fases.

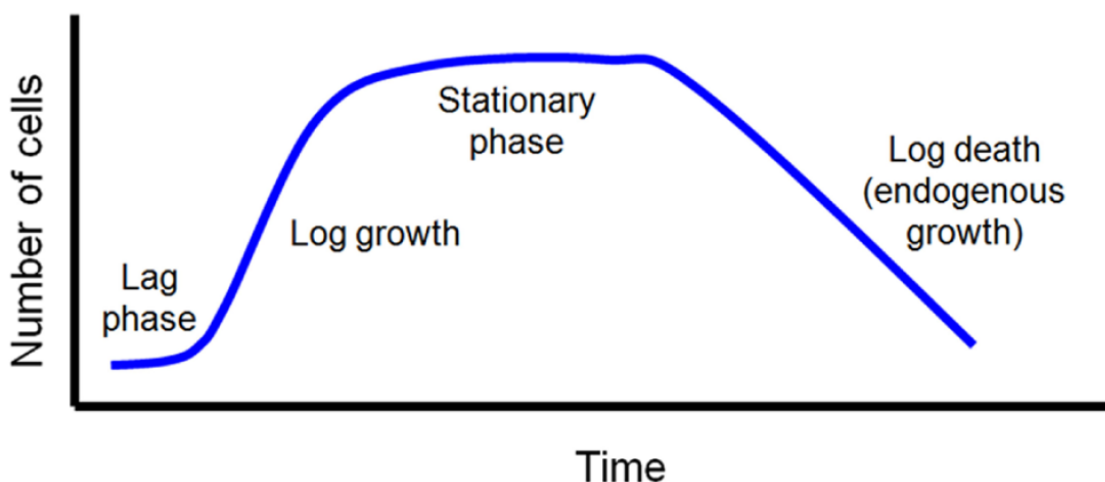


Figura 24 – Dinâmica do crescimento microbiano (Templeton e Butler, 2011).

Para uma melhor compreensão do comportamento dinâmico dos microrganismos considera-se uma população bacteriana fechada num frasco com uma quantidade fixa de substrato. Tratando-se de águas residuais, é natural que haja uma mistura de populações bacterianas presentes, e que as mesmas compitam entre si.

Inicialmente, verifica-se que as bactérias precisam de algum tempo para se adaptarem ao ambiente em que são inseridas antes de se começarem a reproduzir. Ou seja, os microrganismos estão sujeitos a um tempo de geração longo e a um crescimento nulo. Esta fase inicial chama-se **fase Lag** ou **fase de aclimatização**.

A seguir a população bacteriana entra na **fase Log growth** ou **fase de crescimento exponencial**. Nesta fase existe um excesso de substrato e assiste-se a um crescimento exponencial da população microbiana. Apesar da população microbiana atingir uma taxa de crescimento máxima, o seu tempo de geração é mínimo.

Após o crescimento abrupto dos microrganismos, entra-se numa fase de rutura uma vez que há uma diminuição de substrato (alimento) e um aumento dos produtos tóxicos provenientes do metabolismo celular. Esta fase denomina-se por **fase estacionária** e caracteriza-se pela diminuição de microrganismos ativos, sendo que a taxa de crescimento microbiano é igual à taxa de microrganismos que morrem.

Por fim, entra-se na **fase Log death** ou **fase de declínio ou morte**. Quando há escassez de alimento e uma elevada concentração de produtos tóxicos, as bactérias consomem-se entre si (fenómeno conhecido como crescimento endógeno).

A Figura 25 representa um gráfico demonstrativo da relação entre o substrato e a biomassa nas diferentes fases do crescimento microbiano.

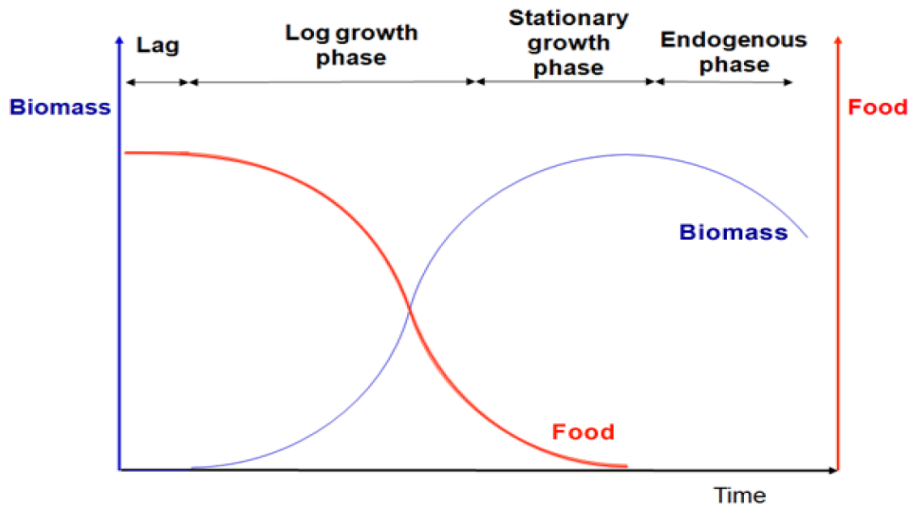


Figura 25 – Relação entre o substrato (alimento) e a biomassa, F/M (Templeton e Butler, 2011).

A taxa de crescimento na fase *Log growth* pode ser expressa na seguinte forma:

$$dX/dt = \mu \times X \quad (12)$$

Sendo,

X – Concentração de biomassa, mg/l;

μ – Taxa de crescimento específico (taxa de crescimento por unidade de biomassa, dias⁻¹).

De acordo com o estudo da fase *Log death* de Monod, o crescimento é uma função das concentrações de microrganismos e do substrato. Perante isto, foi proposto pelo mesmo uma relação entre a concentração residual do substrato que limita o crescimento e a taxa de crescimento específico da biomassa (Figura 26).

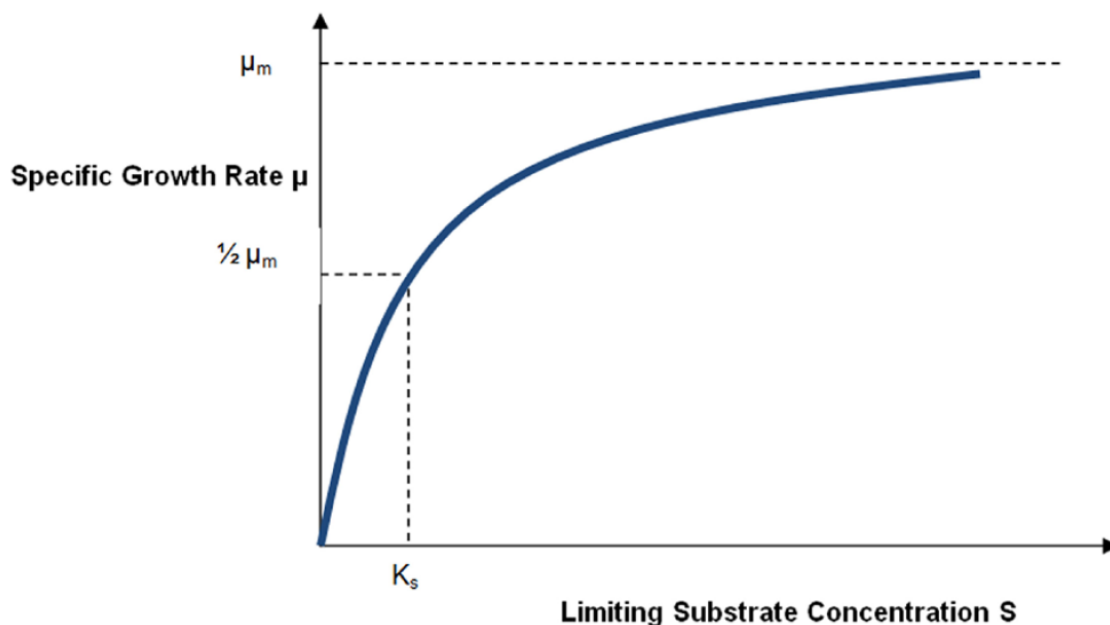


Figura 26 – Curva de crescimento de Monod (Templeton e Butler, 2011).

Esta relação é dada pela seguinte expressão:

$$\mu = \mu_m \times S / (K_s + S) \quad (13)$$

Sendo,

μ_m – Taxa de crescimento específico máxima (dias^{-1});

S – Concentração de substrato, mg/l CBO ou CQO;

K_s – Constante de saturação, mg/l (igual à concentração do substrato limitante na metade da taxa de crescimento máxima).

Substituindo esta expressão (13) na expressão anterior (12) para dX/dt , obtém-se a seguinte equação para a taxa de crescimento da biomassa com substrato limitado:

$$dX/dt = \mu_m \times X \times S / (K_s + S) \quad (14)$$

Na prática, o substrato não é todo consumido pela biomassa sendo que algum é convertido em resíduos. Portanto, é importante saber-se o rendimento do crescimento (Y) sendo definido como a quantidade de biomassa produzida por unidade de substrato utilizado.

$$dX/dt = Y \times dS/dt \quad (15)$$

Os valores típicos de Y são 0,4 – 0,8 para processos aeróbios ou 0,008 – 0,2 para processos anaeróbios (Templeton e Butler, 2011).

Incluindo a expressão anterior para dX/dt na expressão do rendimento resulta a expressão seguinte para a taxa de utilização do substrato, quando o crescimento da biomassa é limitado pelo substrato:

$$dS/dt = (-\mu_m/Y) \times (X \times S)/(K_s + S) = k \times (X \times S)/(K_s + S) \quad (16)$$

Sendo que k combina as constantes μ_m e Y .

Normalmente, também se utiliza outro parâmetro, a taxa de utilização do substrato específico, U , define a taxa de substrato utilizado por unidade de biomassa.

$$U = (dS/dt)/X \quad (17)$$

A taxa de redução da biomassa na fase *Lod death* pode ser expressa da seguinte forma:

$$dX/dt = -k_d \times X \quad (18)$$

Sendo,

k_d – Coeficiente de decaimento microbiano, dias⁻¹.

Fazendo a combinação de equações para as diferentes fases de crescimento, tem-se que a equação global para a taxa de crescimento da biomassa é dada pela seguinte expressão:

$$dX/dt = \mu_m \times X \times S/(K_s + S) - k_d \times X \quad (19)$$

Definindo $t = \theta$ (tempo de retenção hidráulica médio) têm-se as seguintes expressões ((20) e (21)) para a concentração de biomassa no reator, (X) e a concentração de substrato no efluente (S):

$$X = Y \times (S_0 - S) / (1 + k_d \times \theta) \quad (20)$$

$$S = K_s \times (1 + k_d \times \theta) / [\theta \times (\mu_m - k_d) - 1] \quad (21)$$

Conclui-se então, que a cinética do crescimento da biomassa define-se por cinco parâmetros principais: Y , k_d , K_s , k e μ_m . Estes parâmetros dependem do tipo de substrato presente nas águas residuais e obtêm-se a partir de experiências e/ou medições.

Porém, os parâmetros k_d , k e μ_m são uma função da temperatura:

$$k_T = k_0 \times \Phi^{(T-20)} \quad (22)$$

Sendo,

T – Temperatura, graus Celsius;

k_T – Taxa de reação constante a uma temperatura T ;

Φ – Coeficiente de temperatura (assume valores típicos de 1,00 – 1,03 para processos de lamas ativadas e de 1,02 – 1,04 para filtros biológicos).

O crescimento da biomassa também depende deste parâmetro porque a temperatura afeta as taxas de metabolismo microbiano e a taxa de transferência de oxigénio.

Tabela 14 – Valores típicos para as taxas constantes associadas ao crescimento microbiano para diferentes tipos de águas residuais (Templeton e Butler, 2011).

Águas residuais	k (d ⁻¹)	K (mg/l)	k _d (d ⁻¹)	Y (-)	S (tipo)
Aeróbico					
Esgoto doméstico	5,6	22	0,07	0,67	CQO
Resíduos de lacticínios	5,1	100	0,05	0,48	CBO
Glicose	2,9	355	0,09	0,42	CBO
Anaeróbico					
Resíduos de lacticínios	0,38	24	0,07	-	CQO
Ácido acético	3,6	2130	0,02	0,04	CQO
Lixiviados de aterro sanitário	2,9	1670	0,02	0,067	-

3.2.3.2.3 Lamas ativadas

Designa-se lamas ativadas quando a concentração de microrganismos é muito elevada (2000-8000 mg/l) principalmente bactérias, mas também protozoários e fungos. Os microrganismos apresentam-se sob a forma de flocos mantidos em suspensão por agitação com o objetivo de remover a matéria orgânica das águas residuais – processo por lamas ativadas.

Os principais processos na remoção do material orgânico são a absorção, a oxidação carbonácea e a nitrificação (Figura 27) através do oxigénio consumido e do dióxido de carbono produzido durante as fases de respiração e declínio do ciclo de crescimento microbiano (Figura 28).

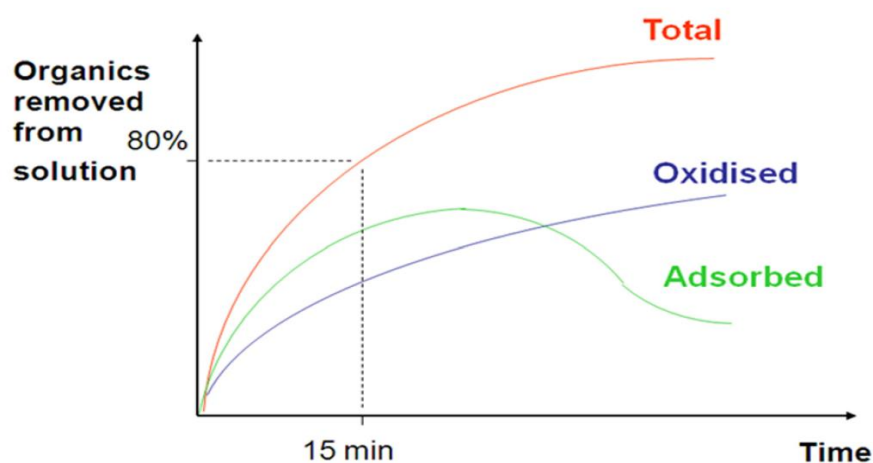


Figura 27 – Remoção da matéria orgânica num processo de lamas ativadas (Templeton e Butler, 2011).

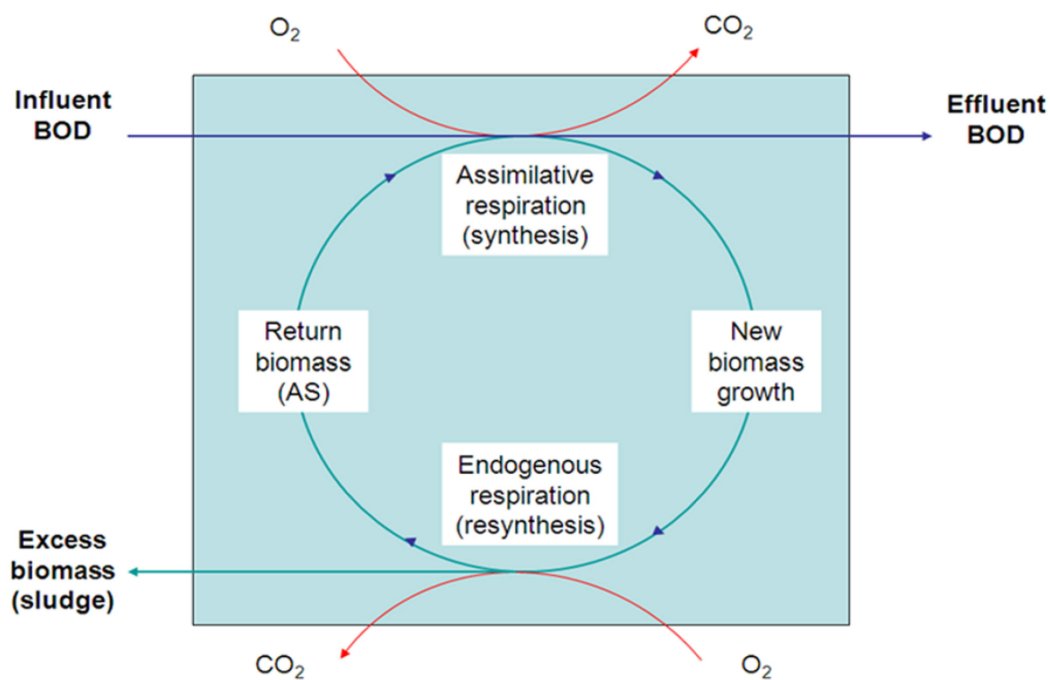


Figura 28 – Ciclo da síntese da biomassa para um processo de tratamento biológico (Templeton e Butler, 2011).

Os principais componentes de um processo de lamas ativadas (Figura 29) são:

1. Um reator onde os resíduos estão em contacto com os microrganismos (muitas vezes chamado de tanque arejado ou de arejamento);
2. Um meio de transferência de oxigénio para os microrganismos;
3. Um meio de agitação para a suspensão dos flocos;
4. Um sistema para a separação dos microrganismos a partir da água tratada;
5. Um sistema de recirculação de alguns dos microrganismos de volta para o reator;
6. Um sistema para os desperdícios de microrganismos (lamas).

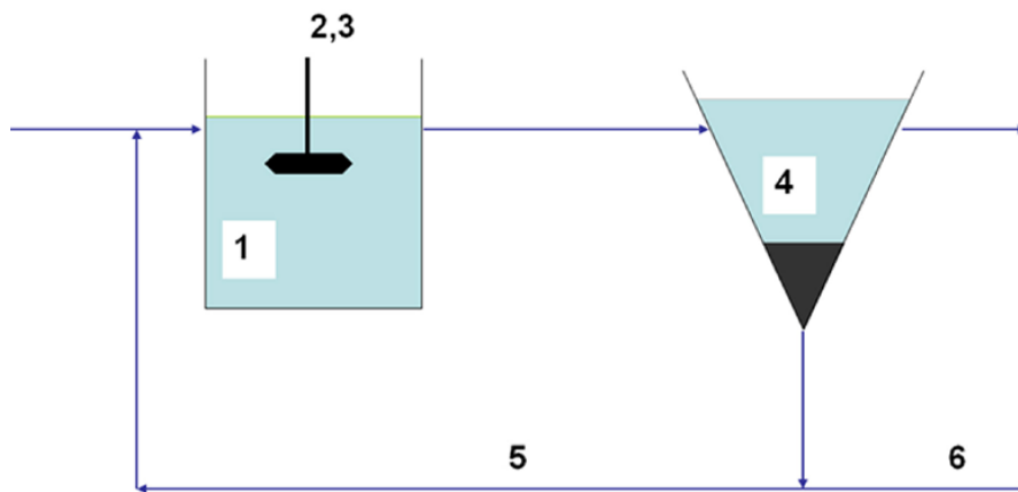


Figura 29 – Principais componentes de um processo de lamas ativadas (Templeton e Butler, 2011).

A concentração das células biológicas num reator biológico é expressa em mg/l de licor misto de sólidos suspensos (MLSS), referente à biomassa agitada em suspensão no reator. Geralmente, o licor misto de sólidos suspensos voláteis (MLVSS) também é considerado, sendo uma representação um pouco mais precisa que o MLSS visto que considera apenas os sólidos orgânicos ativos presentes no reator.

A capacidade de um reator de lamas ativadas é determinada pela relação entre o alimento e os microrganismos existentes (*Food/Microorganisms, F/M*). Esta relação pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$F/M = \frac{Q \times S_0}{V \times X} \quad (23)$$

Sendo,

F/M – *Food/Microorganisms*, kgCBO₅.kg⁻¹MLSS.dia

Q – Caudal afluyente ao reator biológico, m³/dia;

S_0 – Concentração de CBO inicial (à entrada), kg/m³;

V – Volume do reator biológico, m³;

X – Concentração de biomassa no reator, kg/m³ MLSS.

No caso da relação F/M assumir valores entre os 0,2 – 0,5 kgCBO₅.kg⁻¹MLSS.dia significa que as bactérias se mantêm ativadas uma vez que ficam ligeiramente “com fome”. Este fenómeno faz com a lama resultante tenha boas características de sedimentabilidade (Figura 30).

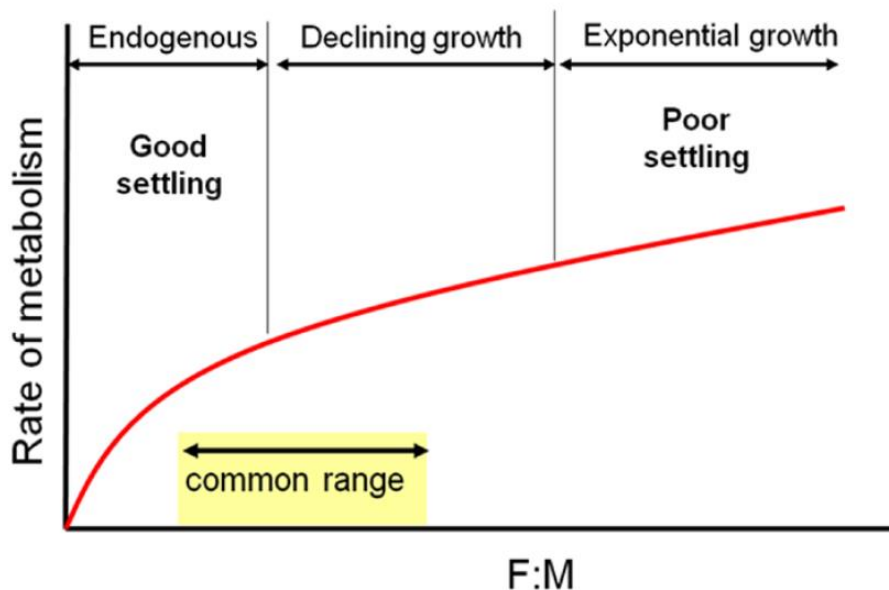


Figura 30 – Impacto da taxa F/M nas características da lama a decantar (Templeton e Butler, 2011).

Idade das lamas

A idade das lamas (*SRT*) é outro parâmetro importante a considerar e representa o intervalo de tempo, em média, que as células biológicas estão no tanque de arejamento. A idade das lamas é expressa pela expressão:

$$SRT = \text{massa total de células} / \text{taxa remoção de células} = X / (dX/dt) \quad (24)$$

Geralmente, a idade das lamas varia de 5 a 10 dias ou mais quando se prevê haver nitrificação.

Carga orgânica

A carga orgânica ou carga volúmica, C_V (kgCBO/m³.dia) e a taxa de carga hidráulica, C_H (m³/m².dia), são outros dois parâmetros que caracterizam o desempenho do processo por lamas ativadas:

$$C_V = \frac{(Q \times S_0)}{V} \quad (25)$$

$$C_H = Q/A_s \quad (26)$$

Sendo,

A_s – Área do reator biológico em planta, m^2 .

O processo de lamas ativadas objeto do presente trabalho, é o que utiliza o reator/decantador clássico em regime de arejamento prolongado. Neste caso, o tempo de retenção hidráulica é muito longo (p. ex. 24 horas), a idade das lamas é elevada, a relação F/M é baixa e os escoamentos são lentos. Estes dois últimos conduzem a que as bactérias se mantenham em fase de respiração endógena na maior parte do tempo e conseqüentemente à formação de uma lama de sedimentação de elevada qualidade.

No que respeita ao tipo de mistura e escoamento existem vários processos de lamas ativadas. Nos casos práticos mais comuns considera-se um sistema ideal em que o efluente e o licor presente no reator se encontram perfeitamente misturados designando-se como um reator de mistura completa (Figura 31).

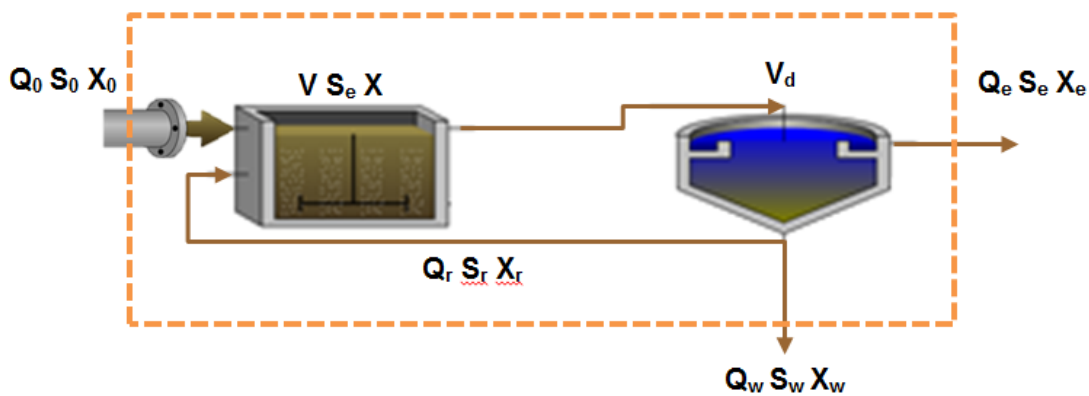


Figura 31 – Sistema idealizado do tratamento biológico por lamas ativadas com um reator de mistura completa. (Ariscrisnã, 2012).

Sendo,

Q_0 – Caudal afluente, m^3/h ;

S_0 – Concentração de substrato no afluente, $kg\ CBO_5/m^3$;

X_0 – Concentração de biomassa (microrganismos) no afluente, $kg\ SSV/m^3$;

V – Volume do tanque de arejamento, m^3 ;

V_d – Volume do decantador secundário, m^3 ;

X – Concentração de microrganismos no tanque de arejamento, $kg\ SSV/m^3$;

Q_e – Caudal de efluente tratado ($Q - Q_w$), m^3/h ;

S_e – Concentração de substrato no efluente tratado, kg CBO₅/m³;

X_e – Concentração de biomassa no efluente tratado, kg SSV/m³;

Q_w – Caudal de purga de lamas, m³/h;

S_w – Concentração de substrato na purga de lamas, kg CBO₅/m³;

X_w – Concentração de biomassa na purga de lamas, kg SSV/m³;

Q_r – Caudal de recirculação de lamas, m³/h;

S_r – Concentração de substrato na recirculação de lamas, kg CBO₅/m³;

X_r – Concentração de biomassa na recirculação de lamas, kg SSV/m³; concentração de lamas ativadas necessária na recirculação para manter a relação de substrato/microrganismo no tanque de arejamento.

Quantidade de lamas

A taxa de recirculação é uma variável crucial que varia, normalmente, entre 0,25 e 2. A partir do balanço mássico, que se obtêm pelas fórmulas anteriores, pode-se exprimir a quantidade de lamas presente pela expressão seguinte:

$$SRT = \frac{V \times X}{(Q_w \times X_r + Q_e \times X_e)} \quad (27)$$

Se for admitido desprezável a concentração de sólidos no efluente decantado final a expressão anterior sofre simplificação:

$$SRT = \frac{V \times X}{Q_w \times X_r} \quad (28)$$

Também pode ser escrita em termos de cinética do crescimento microbiano:

$$SRT = Y \times U - k_d \quad (29)$$

Concentração de biomassa

A concentração de biomassa pode ser calculada recorrendo à seguinte expressão:

$$X = (SRT \times \theta) \times \left[\frac{Y \times (S_0 - S_e)}{(1 + k_d \times SRT)} \right] \quad (30)$$

Concentração de substrato

A concentração de substrato pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\frac{S_0 - S_e}{\theta} = \frac{k \times V \times S_e}{K + S_e} \quad (31)$$

Sendo, Y , K , k_d e k coeficientes específicos para processos de lamas ativadas referidos na Tabela 14.

Taxa de produção de lamas

A taxa de produção de lamas (P_x) pode ser calculada por aplicação da seguinte expressão:

$$P_x = \frac{Y \times Q \times (S_0 - S_e)}{1 + SRT \times k_d} \quad (32)$$

A taxa de produção de lamas é geralmente expressa em kg/dia.

Produção de lamas em excesso

A produção de lamas em excesso (P_w) corresponde à matéria orgânica total (MLTSS) que, após ser extraída pela descarga de fundo do decantador secundário, é encaminhada para a fase sólida do tratamento. A sua grandeza é dada pela expressão:

$$P_w = \frac{V * X}{SRT} \times 24 \quad (33)$$

Sendo,

P_w – Produção de lamas em excesso Kg/dia;

Uma vez que o P_w varia consoante as cargas afluentes à ETAR:

$$P_w = \frac{S_0 * Q_0}{SRT * F/M} \quad (34)$$

Caudal de lamas em excesso

O caudal de lamas em excesso (Q_w) é calculado recorrendo à expressão seguinte:

$$Q_w = \frac{P_w}{X_r} \quad (35)$$

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), é usualmente adotado $X_r = 8000 \text{ g/m}^3$.

Caudal de recirculação

O caudal de recirculação (Q_r) obtém-se pela seguinte expressão:

$$\frac{Q_r}{Q_0} = R \quad (36)$$

$$R = \frac{X}{X_r - X} \quad (37)$$

Sendo R a taxa de recirculação das lamas.

Quantidade de oxigénio

A quantidade de oxigénio necessário para o processo de lamas ativadas é outro parâmetro importante e calcula-se a partir da seguinte expressão:

$$O_2 = 1,47 \times Q \times (S_0 - S_e) - 1,42 \times P_x \quad (38)$$

A taxa de transferência de oxigénio é normalmente expressa em kg/dia. 1,42 é um valor teórico que representa a massa de oxigénio (em gramas) necessária para oxidar 1 grama de biomassa.

Deve ser transferido para o líquido misturado para manter um nível de oxigénio dissolvido de pelo menos 1 – 2 mg/l (maior se houver nitrificação no mesmo reator).

Os equipamentos mais comuns para o arejamento são: a) difusores, que fazem bolhas de ar ou oxigénio puro a partir de injetores colocados no fundo do tanque de arejamento, que tomam o sentido ascendente através do licor misto; b) agitadores mecânicos, como exemplo mais comum as pás rotativas

Ao injetar oxigénio puro em vez de ar em tanques de arejamento, pode aumentar a eficiência da transferência de oxigénio por um fator de 4. Isto permite que os tanques possam ter menores dimensões favorecendo consequentemente as características da lama e o desempenho da nitrificação.

A maior desvantagem são os custos associados e as operações relacionadas com o fornecimento de oxigénio puro.

3.2.3.2.4 Remoção biológica de nutrientes

No tratamento secundário por lamas ativadas é possível a remoção de nutrientes como o azoto e o fósforo. A remoção de cada composto depende do tipo de reator e processos a utilizar, uma vez que cada qual poderá promover a degradação de compostos diferentes.

A remoção biológica de nutrientes é explicada mais à frente, no tratamento terciário.

3.2.3.1 Decantação secundária

Na decantação secundária criam-se as condições de sedimentação necessárias para que, no efluente proveniente dos tratamentos biológico, ocorra separação das fases líquida e sólida. Esta operação, que ocorre num tanque denominado decantador, tem os seguintes objetivos:

- Produção de lamas biológicas espessadas; estas lamas têm dois destinos possíveis: recirculação para o seletor/tanque anóxico ou tratamento da fase sólida (neste último caso apenas para as lamas em excesso);
- Clarificar o efluente que sai do tratamento secundário.

Num sedimentador convenientemente dimensionada é possível observar várias zonas distintas, que se sucedem com o aumento da profundidade (Figura 32). A camada superficial é constituída por efluente clarificado: é a zona clarificada. É também nesta zona que deve ser extraído o efluente que abandona o tratamento secundário.

Com o aumento da profundidade, também a interação entre partículas que sedimentam vai aumentando, dado que aumenta a sua concentração. Criam-se flocos e a velocidade de sedimentação cresce, criando-se o manto de lamas (Ariscrisnã, 2012, que cita Davis, 2010).

Finalmente, as partículas floculadas acumulam-se no fundo de sedimentador. A ação do peso próprio dos flocos provoca a sua compactação, produzindo assim as lamas espessadas.

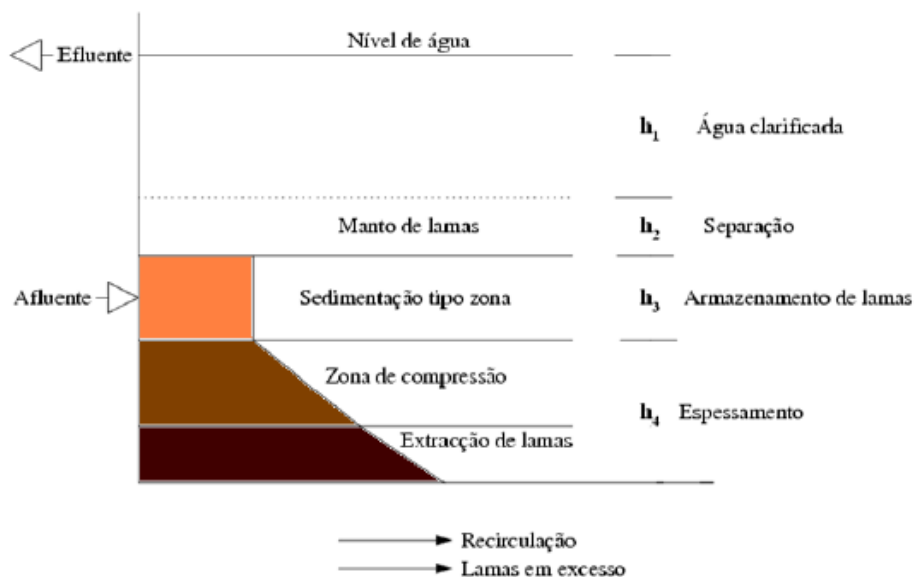


Figura 32 – Perfil tipo da concentração de sólidos – profundidade do decantador (Ariscrisnã, 2012; Ferreira *et al.*, 2005).

Dimensionamento dos decantadores secundários

Os objetivos a cumprir no dimensionamento dos decantadores são:

- Produção de efluente clarificado;
- Produção de lamas concentradas.

Os parâmetros a considerar no dimensionamento dos decantadores são:

- Taxa de aplicação superficial;
- Tempo de retenção;
- Carga hidráulica nos descarregadores.

Tabela 15 - Valores típicos de decantadores circulares e retangulares (Metcalf & Eddy, 2003).

Tipo de decantador	Parâmetro	Gama	Média
Circular	Profundidade (m)	3,0 – 4,9	4,6
	Diâmetro (m)	3,6 – 60,0	12 – 45
	Largura (m)	60 – 160	80
	Velocidade do raspador (rpm)	0,02 – 0,05	0,03
Retangular	Profundidade (m)	3,0 – 5,0	3,6
	Comprimento (m)	15 – 90	25 – 40
	Largura (m)	3 – 24	6 – 10
	Velocidade do raspador (m/min)	0,6 – 1,2	1,0

A partir da taxa de aplicação à carga hidráulica máxima é possível obter a área do decantador através da fórmula seguinte:

$$Carga\ hidráulica\ máxima = \frac{Q}{A} \tag{39}$$

Sendo,

Q – Caudal afluente ao decantador secundário, m³/d

A – Área, em planta, do decantador, m²

Carga hidráulica máxima – Taxa de capacidade máxima, m³/m².d.

3.2.4 TRATAMENTO TERCIÁRIO

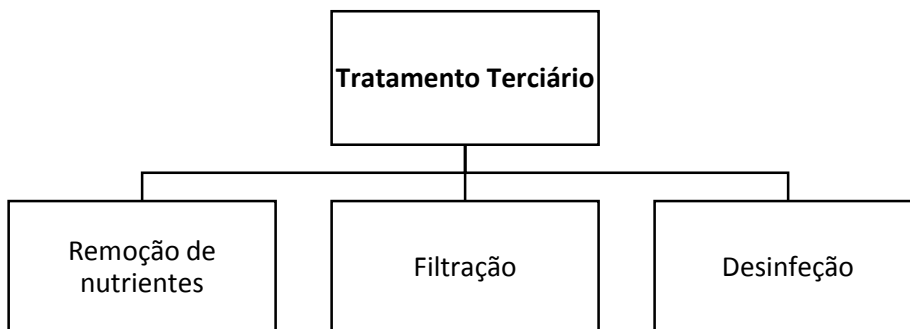


Figura 33 – Processos do tratamento terciário.

O tratamento terciário, também denominado de tratamento avançado, tem como objetivo melhorar a qualidade do efluente proveniente do tratamento secundário. Sendo assim, esta etapa será obrigatória sempre que o efluente proveniente do tratamento secundário não respeitar as disposições legais exigidas para a sua descarga no meio recetor.

Esta etapa poderá recorrer aos seguintes processos: remoção de nutrientes, a filtração e desinfecção.

3.2.4.1 Remoção de nutrientes

As águas residuais podem conter elevados níveis de nutrientes (compostos de azoto e de fósforo). A libertação excessiva destes nutrientes pode provocar, próximo do local de descarga, o crescimento descontrolado de algas, cianobactérias (algas azuis) e vegetação. Este fenómeno transforma os locais de descarga em locais pantanosos e anóxicos, potencializando a contaminação da água potável e colocando em risco milhares de espécies.

A remoção de nutrientes pode ser feita por processos biológicos ou físico-químicos.

3.2.4.1.1 Remoção do azoto

O azoto é um nutriente essencial para o crescimento de microrganismos uma vez que será consumido para a produção de biomassa. O consumo é proporcional à carga orgânica (CBO) da água residual e pode ser calculado aproximadamente de acordo com a relação CBO/N de 100/5 (Metcalf & Eddy, 2003).

De acordo com esta relação, apenas uma parte será consumida na produção de biomassa. A parte principal manter-se-á e será encontrada de novo no efluente final.

O azoto pode-se apresentar no efluente sob a forma de amónia, nitratos e azoto orgânico. Estes compostos podem originar fenómenos prejudiciais ao meio ambiente, nomeadamente a libertação de amónia para a atmosfera ou a formação de depósitos condensados de soluções alcalinas.

O processo de remoção biológica do azoto envolve processos sequenciais de amonificação, nitrificação e desnitrificação. Na Figura 34 estão representados, sequencialmente, os processos que permitem a degradação do azoto.

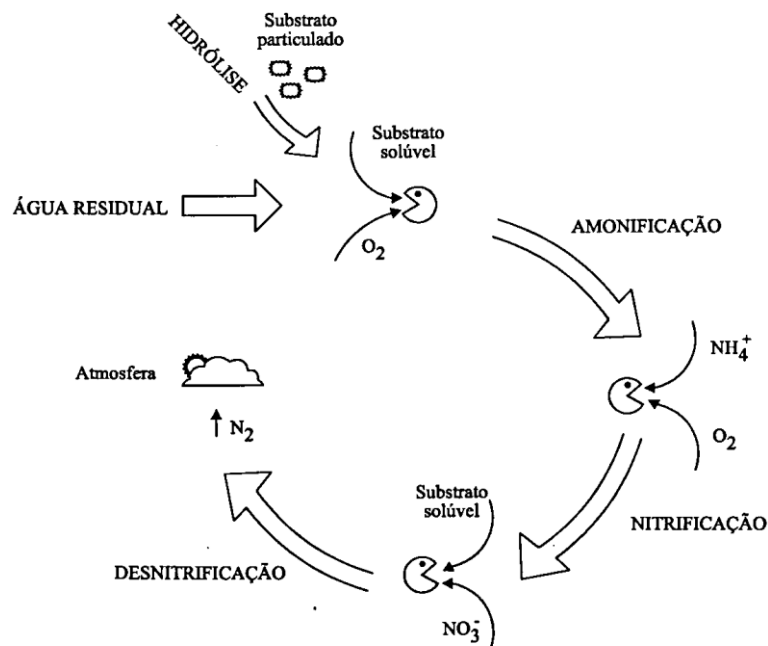


Figura 34 – Ciclo de degradação dos compostos azotados nos sistemas de tratamento de efluentes (Martins, 2008).

De seguida serão apresentadas a amonificação, a nitrificação e a desnitrificação, as três mais importantes fases do processo de remoção do azoto.

Amonificação

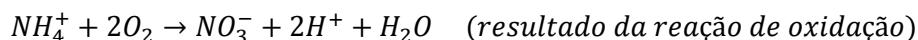
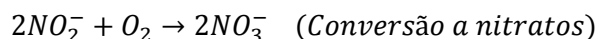
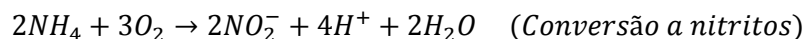
A amonificação é o nome que se dá ao processo de transformação do azoto orgânico solúvel em azoto amoniacal (NH_4^+). Constitui o primeiro passo no ciclo de degradação dos compostos azotados presentes no efluente. Os microrganismos não conseguem atuar diretamente no azoto orgânico solúvel, pelo que este é hidrolisado antes de sofrer a amonificação (Martins, 2008).

Nitrificação

Na primeira fase dá-se a nitrificação, que se trata de um processo químico segundo o qual o azoto orgânico e amoniacal (NH_4^+) se oxida em nitritos e posteriormente em nitratos. Ou seja, é um processo que se realiza em duas etapas: a primeira etapa consiste na transformação do amoníaco em nitrito e na segunda o nitrito converte-se em nitrato.

Estas reações são levadas a cabo por microrganismos específicos que ocorrem apenas na presença de oxigénio. Podem dar-se no reator arejado desde que este esteja devidamente dimensionado para permitir o desenvolvimento das reações.

No entanto, o azoto presente em diversas formas, e tendo sido transformado em nitratos nestas reações, ainda não foi removido da água residual, pelo que será necessária uma segunda fase de conversão, a desnitrificação (Metcalf & Eddy, 2003).



Fatores que influenciam o processo de nitrificação:

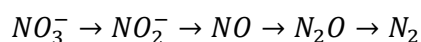
- Temperatura;
- Alcalinidade;
- Oxigénio dissolvido.

Desnitrificação

A desnitrificação é o processo que permite que o nitrato seja reduzido em gás de azoto (N₂) através de reações promovidas por microrganismos específicos, denominados anaeróbicos facultativos e heterotróficos. Estas reações apenas ocorrem na ausência de oxigénio livre, na presença de nitritos e/ou nitratos e na presença de uma fonte de carbono (CBO).

O azoto produzido liberta-se naturalmente da mistura lama/água residual.

De seguida são apresentados os passos que conduzem à redução de nitrato a nitrito, óxido nítrico, óxido nitroso e gás azoto.



Fatores que influenciam o processo de desnitrificação:

- pH;
- Temperatura;
- Oxigénio dissolvido;
- Substratos orgânicos.

Em resumo:

1. O azoto orgânico solúvel originalmente presente na água residual é convertido para azoto amoniacal – **a amonificação**;

2. O azoto amoniacal é transformado em nitrato – **a nitrificação**;
3. O nitrato é reduzido a gás azoto, que se liberta para a atmosfera – **a desnitrificação**.

O processo de remoção de azoto para que fique devidamente concluído é necessário que haja a alternância de fases anóxicas e arejadas.

3.2.4.1.2 Remoção do fósforo

A remoção do fósforo pode ser feita por via biológica, por via química ou por via bioquímica. O fósforo encontra-se dissolvido nas águas residuais sob três formas: orto-fosfatos (PO_4^{3-}), polifosfatos (P_2O_7) e fosfatos orgânicos (Ariscrisnã, 2012).

No sistema de lamas ativadas, o processo de remoção de fósforo por via biológica ocorre no reator biológico do tratamento secundário. Neste reator são criadas condições favoráveis ao enriquecimento da biomassa em microrganismos acumuladores de fósforo através da exposição alternada da biomassa a condições anaeróbias e aeróbias (Martins, 2008).

Na zona aeróbia, os microrganismos têm a capacidade de converter em energia, sob a forma de polifosfatos, os produtos provenientes da água residual e da fermentação da biomassa. Estes serão transformados em fosfatos na zona anaeróbia, aquando das suas satisfações energéticas (Martins, 2008).

O aumento da concentração de fosfato no meio de cultura permite que os microrganismos acumuladores de fósforo desenvolvam um metabolismo aeróbio, consumindo os fosfatos em excesso, convertendo-os em mais polifosfatos que serão utilizados na síntese de mais biomassa (Martins, 2008).

Dado que o metabolismo aeróbio disponibiliza grandes quantidades de energia, os microrganismos são capazes de remover uma quantidade superior à libertada na zona anaeróbia. Desta forma, removem-se os fosfatos presentes na água residual. Assim sendo, o fósforo é armazenado e posteriormente extraído do sistema através de lamas em excesso (Martins, 2008).

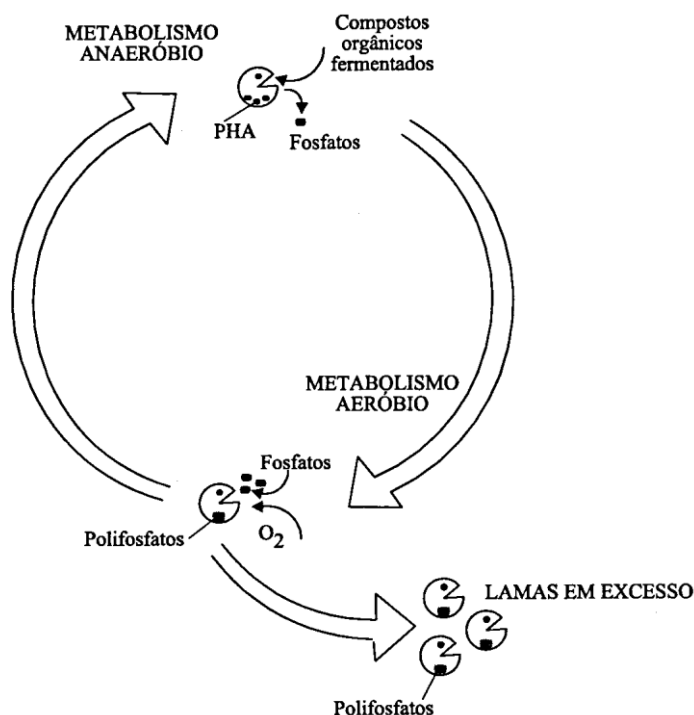


Figura 35 – Modelo de Comeau—Wentzel para o metabolismo dos microrganismos acumuladores de fósforo (Martins, 2008).

No que respeita à remoção de fósforo por via química, o método mais prático é pela coagulação e precipitação química. Este método requer a adição de um reagente químico e a produção de quantidades significativas de lamas. A precipitação poderá ser usada, recorrendo a catiões de ferro, alumínio e cálcio, na forma de cloreto férrico, alumínio ou cal, respetivamente. A eficiência deste método varia de acordo com o tipo e quantidade de reagente adicionado, mistura, processos de floculação¹¹ e decantação (Monteiro, 2004).

A remoção por via bioquímica, implica o recurso aos dois métodos descritos, anteriormente.

3.2.5 TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA

A fase sólida ou tratamento de lamas tem por objetivo o tratamento das lamas de modo a obter-se uma maior concentração de sólidos por volume de lama produzida.

¹¹ A floculação poderá ser usada ou não, dependendo da capacidade de tratamento do equipamento a jusante. (Monteiro, 2004)

As lamas sujeitas a tratamento têm origem no tratamento primário e/ou secundário, resultando essencialmente da remoção da matéria orgânica do efluente e do crescimento dos microrganismos (Ariscrinã, 2012).

A fase sólida é um tratamento dedicado exclusivamente às lamas resultantes do tratamento do efluente bruto. Estas lamas têm uma forma pastosa e representam cerca de 0,25 a 12% de sólidos, dependendo da operação e dos processos usados. Os sólidos podem resultar de material existente no efluente ou de produtos químicos usados durante o processo de tratamento.

Na Figura 36 estão representados os processos e operações que compõem esta etapa de tratamento.

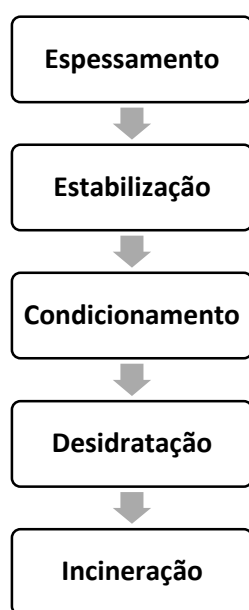


Figura 36 – Processos e operações incluíveis no tratamento da fase sólida (lamas).

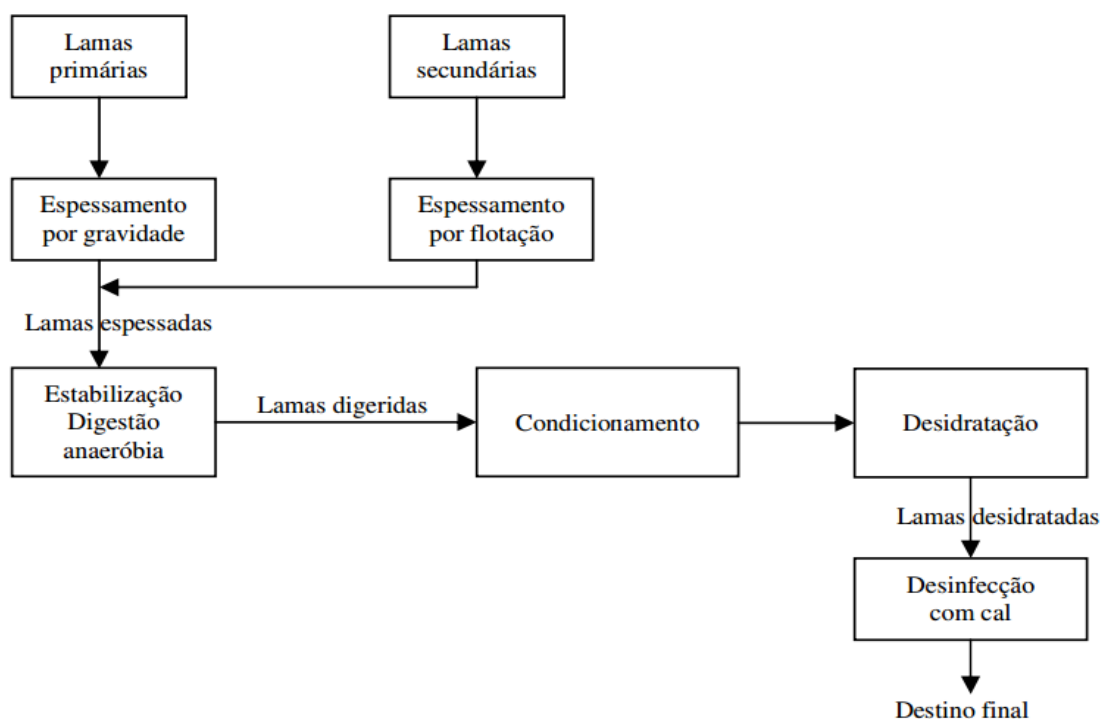


Figura 37 – Fluxograma das diversas etapas do processo de tratamento de lamas numa ETAR (Vieira de Sousa, 2005).

De acordo com Monteiro (2004) e Ariscrisnã (2012) os problemas mais evidentes causados pelas lamas são:

- Resíduo sólido poluente;
- Existência de vários nutrientes (p. ex.: N, K e P);
- Elevada quantidade de matéria orgânica;
- Existência de vários contaminantes (Metais pesados, pesticidas);
- Microrganismos patogénicos;
- Compostos orgânicos instáveis;
- Ocupação de um volume elevado.

Os problemas referidos têm como consequência mais espectacular a emissão de odores fortes que podem atrair, essencialmente, insetos e roedores. Dependendo da sua concentração, estes podem ou não ser um risco para o ambiente e, conseqüentemente para a saúde pública.

Tendo em consideração o transporte e destino final das lamas é importante reduzir o seu peso e volume, permitindo desta forma reduzir os custos inerentes.

As lamas constituem, portanto, um resíduo sólido que deve ser tratado convenientemente, de acordo com o seu destino final. Para tal, é importante prevenir a sua produção que é um aspeto muito dependente do acréscimo de população servida pelos sistemas de abastecimento e drenagem sujeitos a tratamento e do aumento das necessidades de tratamento.

O destino final a dar às lamas produzidas não tratadas é, geralmente, o aterro devido a conteúdos perigosos como os metais pesados, frequentemente presentes. Contudo, a deposição destes materiais indicia um mau aproveitamento material de recursos e uma maior ocupação de solos.

Atualmente, são feitos grandes esforços no sentido de melhorar o aproveitamento destes resíduos de uma forma mais valorizada e com soluções economicamente sustentáveis. O exemplo mais típico é a utilização das lamas na agricultura, cumprindo um conjunto apertado de critérios de qualidade, tendo em conta as suas características e o tipo de tratamento a que são submetidas.

Os principais processos de tratamento de resíduos sólidos (lamas) são, (Monteiro, 2004):

- Espessamento, condicionamento, desidratação e secagem para a remoção da humidade dos sólidos;
- Digestão, compostagem e incineração, para tratar ou estabilizar o material orgânico presente nos sólidos.

A escolha do tipo de tratamento de resíduos sólidos (lamas) depende das propriedades, características, composição e quantidades de sólidos presentes nas lamas.

As lamas podem ser classificadas como lamas primárias ou lamas biológicas, segundo o tratamento de onde advêm (Monteiro, 2004).

- **Lamas primárias:** resultam, normalmente, da decantação primária dos sólidos facilmente sedimentáveis que constituem cerca de 50 a 75% do total de lamas presentes numa ETAR com processos de tratamento convencionais. Este tipo de lamas é mais facilmente espessado por gravidade e apresentam uma maior facilidade de desidratação por meios mecânicos. A maioria das lamas primárias pode ser concentrada nos decantadores primários, podendo ser obtidas concentrações entre 5 a 6% dos sólidos.

- **Lamas biológicas ou secundárias:** resultam dos tratamentos biológicos (lamas ativadas, leitos percoladores e discos biológicos). As suas características variam consoante as taxas de crescimento e o metabolismo dos micro-organismos presentes. Estas lammas constituem cerca de 25% do total de lammas produzidas. A concentração de sólidos nas lammas biológicas depende essencialmente de dois fatores: sedimentação das lammas e fluxo de entrada de sólidos para as lammas primárias.

3.2.5.1 Espessamento

O espessamento tem como objetivo aumentar a concentração dos sólidos e reduzir o volume da água presente nas lammas, reduzindo conseqüentemente o seu próprio volume e peso. Desta forma, o tratamento de lammas torna-se mais económico uma vez que as lammas espessadas requerem tanques com menores dimensões e equipamentos menos dispendiosos. Também é possível armazenar as lammas de forma a não interferirem na eficiência das operações e processos a jusante (Monteiro, 2004; Moura, 2012).

O equipamento usado no espessamento é geralmente mecânico, pelo que o projeto destes sistemas deverá incidir mais no objetivo do tratamento do que na aplicação de teoria e equações de dimensionamento. Como tal, no dimensionamento devem-se considerar essencialmente dois fatores, a capacidade adequada aos caudais de ponta e a prevenção do aparecimento de odores durante o espessamento (Monteiro, 2004).



Figura 38 – Métodos de espessamento.

3.2.5.1.1 Espessamento gravítico

O espessamento gravítico tem como objetivo a sedimentação dos sólidos presentes nas lammas para o fundo de um tanque circular semelhante a um decantador convencional, formando-se assim um manto de lammas. Dada a acumulação destas, as lammas são compactadas pelo seu próprio peso, permitindo a libertação da água residual que nelas existe. Esta água residual sobrenadante é encaminhada de novo para a alimentação da decantação ou para a obra de entrada da ETAR.

O desempenho e o dimensionamento deste tipo de espessadores é efetuado tendo em conta a carga de sólidos no efluente, a carga hidráulica, o tipo de lamas produzido no tratamento da fase líquida da água residual, a profundidade do manto de lamas e o tempo de retenção dos sólidos (Ariscrisnã, 2012).

Relativamente à carga hidráulica, uma elevada carga pode provocar a passagem de sólidos em excesso, e uma baixa carga hidráulica pode causar cenários sépticos e odores. Assim, de forma a manter uma carga hidráulica constante e ideal, pode-se adicionar água de diluição (efluente final) ou polímero às lamas que são encaminhadas para o espessador (Ariscrisnã, 2012; Metcalf & Eddy, 2003).

São recomendadas cargas hidráulicas máximas de 15,5 a 31 m³/m².d para lamas primárias, 4 a 8 m³/m².d para lamas ativadas e 6 a 12 m³/m².d para uma mistura destas duas lamas. É importante salientar que as elevadas cargas hidráulicas poderão causar sobrecargas no sistema, e as baixas cargas hidráulicas poderão provocar o desenvolvimento da anaerobiose, aparecimento de materiais à superfície e consequente libertação de odores desagradáveis e arraste de sólidos (Monteiro, 2004).

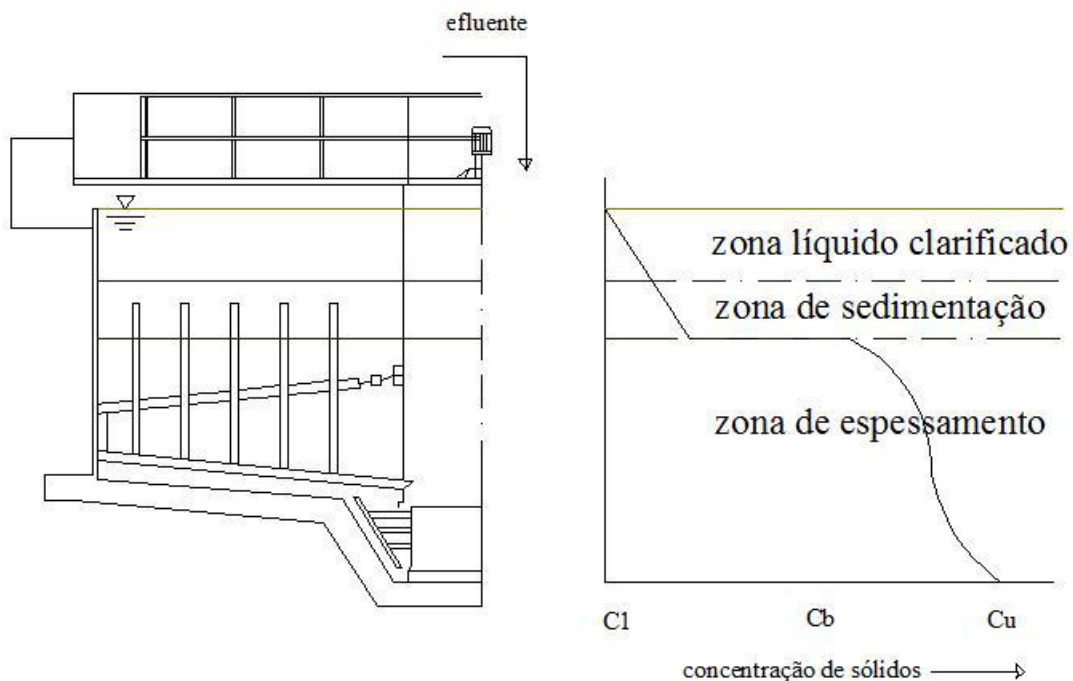


Figura 39 – Interior de um espessador gravítico (Moura, 2012).

Os sólidos que afluem ao espessador dividem-se em três zonas diferentes tal como está representado na Figura 39. A camada superior contém líquido clarificado e a camada intermédia é a zona de sedimentação, que usualmente contém um fluxo de lama mais densa que se move do afluente em direção à zona de espessamento. Na zona de espessamento, as partículas individuais da lama aglomeram-se, formando o manto de lamas que é mantido nesta zona onde a massa de lamas vai

sendo comprimida pelo material continuamente adicionado na parte superior, saindo a água pelos espaços intersticiais (Moura, 2012).

3.2.5.1.2 Espessamento por flotação

O espessamento por flotação tem como objetivo espessar lamas provenientes fundamentalmente do tratamento biológico, permitindo alcançar uma maior concentração de sólidos. Este método é mais eficaz a espessar lamas provenientes do tratamento de lamas ativadas ou de lamas resultantes da nitrificação. Apresenta várias vantagens em relação ao tratamento de lamas ativadas, tais como a fiabilidade, a elevada carga de sólidos, o custo de investimento reduzido e a melhor captura de sólidos. As desvantagens são o seu elevado custo de operação (energia e reagentes) (Moura, 2012; Ariscrisnã, 2012).

Tal como descrito no Tratamento Primário, a flotação dá-se pela injeção de ar pressurizado, forçando as partículas sólidas a subirem até à superfície. Posteriormente estes sólidos são removidos mecanicamente.

No sentido de melhorar a eficiências dos flotadores, esta operação pode ser auxiliada pela utilização de polímeros. O uso de polímeros permite aumentar a eficiência de remoção de sólidos de 85% para 98 a 99% (Ariscrisnã, 2012; Metcalf & Eddy, 2003).

No dimensionamento destes sistemas devem considerar-se alguns fatores importantes (Ariscrisnã, 2012; Monteiro, 2004):

- Rácio ar/sólidos;
- Características das lamas;
- Carga de sólidos;
- Utilização ou não de polímero;
- IVL da lama;
- Pressão de ar.

As características das lamas a flotar é muito importante, uma vez que afeta o desempenho do órgão. A prática mostra que o espessamento por flotação deve ser principalmente aplicado para lamas ativadas ou para a combinação de lamas primárias com lamas ativadas. Esta última possibilidade é, das duas, a que apresenta melhores resultados. Quanto ao IVL verifica-se que a um valor elevado deste índice corresponderá um baixo nível de desempenho do espessamento (Moura, 2012).

Tabela 16 – Valores típicos de dimensionamento para flotadores (Monteiro, 2004).

Tipo de lamas		Carga hidráulica (kg/m ² .h)	
		Sem polímero	Com polímero
Lamas ativadas	Licor Misto	1,2 – 3,0	Mais de 10
	Sedimentadas	2,4 – 4,0	Mais de 10
Lamas ativadas com oxigénio purificados		3,0 – 4,0	Mais de 10
Húmus do filtro de espessamento		3,0 – 4,0	Mais de 10
Lamas ativadas e primárias		3,0 – 6,0	Mais de 10
Lamas primárias e húmus do espessamento		4,0 – 6,0	Mais de 10
Lamas primárias		4,0 – 6,0	Mais de 10

Os principais componentes de um sistema de espessamento por flotação são (Moura, 2012):

- Uma bomba de alimentação de lamas;
- Um medidor de caudal;
- Um misturador de polímero com equipamento de alimentação;
- Um espessador;
- Um painel de controlo elétrico;
- Um compressor de ar e uma bomba de saída das lamas.

3.2.5.1.3 Espessamento por centrifugação

O espessamento por centrifugação é efetuado recorrendo à força centrífuga gerada num tambor rotativo no qual são colocadas as lamas.

As centrífugas são maioritariamente usadas no tratamento de lamas ativadas. Neste caso, o equipamento mais usado é a centrífuga de “bolo seco”, que é constituída por um tubo cilíndrico rotativo disposto horizontalmente. Este equipamento é continuamente alimentado por lamas que entram pela zona axial, enquanto os sólidos secos se depositam nas paredes do cilindro (Monteiro, 2004).

Este equipamento é muito dispendioso, tem um consumo de energia elevado e custos de operação e manutenção significativos, pelo que apenas se justificará em instalações com grandes limitações de espaço, que tratem caudais elevados (720 m³/h é um valor referido por Monteiro, 2004) e possuam

operadores experientes. No entanto, esta solução poderá ser economicamente viável quando implicar uma grande diminuição de custos associados ao tratamento a jusante (Monteiro, 2004; Moura, 2012).

À semelhança do que acontece no espessamento por flotação, poderá ser adicionado polímero ao processo de centrifugação de modo a melhorar a sua eficiência. Neste caso são aconselhadas quantidades até 4g de polímero por 1kg de sólidos (Monteiro, 2004).

Segundo Monteiro (2004), o dimensionamento das centrífugas deverá ser feito tendo em consideração os seguintes aspetos:

- Características da lama;
- Velocidade rotacional;
- Velocidade diferencial;
- Débito da fase líquida;
- Necessidade de polímeros.

Quando a força de rotação é elevada, é possível obter uma maior concentração de sólidos no bolo final e uma fração líquida mais clara. No entanto, nesse caso o consumo de energia é também mais elevado. A concentração de sólidos no bolo final também é maior o quanto menor for a diferença de velocidades entre o tambor e o parafuso (Monteiro, 2004).

Uma vez que os parâmetros de dimensionamento variam consoante o local e o processo de tratamento do efluente numa instalação de tratamento, existem vários fornecedores que disponibilizam uma série de equipamentos padronizados com as várias especificações disponíveis que dão resposta á necessidade de um determinado processo.

3.2.5.2 Estabilização

A estabilização tem como objetivo garantir a qualidade do tratamento reduzindo ou eliminando microrganismos patogénicos, odores ou a putrefação dos materiais presentes (Monteiro, 2004).

Para tal, poderão ser utilizados processos biológicos ou físico-químicos, sendo o primeiro o mais frequentemente utilizado. A estabilização por tratamento térmico é um método raramente utilizado.

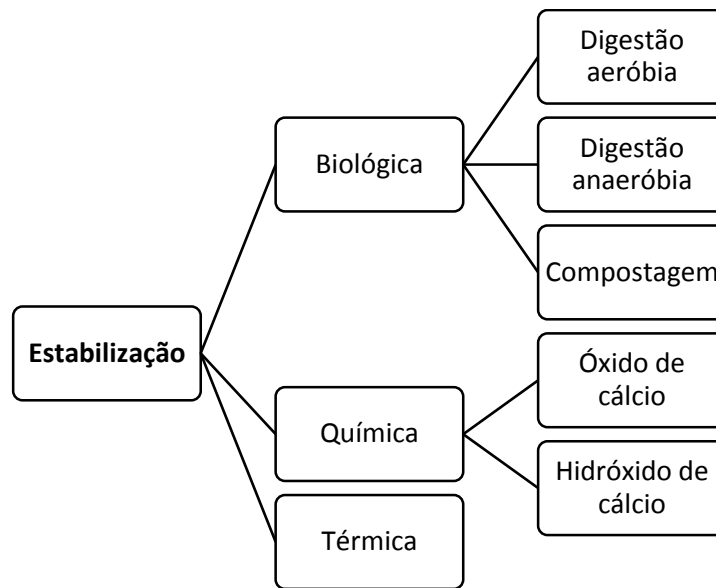


Figura 40 – Principais processos de estabilização.

3.2.5.2.1 Estabilização biológica

A estabilização biológica é realizada por digestão, que poderá ser aeróbia ou anaeróbia, e por compostagem.

3.2.5.2.1.1 Digestão

Digestão aeróbia

A digestão aeróbia é um processo de decomposição orgânica na presença de oxigénio, tendo como objetivo, nesta fase de tratamento, a estabilização bioquímica de lamas. Os digestores¹², que funcionam como tanques arejados, podem ser abertos ou fechados. À medida que as reservas de substrato são esgotadas, os microrganismos tentam obter energia a partir da degradação das suas próprias células. Cerca de 75% das células são oxidadas a dióxido de carbono, água e amónia (Monteiro, 2004).

Vantagens associadas à digestão aeróbia:

- Boa capacidade de redução de sólidos;
- Menor concentração de CBO nos sobrenadantes;
- Menor produção de odores;

¹² Órgão onde ocorre a digestão aeróbia.

- Produção de um composto biologicamente estável;
- Digerido rico em nutrientes.

Desvantagens (Monteiro, 2004):

- Elevados custos de operação para o fornecimento de oxigênio;
- Fracas propriedades de desidratação do digerido;
- O processo é muito dependente da temperatura, localização, geometria do tanque, concentração de sólidos e mistura, e modo de arejamento.

Digestão anaeróbia

O processo de estabilização de lamas por digestão anaeróbia tem como objetivo a degradação das matérias orgânicas complexas na ausência de oxigênio molecular. Atualmente, é um dos processos mais utilizados nas ETAR, uma vez que desse processo resulta uma mistura de metano (CH₄) e dióxido carbono (CO₂) pela conversão de matéria orgânica volátil. Estes são os componentes principais do biogás, pelo que pode ser aproveitado para a produção de energia na ETAR evitando-se assim, a sua libertação para a atmosfera (Ariscrisnã,2012; Metcalf & Eddy, 2003).

A digestão anaeróbia divide-se em quatro fases principais: hidrólise, acidogénese (ou fermentação), acetogénese e a metanogénese.

Numa primeira fase ocorre a hidrólise das macromoléculas (compostos orgânicos complexos como as proteínas, hidratos de carbono e lípidos). Na fase acidogénea ocorre a produção de compostos orgânicos solúveis e ácidos orgânicos de cadeia curta. Na acetogénese ocorre uma redução do peso molecular das bactérias, uma vez que os compostos gerados na fase anterior servem como substrato a outro tipo de bactérias, formando-se assim uma espécie de acetato. Por fim, na fase da metanogénese ocorre a conversão dos ácidos orgânicos voláteis em metano e dióxido de carbono, formando-se o biogás.

Os processos de digestão anaeróbia são principalmente afetados pelos seguintes fatores: temperatura, pH, composição das lamas e tempos de retenção dos sólidos.

3.2.5.2.1.2 Compostagem

A compostagem é, tal como a digestão aeróbia, um processo de estabilização de resíduos orgânicos por degradação biológica, em meio aeróbio. No entanto, e nisto se distingue da digestão aeróbia, tem como objetivo produzir uma substância húmida maturada, geralmente designada por composto. O

composto é o produto final estabilizado que poderá ser aplicado no solo, uma vez que apresenta vantagens sobre os fertilizantes químicos.

A compostagem pode ser definida como compreendendo duas etapas principais: uma de decomposição biológica e uma de estabilização final de substratos orgânicos (humidificação). As reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica processam-se em ambiente predominantemente termofílico, também designado por fase de maturação que é resultado da libertação de calor produzido biologicamente na degradação da matéria orgânica, tendo uma duração de 25 a 30 dias. A etapa de humidificação, realizada em pilhas ou leiras de compostagem, dá-se entre 30 a 60 dias, dependendo da temperatura, humidade, composição da matéria orgânica (concentração de nutrientes) e condições de arejamento (Monteiro, 2004).

Mais informação relativa a este tópico poderá ser encontrada em http://compostagem.no.sapo.pt/Compostagem_1.htm e em Monteiro (2004).

3.2.5.2.2 Estabilização química

A estabilização por via química foi uma alternativa muito usada relativamente à estabilização biológica durante vários anos, sendo usados estabilizadores químicos oxidantes ou modificadores de pH.

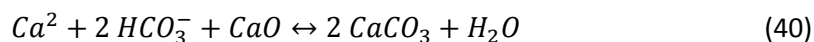
Os oxidantes químicos são normalmente oxidantes fortes como o cloro, que inativa os microrganismos existentes. No entanto, a oxidação química com cloro é um método muito pouco utilizado.

A estabilização química com cal é o método mais utilizado, uma vez que a cal é um produto alcalino forte e normalmente de preço reduzido. A alcalinidade que transmite ao meio em que é adicionada, torna-o inadequado para o crescimento e sobrevivência da maioria dos microrganismos. Desta forma, proporciona-se uma inibição dos microrganismos patogénicos, permitindo o aumento do pH para um valor igual ou superior a 12 (Vieira de Sousa, 2005). O elevado valor de pH permite retardar as reações metabólicas, evitando a produção de odores, a putrefação dos materiais e diminuindo o risco de existência de espécies perigosas para o ambiente, por precipitação dos poluentes.

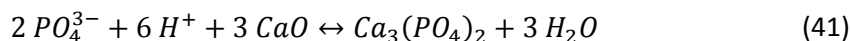
A cal pode ser adicionada sob a forma de CaO (cal viva) ou Ca(OH)₂ (cal hidratada). A hidratação da cal viva (óxido de cálcio) resulta na cal hidratada apagada. As reações de estabilização com compostos inorgânicos e orgânicos são representadas pelas equações (40) a (44), podendo também ocorrer reação de hidrólise. Este processo poderá originar gases que deverão ser devidamente tratados com biofiltros ou *scrubbers* (Vieira de Sousa, 2005; Monteiro, 2004).

- Reações com constituintes inorgânicos:

Cálcio:



Fósforo:



Dióxido de carbono:

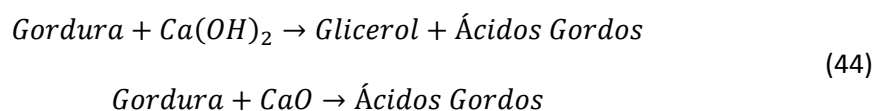


- Reações com constituintes orgânicos:

Ácidos:



Gorduras:



A adição da cal pode ser feita em diferentes etapas de tratamento, nomeadamente: a) antes do processo de espessamento; b) antes do processo de desidratação; e c) após o processo de desidratação. Contudo, a cal poderá ser aplicada simultaneamente com outros processos de tratamento, como na centrifugação ou em filtros de banda, diminuindo o efeito abrasivo dos sólidos e problemas de dimensionamento (Vieira de Sousa, 2005; Monteiro, 2004).

O dimensionamento deste tipo de unidades de tratamento baseia-se na otimização da dosagem necessária para atingir e manter um elevado pH suficiente para garantir a inativação dos microrganismos. Deste modo, a dosagem da cal varia consoante alguns parâmetros, nomeadamente: a) as características do material usado como estabilizador químico; b) as características das lamas; c) da concentração de sólidos; e d) da velocidade de mistura dos agentes químicos nas lamas. Posto isto,

não é possível prever para muitos casos, a dosagem de reagente a utilizar, pelo que é aconselhada a realização de testes laboratoriais para melhor caracterizar a situação a resolver. Na Figura 16 são apresentados valores típicos de dosagem de cal segundo alguns tipos de lamas.

Tabela 17 – Valores típicos de dosagem de cal segundo alguns tipos de lamas (Monteiro, 2004).

Tipo de lamas	Concentração de sólidos (%)		Dosagem de cal (g Ca(OH) ₂ /kg) sólidos secos	
	Intervalo	Média	Intervalo	Média
Primárias	3 – 6	4 – 3	60 – 170	120
Ativadas	1 – 1,5	1,3	210 – 430	300
Anaerobiamente digeridas	6 – 7	5,5	280 – 500	380

Em alguns casos, é necessário adicionar uma maior quantidade de agente químico devido a possíveis reações da cal com o dióxido de carbono e ácidos orgânicos, resultantes da atividade biológica. A estabilização química não destrói, para pequenas dosagens, os microrganismos, pelo que, é muitas vezes aconselhável, um excesso de dosagem para a destruição de microrganismos patogénicos.

3.2.5.2.3 Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização, também designadas de diques de terra, são tanques de grandes dimensões com pequena profundidade em que a água residual bruta permanece durante o tempo suficiente para que ocorra a depuração. Ou seja, este tipo de tratamento tem como objetivo transformar o efluente bruto (a matéria orgânica) num efluente com qualidade suficiente para que seja descarregado no meio ambiente, através de processos bioquímicos e naturais.

De um modo geral, os processos envolvem a presença de algas e bactérias, sendo que as algas produzem oxigénio libertado através da fotossíntese, posteriormente utilizado pelas bactérias aeróbicas (respiração). Desta forma as bactérias consomem a matéria orgânica presente no efluente bruto.

Monteiro (2004) refere várias lagoas de estabilização utilizadas, nomeadamente:

- Lagoa aeróbia;
- Lagoa arejada;
- Lagoa anaeróbia;

- Lagoa facultativa;
- Lagoa facultativa arejada;
- Lagoa de maturação;
- Lagoa fotossintética de alta carga;
- Lagoa de sedimentação.

O princípio das lagoas de estabilização é o mesmo em todas as lagoas referidas anteriormente, o que as distingue é, essencialmente, o tipo de reação biológica.

3.2.5.3 Desidratação

A desidratação é um processo que tem como principal objetivo reduzir significativamente a humidade das lamas provenientes dos processos de tratamento de lamas anteriormente referidos. Tendo em conta que o transporte das lamas a destino final apresenta custos diretamente ligados ao seu volume e/ou peso, a aplicação deste processo permite reduzir os custos associados ao encaminhamento das mesmas a destino final (Ariscrisnã, 2012; Metcalf & Eddy, 2003).

Tal como outras operações, a desidratação também pode ser conseguida recorrendo a diferentes ações físicas: evaporação, percolação ou mecanicamente. Estas ações poderão ocorrer em sistemas de filtração, prensagem, leitos de secagem, lagoas de estabilização, centrifugadores ou compactadores (Monteiro, 2004).

A escolha do método de desidratação mais apropriado deve ser em função do tipo de lamas a ser desidratado, o espaço disponível e o destino final a dar-lhes. Geralmente, em pequenas instalações onde o espaço não é limitado opta-se pelo uso de sistemas naturais de desidratação (leitos e lagoas de secagem). Em grandes instalações em que o espaço é limitado recorre-se normalmente a dispositivos de desidratação mecânica.

A Figura 41 apresenta esquematicamente as metodologias de desidratação mais correntemente utilizadas em ETAR.

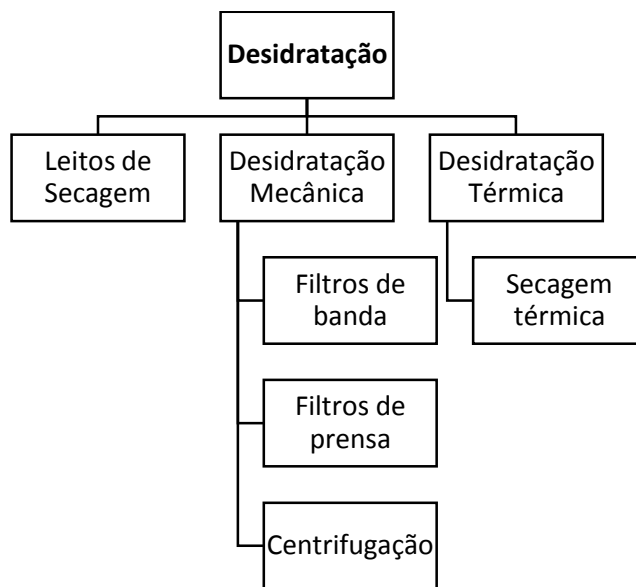


Figura 41 – Sistemas possíveis para a desidratação de lamas.

3.2.5.3.1 Leitos de Secagem

Os leitos de secagem são sistemas naturais de desidratação que se podem subdividir em três categorias: simples, assistidos ou cobertos (Moura, 2012). Os mecanismos físicos associados são: a decantação, a percolação e a evaporação (Monteiro, 2004).

Os leitos de secagem são geralmente constituídos por várias trincheiras, dispostas paralelamente entre si. As trincheiras são contruídas com paredes de alvenaria ou de betão, possuindo no fundo um leito drenante, normalmente preenchido com areia, sobre o qual são descarregadas a lamas a desidratar (Monteiro, 2004).

A desidratação por leitos de secagem é feita em duas etapas: o enchimento e a secagem. O enchimento depende da capacidade de cada leito e tem uma duração, geralmente, entre 15 a 20 dias. A secagem depende essencialmente da temperatura ambiente e da concentração final desejada, tendo esta uma duração de cerca de 3 semanas (Monteiro, 2004).

De acordo com Monteiro (2004) existem cinco tipos de leitos de secagem:

- **Leito convencional (de areia)**

Apenas se justificam para pequenos e médios caudais. Para caudais grandes os custos relacionados com a remoção das lamas e com a substituição da areia são elevados. Os leitos têm habitualmente 6 metros de largura e comprimentos de 6 a 30 m. Obrigam à ocupação de áreas significativas.

- **Leito pavimentado**

É um sistema usado em alternativa aos leitos convencionais e pode ser classificado em dois tipos: drenagem e decantação. Estes leitos têm usualmente planta rectangular, largura de 6 a 15 m e comprimento de 20 a 45 m.

- **Leito de meio artificial**

Pode ser construído em painéis de aço inox ou poliuretano de alta densidade. O sistema apresenta as seguintes vantagens: a) possibilidade de desidratar vários tipos de lamas; b) produto filtrado com baixa quantidade de sólidos suspensos; c) facilidade de limpeza da unidade.

- **Leito assistido por vácuo**

Permite acelerar a desidratação e secagem de lamas mediante a utilização de placas de filtros porosos. As lamas são condicionadas mediante a adição de polímero.

- **Leito de secagem solar**

Este sistema funciona como uma estufa. É constituído por estruturas de planta rectangular, contidas em câmaras cobertas mas que permitem a passagem dos raios solares. Na parte superior são instalados sensores de temperatura e humidade, ventiladores, um aparelho que permite o controlo da secagem e um aparelho móvel que permite o revolvimento periódico da lama.

3.2.5.3.2 Desidratação Mecânica

A desidratação mecânica, tal como o próprio nome indica, tem por base operações mecânicas efetuadas por diferentes sistemas, sendo os mais usuais: filtros de banda, filtros de prensa e centrifugação.

- **Filtros de Banda**

O sistema por filtros de banda permite realizar uma desidratação contínua, fazendo passar a lama por entre duas correias ou bandas porosas, que se deslocam de cima para baixo com o auxílio de rolamentos (Monteiro, 2004).

Os filtros de banda são, geralmente, aconselhados para a secagem de lamas provenientes do tratamento por coagulação, sendo capazes de produzir uma espécie de bolo com consistência adequada de matéria seca (Monteiro, 2004).

Segundo Monteiro (2004), os filtros de banda permitem efetuar:

- a) Condicionamento químico, para flocular a lama numa massa fibrosa e extrair a fase líquida aderente às partículas de lama;

- b) Drenagem gravitacional, permitindo que a água libertada no condicionamento químico escorra livre e continuamente através dos poros da banda;
- c) Estágio de baixa pressão, em que a lama passa por um local contendo duas bandas sobrepostas que se encontram sob tensão pelo sistema de rolos, permitindo a extração de água por compressão, formando assim um tapete com a matéria seca contida entre as bandas;
- d) Estágio de alta pressão, em que a matéria seca é compactada ao extremo, drenando uma grande parte da água através da banda.

É fundamental a correta seleção do tipo de tela a aplicar no equipamento. Monteiro (2004) refere as principais condicionantes a considerar:

1. Diâmetro e material do fio;
2. Geometria da tela e padrão do tecido;
3. Número de fios longitudinais e transversais;
4. Resistência à tração;
5. Número de fios na malha por unidade de comprimento;
6. Abertura da malha;
7. Permeabilidade ao ar e/ou à água.

Os materiais mais utilizados na construção das telas são: lã, algodão, fibras de aço, vidro, *nylon*, *teflon*, polietileno e poliéster. O mais indicado para este tipo de filtros é o poliéster porque apresenta uma elevada resistência mecânica e química, e é bastante flexível (Monteiro, 2004).

- **Filtros de prensa**

Os filtros de prensa mais utilizados são os de câmara (volume fixo) e os de membrana ou diafragma (volume variável). Qualquer um destes tipos tem um processo de funcionamento que se baseia na compressão das lamas, de modo a que a água contida nelas seja expulsa. Mais informação poderá ser encontrada em Monteiro (2004) ou nas páginas *Web* dos fabricantes deste tipo de equipamentos.

- **Centrifugação**

A desidratação de lamas por centrifugação, ocorre num equipamento normalmente designado por centrífuga. A separação da fração sólida da fração líquida das lamas é efetuada por ação de forças centrífugas, tal como já acontecia no espessamento de lamas (ver 3.2.5.1.3).

Apesar da desidratação por centrifugação não necessitar de condicionamento químico, é conveniente salientar que esta operação poderá ser significativamente melhorada com a adição de polímeros nas lamas (Alves, 2013).

O desempenho desta operação é, no final, traduzida pelos parâmetros: a) concentração final de matéria seca; b) capacidade de retenção de sólidos; c) quantidade de produtos químicos ou polímeros utilizados (Alves, 2013).

As principais vantagens apontadas ao sistema de centrifugação são: a) o equipamento associado a este sistema é um órgão compacto de fácil limpeza; b) operação simples¹³; c) elevado rendimento; d) possibilidade de suportar elevadas cargas hidráulicas; e) baixa exposição a organismos patogénicos, aerossóis, sulfureto de hidrogénio, entre outros (Alves, 2013; Monteiro, 2004).

As principais desvantagens são: a) elevados custos de manutenção; b) desgaste rápido do equipamento¹⁴; c) elevados níveis de ruído; d) elevadas vibrações; e) elevados consumos de energia¹⁵; f) necessidade de otimização do equipamento (Alves, 2013; Monteiro, 2004).

A centrifugação é, possivelmente, a técnica de desidratação de lamas mais utilizada nas ETAR. Os principais parâmetros de dimensionamento de centrífugas são:

- a) Taxa de alimentação do processo;
- b) Velocidade de rotação do equipamento e velocidade diferencial do cilindro;
- c) Utilização de agentes flocculantes;
- d) Profundidade do local de deposição de lamas;
- e) Características das lamas;
- f) Profundidade do líquido no tambor;
- g) Volume de sólidos a espessar;
- h) Concentração de sólidos a obter;
- i) Parâmetros físicos e químicos dos sólidos presentes (forma, dimensão, densidade, temperatura).

¹³A operação não exige um acompanhamento permanente do funcionamento do equipamento. O seu funcionamento é automático e não necessitam de água nem telas, ocupando assim menos espaço e produzindo menos odores. (Alves, 2013)

¹⁴ Necessidade de material de construção resistente ao efeito abrasivo dos sólidos.

¹⁵ Devido às máquinas trabalharem com altas velocidades rotativas.

3.2.5.3.3 Desidratação Térmica

A desidratação térmica recorre ao aquecimento das lamas de forma a provocar a evaporação da água nelas contida. Para além da redução do peso e volume das lamas, esta tecnologia também permite a eliminação de microrganismos patogénicos da lama, não sendo em causa o seu teor de matéria orgânica, tornando-a assim, estável para aplicação no solo (Monteiro, 2004).

Os equipamentos mais utilizados na secagem térmica são o secador rotativo (de soleiras múltiplas e de leito fluidizado), por transporte pneumático e transportadores de esteira (Monteiro, 2004).

Segundo Monteiro (2004), neste tipo de tratamento devem ser considerados os seguintes condicionalismos:

- a) Consumo de energia;
- b) Tipo de equipamento;
- c) Humidade inicial e final do material;
- d) Humidade ambiente.

As transferências de calor dão-se por: convecção, condução, radiação ou por uma combinação destas três formas (Monteiro, 2004).

- **Convecção** – verifica-se o contacto direto da lama com o gás aquecido. Em estado estacionário, a quantidade de calor permutada é diretamente proporcional à área superficial exposta, diferença de temperatura entre o gás e o material a secar e outros fatores como a velocidade e a turbulência do ar.
- **Condução** – verifica-se que uma parede sólida permite separar as lamas do meio de transferência de calor.
- **Radiação** – é o processo de transferência de calor para as lamas por exposição a lâmpadas infravermelhas ou outros elementos elétricos e incandescentes, permitindo assim a evaporação de líquidos existentes.

Tendo em conta os processos envolvidos neste tratamento, é natural que surjam, principalmente, cinzas voláteis e odores. Como tal, devem ser tomadas medidas para o combate deste fenómeno, nomeadamente, medidas para a recolha das cinzas e para o controlo de odores. Para a recolha das cinzas voláteis são muitas vezes aplicados ciclones com eficiências de separação na ordem dos 75 a 80% para temperaturas de gás acima dos 340 a 370°C. Para o controlo e/ou destruição de odores, os gases de exaustão podem atingir temperaturas de 730°C através da utilização de incineradores,

embora também possam ser usados oxidantes térmicos, contudo, a baixas temperaturas pode-se proceder à oxidação parcial dos odores (Monteiro, 2004).

A classificação dos secadores é baseada no método de secagem adotado, ou seja, no método utilizado para promover a transferência de calor entre os materiais presentes. Esta transferência é dependente da temperatura externa, humidade, velocidade, direção do gás de secagem, área de exposição, características da lama, presença de agitação e tempo de contacto (Monteiro, 2004).

Os secadores classificam-se como diretos, indiretos, de radiação ou mistos e poderão ser usadas fontes de carvão, óleo, gás, radiação infravermelha ou lamas secas¹⁶, como meios de fornecimento de energia na secagem (Monteiro, 2004).

A secagem direta é um processo usado, geralmente, na secagem de lamas municipais e baseia-se na entrada de ar quente, colocado em contacto com a lama, onde é permutado o calor por convecção, tal como é representado na Figura 42.

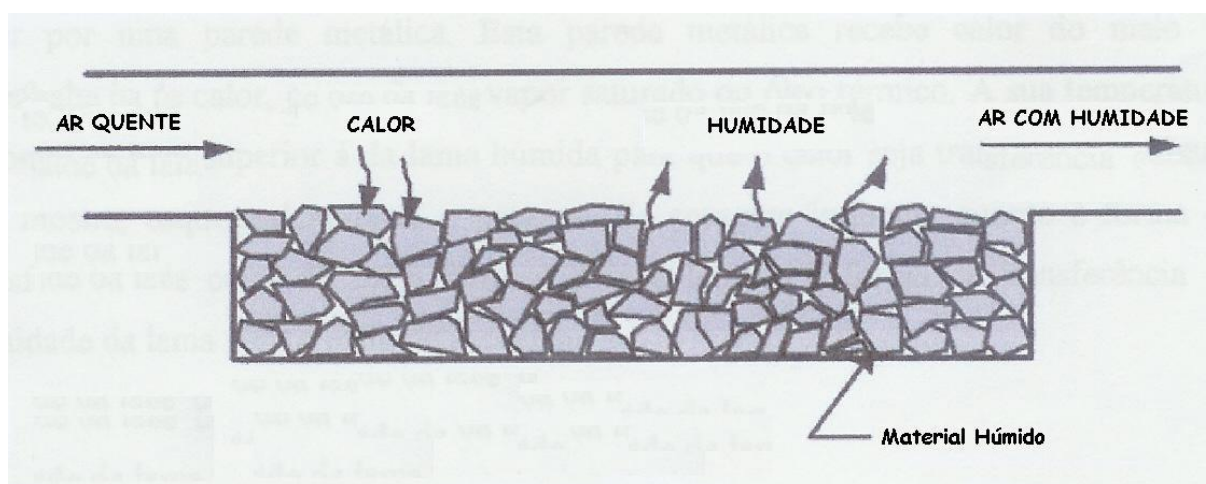


Figura 42 – Esquema representativo do processo de secagem direta (Monteiro 2004).

A secagem indireta é um processo de transferência de calor realizada através do contacto da lama com uma superfície metálica aquecida, por meio de condução (Figura 43). O aquecimento desta superfície pode ser efetuado por utilização de vapor ou óleo, que circula no outro lado da superfície, conduzindo assim o calor para a lama. Os secadores indiretos podem ter uma configuração horizontal ou vertical (Monteiro, 2004).

¹⁶ As lamas secas podem tornar-se perigosas (risco de incêndio ou explosão) devido ao seu elevado estado de divisão e baixa humidade. Como tal, devem ser cuidadosamente manuseadas (armazenamento adequado e atenção ao seu volume e pressão).

Neste tipo de secagem há necessidade de recircular parte da lama, agitá-la e raspar a superfície metálica no sentido de aumentar a superfície de troca de calor e consequentemente a quantidade de calor transferido. É aconselhável efetuar o escoamento de gás de arraste de modo a diminuir a quantidade de vapor em contacto com as lamas, evitando a transferência de humidade para a lama (Monteiro, 2004).

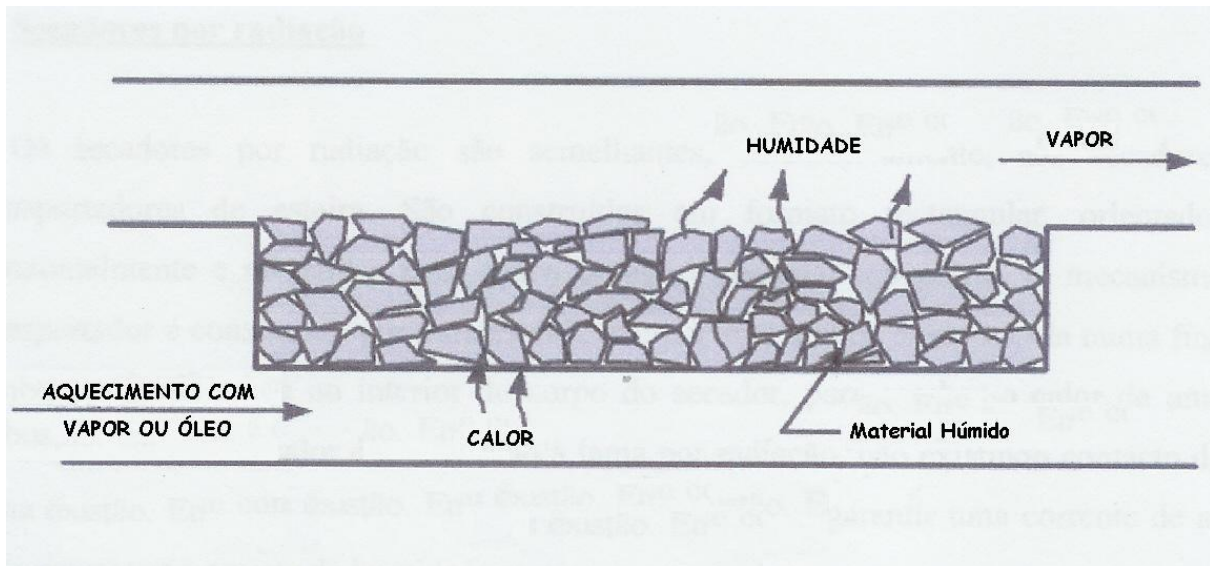


Figura 43 – Esquema representativo do processo de secagem indireta (Monteiro, 2004).

A secagem por radiação utiliza secadores constituídos por uma esteira horizontal, onde são colocadas as lamas a secar em camadas finas, revestidos por material refratário e chapa de aço. As lamas são posteriormente transportadas para o interior de um secador, onde recebem calor por radiação, não havendo contacto das lamas com os gases de combustão (Monteiro, 2004).

Por fim, note-se que o produto resultante do tratamento por desidratação tem características que dependem do tipo de lamas, do tipo de processo e da configuração física das superfícies de secagem. Também é importante saber que os custos associados à desidratação térmica são bastante elevados devido ao consumo de combustível na produção de calor, sendo portanto, a principal vantagem deste tratamento a sua eficaz capacidade de desidratação. A sua principal desvantagem é a necessidade de elevados gastos de operação e o potencial risco de incêndio (Monteiro, 2004).

3.2.5.4 Condicionamento

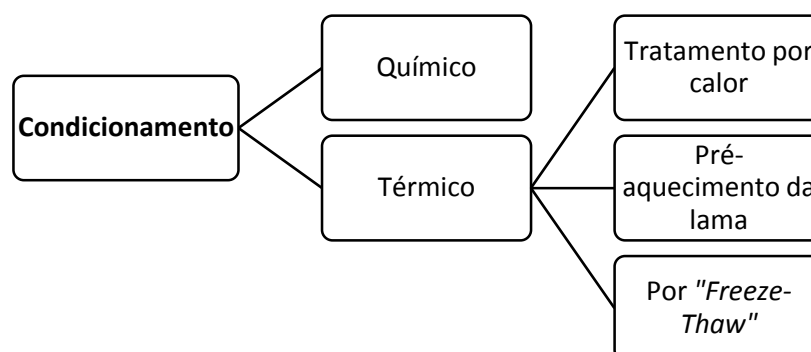


Figura 44 – Principais processos utilizados para o condicionamento.

O condicionamento será utilizado sempre que for necessário melhorar a desidratação e/ou espessamento das lamas. Para tal, poder-se-á efetuar um condicionamento químico ou um condicionamento térmico.

3.2.5.4.1 Condicionamento químico

O condicionamento químico tem como principal objetivo reduzir a humidade. Pretende-se com este processo a coagulação dos sólidos e a libertação da água existente. Para tal, recorre-se à utilização de componentes químicos (cloreto férrico, cal, alumínio, polímeros orgânicos) que promovem o aumento da quantidade de sólidos secos. A centrifugação é um exemplo, muito frequente, da utilização deste processo (Monteiro, 2012).

Os compostos são, geralmente, preparados e armazenados em tanques¹⁷ de dimensões adequadas à instalação e à necessidade de tratamento. Também os próprios compostos, bem como as dosagens, devem ser adequados tendo em consideração as propriedades das lamas, a concentração de sólidos, o tratamento de onde advêm, o pH e a alcalinidade. Para determinar os reagentes e as dosagens mais favoráveis devem-se realizar testes laboratoriais (Monteiro, 2012).

3.2.5.4.2 Condicionamento térmico

A temperatura é um parâmetro que pode ser usado para condicionar o tratamento das lamas através da sua manipulação a fim de se chegar a valores desejados. Como tal, para condicionar o tratamento

¹⁷ Os tanques deverão ser construídos com materiais resistentes á corrosão e ataque de ácidos (ex.: polietileno ou borracha).

das lamas pela temperatura, é possível recorrer a três processos: tratamento por calor, pré-aquecimento da lama e condicionamento por *Freeze – Thaw* (Monteiro, 2012).

- **Tratamento por calor**

O tratamento por calor tem como objetivo aquecer as lamas, sob pressão, durante um determinado intervalo de tempo. Este tratamento facilita a coagulação, a quebra de ligações e reduz o teor de água nos sólidos. Deste modo, a lama é desidratada mas também esterilizada, sendo o sobrenadante rico em CBO (Monteiro, 2012).

- **Pré-aquecimento da lama**

O pré-aquecimento das lamas consiste, tal como o próprio nome indica, no aquecimento prévio das lamas antes da sua aplicação num determinado tratamento, como por exemplo a centrifugação. A utilização deste processo deve ser devidamente avaliada, caso a caso, para que se confirme a sua viabilidade tendo em consideração os custos associados ao processo, a sua eficiência e a quantidade de calor necessária e respetivo custo de produção.

- **Condicionamento por “Freeze-Thaw”**

Este tipo de condicionamento utiliza ciclos de congelação-descongelação para facilitar a separação das partículas sólidas presentes nas lamas. O processo de congelação afeta não apenas a água livre presente nas lamas, mas também a água intersticial, e provoca a segregação dos sólidos nelas existentes (Electric Power Research Institute, 2002).

3.2.5.5 Incineração

A incineração é um processo que permite destruir os resíduos orgânicos por via térmica recuperando energia da combustão. Caracteriza-se pela conversão total de sólidos orgânicos em produtos finais oxidados, dióxido de carbono, água e cinzas. As lamas tratadas por incineração são, normalmente já desidratadas, não sendo necessário proceder ao seu pré-tratamento. As lamas poderão ser incineradas separadamente ou em conjunto com os resíduos sólidos urbanos (Monteiro, 2004).

As vantagens deste tipo de tratamento baseiam-se na elevada redução de volume alcançada, na destruição de patogénicos e compostos tóxicos e no potencial de recuperação energética. As principais desvantagens da aplicação de incineradores residem no elevado capital e custos de operação, na quantidade de operadores com experiência, nos resíduos produzidos (ar e cinzas) e no seu impacto sobre o ambiente e a deposição final de resíduos, que poderão ser considerados perigosos (Monteiro, 2004).

3.2.6 TRATAMENTO DE GASES E ODORES

O tratamento de gases e odores não foi aplicado no caso prático apresentado neste relatório. Portanto, apenas serão apresentados alguns conceitos básicos relativos a este assunto. É possível encontrar informação mais detalhada em várias bibliografias como por exemplo Metcalf & Eddy (2003).

Os maus cheiros resultam da decomposição, na ausência de oxigénio, da matéria orgânica presente nas lamas. Estes podem surgir em vários pontos da ETAR (Monteiro, 2004):

- a) Obra de entrada;
- b) Tanques de equalização e homogeneização;
- c) Decantação primária ou secundária do efluente;
- d) Espessamento de lamas;
- e) Estabilização das lamas;
- f) Desidratação.

O tratamento de gases e odores resultantes dos processos de tratamento adotado pode ser efetuado recorrendo à aplicação de várias tecnologias (Monteiro, 2004):

- Tratamento por via térmica;
- Tratamento por via físico-química.

O tratamento por via térmica incide maioritariamente na oxidação ou incineração de gases.

No caso do tratamento por via físico-química os métodos mais utilizados são (Monteiro, 2004):

- **A lavagem de gases** – é um método químico muito utilizado que se baseia na adição de um reagente alcalino para gases ácidos através de métodos húmidos, secos ou semi-secos. Os métodos húmidos baseiam-se na utilização de uma solução alcalina que contacta com o gás num absorvedor. Os métodos secos consistem na injeção de partículas sólidas de reagente alcalino diretamente no gás e purificar. Os métodos semi-secos baseiam-se na injeção de uma solução ou suspensão líquida contendo os reagentes.
- **Os filtros de carvão ativados** – são usados para absorver os contaminantes presentes nos gases provenientes das várias etapas e métodos de tratamento da água residual.
- **Os bio filtros** – são também muito usados no tratamento de gases, consistindo num sistema de filtração constituído por um leito de material orgânico filtrante, usado como meio de

suporte para o desenvolvimento de microrganismos, que permitem efetuar a degradação dos compostos orgânicos presentes no ar ou gases a tratar.

4 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

As descargas de efluentes de ETAR são sempre agressões ao meio ambiente e ameaças para a saúde pública. É fundamental garantir que os impactos destas descargas não ultrapassem valores de referência considerados admissíveis.

São numerosos os documentos legais que visam regulamentar a descarga dos efluentes de ETAR em território nacional. Estes documentos, que acolhem e regulamentam as diretivas europeias para o sector, são listados de seguida (APA, 2015).

- **Portaria n.º 809/90, de 10 de setembro** - Aprova as normas de descarga das águas residuais provenientes de matadouros e de unidades de processamento de carnes.
- **Portaria n.º 512/92, de 22 de junho** - Estabelece normas de descarga das águas residuais do sector dos curtumes.
- **Portaria n.º 1030/93, de 14 de outubro** - Estabelece normas relativas à descarga de águas residuais no meio recetor natural (água ou solo) de unidades industriais do sector dos tratamentos de superfície.
- **Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto** - Aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.
- **Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho** - Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.
- **Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de novembro** - Altera o Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho (transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas), transpondo para o direito interno a Diretiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro.

- **Despacho Conjunto n.º 118/2000, de 3 de fevereiro** - Programa para aplicação de medidas de modernização ambiental no sector dos lagares de azeite.
- **Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de junho** - Normas para a utilização de águas russas na rega de solos agrícolas.
- **Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de junho** - Altera o Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.
- **Decreto-Lei n.º 198/2008, de 8 de outubro** - Terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho, que transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.
- **Decreto-Lei n.º 214/2008, de 10 de novembro** - Estabelece o regime do exercício da atividade pecuária (REAP).
- **Portaria n.º 631/2009, de 9 de junho** - Estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos efluentes das atividades pecuárias e as normas regulamentares relativas ao armazenamento, transporte e valorização de outros fertilizantes orgânicos.
- **Decreto Regulamentar n.º 45/86, de 26 de setembro** - Classifica como zona adjacente à ribeira da Laje a área contígua às suas margens.
- **Portaria n.º 349/88, de 1 de junho** - Delimita uma área como zona adjacente para a ribeira das Vinhas.
- **Portaria n.º 105/89, de 15 de fevereiro** - Classifica como zona adjacente ao rio Jamor a área delimitada como zona de ocupação edificada proibida e edificada condicionada.
- **Portaria n.º 131/93, de 9 de junho** - Delimita uma área como zona adjacente para a ribeira de Colares.
- **Portaria n.º 1053/93, de 19 de outubro** - Revoga a Portaria n.º 849/87 de 3 de novembro, que classifica como zona adjacente ao rio Zêzere toda a área inundável contígua às suas margens.
- **Decreto-Lei n.º 124/2004, de 25 de maio** - Aprova o Regulamento da Náutica de Recreio.
- **Portaria n.º 797/2004, de 12 de julho** - Fixa as taxas a cobrar pela captação de águas públicas destinadas a uso industrial. Revoga a Portaria n.º 30/83 de 8 de janeiro.
- **Portaria n.º 127/2006, de 13 de fevereiro** - Aprova o Regulamento da Náutica de Recreio.

- **Decreto Regulamentar n.º 9/2008, de 18 de março** - Aprova o estabelecimento de zonas de produção aquícola em mar aberto, bem como as condições a observar para efeitos de autorização de instalação e licença de exploração.
- **Despacho n.º 2434/2009, de 19 de janeiro** - Aplicação do Decreto-Lei n.º 97/2008 aos estabelecimentos de piscicultura, aquacultura e culturas biogenéticas.
- **Portaria n.º 144/2009, de 5 de fevereiro** - Define as áreas e condicionalismos ao exercício da pesca lúdica, incluindo a apanha lúdica, em águas oceânicas da subárea da zona económica exclusiva do continente, águas interiores marítimas e águas interiores não marítimas sob jurisdição da autonomia marítima e revoga a Portaria n.º 868/2006, de 29 de agosto.
- **Lei n.º 11/2009, de 25 de março** - Estabelece o regime contraordenacional do Regulamento de Segurança de Barragens, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 344/2007, de 15 de outubro.
- **Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de maio** - Aprova o regime de proteção das albufeiras de águas públicas de serviço público e das lagoas ou lagos de águas públicas.
- **Portaria n.º 1021/2009, de 10 de setembro** - Estabelece os elementos que devem instruir os pedidos de autorização relativos a atos ou atividades condicionados nas albufeiras, lagoas e lagos de águas públicas e respetivas zonas terrestres de proteção, bem como as taxas devidas pela emissão de autorizações.

5 CASO PRÁTICO

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O caso prático desenvolvido em ambiente empresarial incidiu no projeto de uma estação de tratamento de águas residuais submetido a concurso de conceção.

A ETAR em causa localizar-se-á num terreno disponibilizado com cerca de 7500 m² em Montemor-o-Novo no distrito de Évora e tem como finalidade substituir a ETAR existente a desativar.

Esta estação de tratamento destina-se a receber todas as águas residuais provenientes da localidade de Montemor, estando previsto que venha a servir uma população de 10250 habitantes-equivalentes sendo dimensionada para esse horizonte de projeto.

A análise do Caderno de Encargos e da respetiva Nota Técnica é fundamental para que a solução escolhida seja a mais adequada ao solicitado pelo Dono de Obra, respeitando os requisitos vinculativos e as orientações dos elementos patentes a concurso.

Tendo em conta que os objetivos são cumprir todos os requisitos vinculativos destes documentos e respeitar todas as necessidades de tratamento com a máxima qualidade, pretende-se dar a melhor resposta face à insuficiência ou inexistência de infraestruturas, tentando minimizar os impactes na envolvente e os custos associados.

Na solução encontrada para a projeção da ETAR estão considerados todos os requisitos mínimos exigidos no Caderno de Encargos e respetiva Nota Técnica. Alguns pontos explícitos no Caderno de Encargos foram alterados e devidamente justificados. Geralmente, isto acontece quando é possível optar por outras soluções que permitem otimizar os processos sem pôr em causa o funcionamento da ETAR.

No desenvolvimento desta solução houve uma grande preocupação e cuidado em estabelecer uma solução fiável de grande flexibilidade, apresentando igualmente uma elevada preocupação na minimização do consumo energético da obra. Para tal, além da implantação dos órgãos na ETAR, também foram escolhidos equipamentos com a mais elevada eficiência da sua classe.

Também é importante considerar a variabilidade das cargas orgânicas e caudais específicos para que a instalação seja eficaz no seu funcionamento e capaz de se adaptar às diferentes condições de afluência que se prevê vir a verificar-se.

A implantação da plataforma da ETAR é uma das primeiras preocupações a ter e a ser estudada para se obter um projeto funcional e economicamente viável. Para tal, há um esforço particular por se conseguir um equilíbrio no movimento de terras e no perfil hidráulico pois são duas questões que têm uma influência bastante vincada num projeto deste tipo.

O conhecimento e posicionamento dos locais de chegada e descarga do efluente, a topografia do terreno e as condições geotécnicas são informações dadas pelo Dono de Obra e é por aí que se começa a perspetivar a implantação mais adequada, tendo sempre em consideração o espaço necessário para implantar todas as zonas específicas e essenciais para tratamento (edifícios, tanques e serviços de apoio). As condições do terreno verificam-se através da elaboração de vários perfis do terreno (transversais e longitudinais) para se perceber objetivamente como se processarão os trabalhos.

Com o estudo do perfil hidráulico gravítico pretende-se evitar as estações elevatórias ao longo do percurso do efluente entre o ponto de entrada na ETAR e o ponto de entrega proporcionando-se uma otimização energética.

Neste caso, como o ponto de chegada do efluente localiza-se a uma cota de terreno de 174,00 m e uma cota de soleira de 176,00 m e o ponto de entrega do efluente final a uma cota de terreno de 145,00 m, é possibilitada a execução da ETAR baseada num perfil hidráulico gravítico com um elevado desnível entre as cotas da entrega inicial e descarga final: 29 m.

Nestas condições, pretende-se implantar os órgãos de forma estratégica minimizando as perdas de carga no circuito hidráulico de modo a se obterem bons rendimentos energéticos durante o funcionamento da ETAR.

A zona envolvente da ETAR traduz-se nos arruamentos de acesso para a circulação de veículos, estacionamento, passeios e zonas ajardinadas. Os acessos devem ser previstos e projetados com base na facilidade que ofereçam, especialmente, em situações de manutenção e inspeção. Situações essas que terão necessariamente de acontecer periodicamente.

O acesso ao terreno disponibilizado para a implantação da ETAR é feito apenas por um caminho público adjacente. No entanto, dado o tamanho do terreno e a implantação da ETAR proposta foi necessário construir um acesso dedicado até à entrada da ETAR. Conjuntamente, ficará previsto espaço livre

destinado a uma futura ampliação da ETAR pela construção de uma nova linha de tratamento igual à que ficará projetada.

Outros aspetos importantes a considerar na implantação da ETAR são a exposição solar e a orientação do vento.

A incidência solar no reator biológico geralmente aumenta a temperatura da cultura biológica favorecendo o seu desenvolvimento e o seu rendimento. Igualmente, uma clara alternância entre luminosidade e escuridão em todos os pontos do reator, eliminando sempre que possível as zonas de sombra, favorece o bom desempenho da fauna microbiana.

A exposição a ventos predominantes também pode provocar, em algumas situações particulares, alterações na temperatura, no entanto este não é o efeito mais pernicioso mas sim o que resulta da deposição de matérias indesejadas: os ventos predominantes transportam poeiras e detritos que se podem depositar no reator biológico e conseqüentemente perturbar a fauna microbiana. Como tal, constitui boa prática colocar uma cortina de proteção sempre que possível, devendo-se estudar a viabilidade dos edifícios da ETAR funcionarem também como barreira de proteção. Caso contrário, será de considerar a construção/implantação de uma barreira especialmente posicionada para o efeito. No projeto em estudo, procurou-se posicionar o reator biológico em posição elevada de modo a não sofrer com o arraste de detritos.

Relativamente aos maus odores pode-se ter alguns cuidados, no entanto estes não serão completamente extintos. É prática comum, construírem-se Estações de Tratamento de Águas Residuais distanciadas das povoações devido a esta questão dos maus cheiros e dos problemas associados ao transporte de substâncias químicas ou bacteriológicas através do vento. Os odores são provocados pelos gases produzidos na decomposição da matéria orgânica e pelas substâncias adicionadas aos resíduos. Esses gases transportam compostos voláteis, mercaptanos, vírus, bactérias, etc. que podem potenciar efeitos bastante negativos na saúde humana (problemas neurológicos, náuseas, infeções respiratórias, etc.). Em alguns casos é necessário recorrer ao confinamento e desodorização dos órgãos de tratamento produtores de maus cheiros.

No que respeita à desinfecção, considerou-se que o efluente descarregado na linha de água não sofrerá desinfecção. Apenas é submetida a desinfecção, a parcela de efluente destinada à reutilização como água de serviço. Esta opção foi tomada pela entidade que lançou o concurso. Deve-se salientar que é boa prática a adoção desta etapa de tratamento uma vez que possibilitará posteriormente a reutilização da água desinfetada em rega, lavagens de pavimentos e equipamentos, autoclismos e em

qualquer atividade que necessite de água de serviço, contribuindo deste modo para o uso sustentável da água. A água para consumo será fornecida pela rede pública de abastecimento de água.

O impacto paisagístico associado à construção de uma ETAR também é um aspeto a considerar, tentando-se integrar na paisagem da melhor forma possível atenuando o impacto da estrutura. Neste caso, o Caderno de Encargos refere apenas que devem existir zonas verdes no recinto da ETAR. Neste projeto, a integração foi conseguida pelo tratamento arquitetónico dos edifícios, de modo a minimizar o aspeto industrial dos órgãos e o seu volume no contexto da empreitada.

5.2 DADOS DE BASE

Os dados de base gerais para o dimensionamento da solução desenvolvida são estabelecidos no Processo de Concurso. Tendo em conta o enquadramento legal aplicável, as considerações e exigências do Caderno de Encargos e o expresso na Nota Técnica, os valores adotados no dimensionamento são resumidamente apresentados nos quadros seguintes, retirados dos documentos atrás citados.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUAL BRUTA

Tabela 18 – Afluência da rede de drenagem.

Parâmetro	Unid.	Valor
População equivalente	Habitantes	10250
Caudal médio diário, tempo seco	m ³ /d	1307
Caudal médio diário, tempo chuva	m ³ /d	1961
Caudal de ponta, tempo seco	m ³ /h	114,0
Caudal de ponta, tempo chuva	m ³ /h	141,2
Caudal máximo afluente à ETAR	m ³ /h	162,0
CBO5	kg/d	615,0
CQO	kg/d	1230,0
SST	kg/d	615,0
N _{TOTAL}	kg/d	143,5
P _{TOTAL}	kg/d	20,5
Óleos e Gorduras	kg/d	133,3
Coliformes Totais (')	NMP/100 ml	1 × 10 ⁸
Coliformes Fecais (')	NMP/100 ml	1 × 10 ⁷

Tabela 19 – Afluência de lamas provenientes da limpeza de fossas sépticas.

Parâmetros	Unid.	Época Alta
Caudal equalizado afluente ao tratamento biológico	m ³ /dia	4,4
CBO ₅	Kg/d	30,8
CQO	Kg/d	61,5
SST	Kg/d	30,8

Tabela 20 - Efluente a reutilizar.

Parâmetro	Unid.	Valor
Caudal diário a tratar	m ³ /d	25
Caudal instantâneo a tratar	m ³ /h	10
Coliformes fecais à entrada do sistema de reutilização	NMP/100 ml	1×10 ⁷

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE FINAL

Tabela 21 – Requisitos de qualidade exigidos para o efluente tratado para descarga no meio recetor.

Parâmetro	Unid.	V.L.E.
CBO ₅	mg O ₂ /l	25
CQO	mg O ₂ /l	125
SST	mg/l	35
O&G	mg/l	15
N _{TOTAL}	mg/l	15
P _{TOTAL}	mg/l	10
Coliformes fecais	NMP/100 ml	100
Ovos de parasitas entéricos	N/l	1

5.2.3 LOCALIZAÇÃO (CHEGADA E DESCARGA)

Local de chegada das águas residuais brutas

A ligação do sistema dá-se num ponto de chegada a montante da ETAR.

Cota do terreno: 174,00 m

Cota de soleira: 176,00 m

Local de descarga das águas residuais tratadas

A descarga das águas residuais tratadas da ETAR de Montemor, faz-se no Ribeiro da Bomba, afluente do Rio Almansor, em obra de entrega a realizar.

Cota do terreno: 145,00 m

5.2.4 PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ETAR

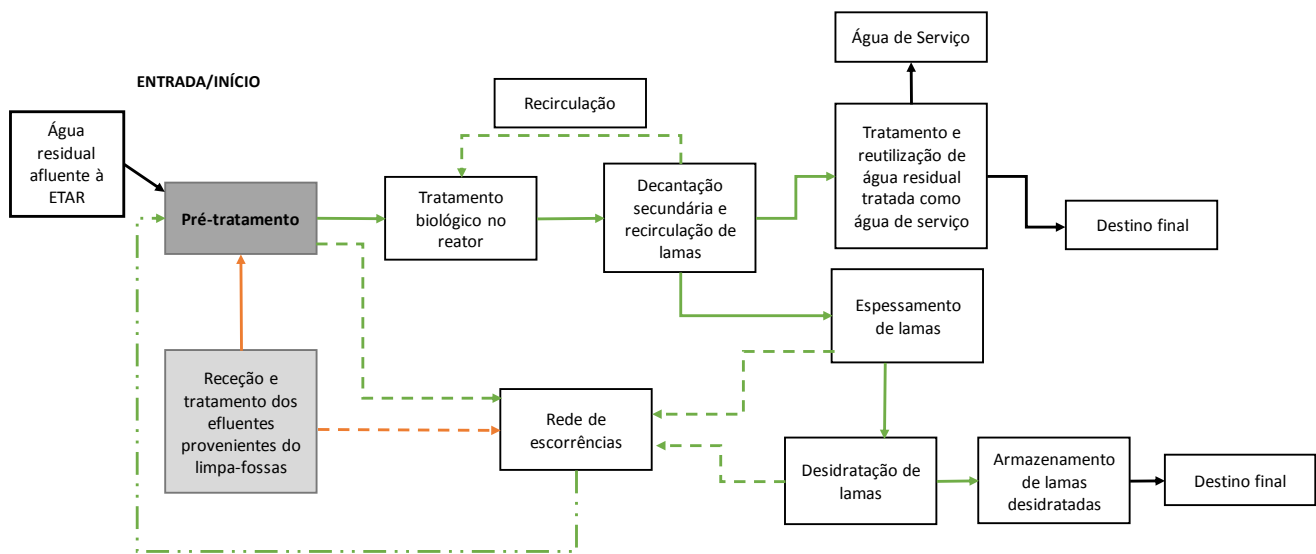


Figura 45 – Esquematização dos principais processos de tratamento a implementar na ETAR de Montemor-o-Novo.

5.2.5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

5.2.5.1 Pré-tratamento

Tamisação

- Número de tamisadores: 1
- Caudal de dimensionamento: máximo caudal de ponta horário
- Malha do tamisador: inferior ou igual a 6 mm
- Capacidade de armazenamento de tamisados: igual ou superior a 3 dias de produção
- Velocidade mínima de escoamento no canal: 0,3 m/s

- Velocidade máxima de passagem no tamisador: 1,20 m/s
- Grade manual de *by-pass* com espaçamento máximo de 40 mm
- Ângulo máximo de inclinação da grade manual com a soleira do canal compreendido entre 45° e 60°

Desarenamento e desengorduramento

- Número de órgãos compactos: 1;
- Caudal de dimensionamento: máximo caudal de ponta horário;
- Granulometria das partículas a remover: $\geq 200\mu\text{m}$;
- Rendimento de remoção das partículas de areia: $\geq 80\%$;
- Rendimento de remoção de óleos e gorduras: $\geq 20\%$;
- Capacidade de armazenamento de areias e gorduras: igual ou superior a 3 dias de produção;
- Tempo de retenção para o caudal de ponta: entre 3 a 5 min;
- Densidade da areia: 1.700 kg/IL.

5.2.5.2 Tratamento dos efluentes provenientes do Limpa-fossas

- A linha de tratamento terá, no mínimo, das seguintes etapas:
 - Tamisação;
 - Remoção de areias;
 - Medição de caudal afluyente;
 - Equalização/Homogeneização (com arejamento);
 - Encaminhamento para a obra de entrada (montante do desarenador/desengordurador);
 - Medição de caudal no circuito de compressão.
- Período de descarga: não superior a 15 min para uma descarga de 10 m³;
- Caudal a enviar para tratamento: não deverá exceder 4,4 m³/dia (carga poluente suplementar pode exceder 5% da carga de projeto afluyente à ETAR);
- Arejamento do tanque deverá ser contínuo garantindo uma agitação mínima de 30 W/m³.

5.2.5.3 Tratamento biológico – reator biológico

- Efetuado em reatores (em betão armado) de biomassa dispersa de funcionamento contínuo desenvolvendo-se numa única linha de tratamento;
- Regime de carga: arejamento prolongado;
- Seletor biológico a montante de cada linha de tratamento;
- Prever a possibilidade de a recirculação ser repartida entre seletor e reator biológico;
- Dimensionar o reator de forma a realizar, para além de matéria carbonácea, os processos de nitrificação e desnitrificação;
- Reatores do tipo A/O ou Vala de Oxidação;
- Compressores;
- Arejamento;
- Arejamento por difusores de ar;
- Arejamento por arejadores submersíveis radiais;
- Arejamento por arejadores de superfície;
- Instrumentação:
 - Sonda de oxigénio em cada célula aeróbia;
 - Sonda de potencial redox com sistema automático nas zonas anóxicas.

Tabela 22 – Critérios de dimensionamento processual vinculativos.

Parâmetro	Unidade	Valor
Idade de lamas na zona arejada	dias	≥ 7
Idade global de lamas	dias	≥ 15
Concentração da biomassa no reator biológico	Kg/m ³	2,5 – 4,0
Carga mássica no reator	Kg CBO ₅ /kg MLSS/d	0,035 – 0,07
Produção específica de lamas biológicas	Kg SST/kg CBO ₅ removido	0,9 – 1,1
Fator de ponta para o cálculo AOR		
CBO ₅		$\geq 1,5$
N		$\geq 1,8$
Fator alfa (arejadores)		$\leq 0,75$
Fator alfa (ar difuso)		$\leq 0,65$
Concentração mínima de oxigénio	Mg O ₂ /L	2,0

5.2.5.4 Decantação secundária e recirculação de lamas

- Planta circular com concentrador central de lamas;
- Decantador dotado de ponte raspadora;
- Recirculação de lamas biológicas e extração de lamas em excesso;
- Caudal de dimensionamento: caudal máximo afluente.
- Os cálculos deverão detalhar:
 - Velocidade ascensional;
 - Concentração de lamas na recirculação;
 - Cargas de lamas (volúmica e mássica);
 - Taxas de recirculação adotadas;
 - Profundidade dos decantadores.

Tabela 23 – Valores a utilizar respeitando a norma alemã ATV 2000 (ATV-DVWK-A 131E).

Parâmetro	Unidade	Valor
Carga volúmica de lamas (qsv)	L/(m ² .h)	≤ 500
Índice volumétrico de lamas (IVL ou SVI)	mL/g	150
Tempo de espessamento hidráulico	h	2
Concentração de lama na recirculação		70% da concentração no fundo dos decantadores

Tabela 24 – Valores mais conservativos entre os resultantes da aplicação direta da norma referida anteriormente.

Parâmetro	Unidade	Valor
Carga hidráulica máxima	m ³ /(m ² .h)	≤ 0,8
Carga máxima de sólidos	Kg SST/(m ² .h)	≤ 5,0
Altura a 2/3 do raio (medido a partir do centro)	m	≥ 3,0

5.2.5.5 Reutilização de água residual tratada como água de serviço

- A partir do efluente tratado deverá ser produzida água reutilizável para a utilização em rega, lavagens de pavimentos e superfícies, autoclismos, água de lavagem de equipamentos de desidratação e água de diluição do polieletrólito.
- O sistema de produção de água reutilizável será composto pelas seguintes etapas:
 - Desinfecção por hipoclorito;
 - Filtração: filtros de areia, filtros de anéis ou filtros de malha autolimpante.
- Reservatório de água a reutilizar com a capacidade de armazenar um volume correspondente ao consumo máximo de 1 dia de água de serviço (nunca inferior a 5 m³).

Tabela 25 – Critérios mínimos obrigatórios de dimensionamento do sistema de reutilização.

Parâmetro	Unidade	Valor
Teor de Coliformes fecais afluentes à desinfecção	NMP/100mL	≤ 107
Teor de Coliformes fecais na água a reutilizar	NMP/100mL	≤ 100
Teor de sólidos à saída da filtração	mg/L	20
Ovos de parasitas entéricos na água a reutilizar	ovo/L	1
Tempo de contacto mínimo (ao caudal de ponta de consumo)	min	≥ 60
Dosagem de hipoclorito, expressa em cloro ativo	mg/L	≥ 10,0
Residual de cloro a assegurar à saída do reservatório	ppm	≥ 1,5
Pressão a assegurar em fim de linha		*

*superior à mínima exigida pelos equipamentos que requeiram água de serviço, mas em caso algum inferior a 4 kg/cm².

5.2.5.6 Espessamento de lamas

- Espessamento das lamas em excesso realizado por graviticamente num órgão próprio – espessador – de planta circular equipado com ponte raspadora de acionamento central.
- Inclinação de fundo não deverá ser inferior a 10°.
- As escorrências provenientes do espessamento serão conduzidas a montante do tratamento biológico, via rede de retornos.

Tabela 26 – Critérios obrigatórios no dimensionamento do espessador de lamas.

Parâmetro	Unidade	Valor
Carga hidráulica máxima no espessador	m ³ /m ² .h	≤ 0,3
Carga diária de sólidos no espessador	kg SST/m ² .dia	≤ 20
Concentração de lamas espessadas	g/L	25
Taxa de captura de sólidos		≥ 90%

5.2.5.7 Desidratação de lamas

- Tanque de mistura e armazenamento de lamas espessadas:
 - Instalação de um tanque para mistura e armazenamento de lamas provenientes de outras ETAR;
 - Previsão de equipamentos que promovam a agitação (potência mínima de agitação de 30 W/m^3).
- Bombagem de lamas à desidratação:
 - As bombas deverão ser instaladas numa posição que lhes permita estar permanentemente em carga;
 - A disposição dos órgãos e das bombas deverá permitir a minimização do número de bombas.
- Desidratação de lamas:
 - A desidratação das lamas será realizada em centrífuga devidamente confinada e ventilada, instalada num edifício próprio;
 - As lamas desidratadas serão transportadas pelo grupo eletrobomba para um silo de lamas situado no exterior do edifício de desidratação;
 - As lamas desidratadas serão descarregadas para uma bomba de parafuso excêntrico;
 - Serão previstos dispositivos que assegurem o transporte das primeiras águas e das águas de lavagem da centrífuga para a rede de escoamentos;
 - Colocação de uma bomba igual à utilizada em armazém ficando de reserva;
 - Assegurar condições para evitar a libertação de poeiras;
 - Colocação de um adjuvante de floculação (polieletrólito); e doseamento do polímero através bombas de parafuso excêntrico, este será diluído em linha com água de serviço antes da injeção no floculador.
- Edifício:
 - Deverá ser realizado num edifício fechado com sistema de ventilação;

- Poderá ser em componentes pré-fabricados, desde que os mesmos garantam a durabilidade e as condições de habitabilidade associadas aos edifícios convencionais nas condições de exposição decorrentes do local de implantação da ETAR;
- Os acessos serão efetuados através de portão de enrolar que permita o acesso a viaturas, devendo existir portas de entrada independentes para pessoas;
- Previsão de uma área para armazenamento dos reagentes a utilizar na exploração;
- Conceção do edifício baseada em critérios de simplicidade construtiva, funcionalidade adequada às tarefas a desenvolver e minimização de custos de investimento;
- Deverá ser assegurada iluminação natural e isolamento térmico e acústico;
- Os quadros elétricos que porventura existam deverão ficar em sala independente e pressurizada, com dimensão adequada.

Tabela 27 – Critérios mínimos de dimensionamento da desidratação.

Parâmetro	Unidade	Valor
Número de máquinas		1
Regime de funcionamento	h/d; d/semana	≤ 6; 5
Sicidade das lamas desidratadas		≥ 20 ± 2%
Taxa de captura de sólidos		≥ 95%
Dose de polímeros	Kg/ton MS	≤ 10
Concentração de preparação de polímero	g/L	3 a 5
Tempo de maturação mínimo	min	30
Concentração do polímero diluído	g/L	≤ 1

A altura manométrica da bomba de parafuso de lamas desidratadas deverá ser dimensionada para uma situação em que não exista injeção de polímero.

Armazenamento de lamas desidratadas

- O armazenamento será feito no silo situado no exterior do edifício de lamas desidratadas.
- O silo será dotado de um sistema de medição de nível contínuo por radar ou ultrassons.
- A capacidade mínima de armazenamento será de uma semana nas condições nominais de afluência de horizonte de projeto.

5.2.5.8 Rede de escorrências

- A rede de escorrências da ETAR irá recolher:
 - As águas de lavagem e drenagem de fundo da etapa de pré-tratamento;
 - As águas de lavagem dos pavimentos das zonas dos contentores de resíduos;
 - As águas de lavagem dos pavimentos do edifício de desidratação;
 - O subnadante do concentrador de gorduras;
 - As escorrências do classificador de areias;
 - As águas de lavagem da filtração da linha de reutilização;
 - As escorrências do espessamento;
 - As escorrências da desidratação;
 - As águas de lavagem da zona sob o silo de lamas desidratadas;
 - As águas de drenagem da zona de descarga dos limpa-fossas;
 - As drenagens de fundo e *trop-plein* dos equipamentos de preparação e drenagem de polieletrólito;
 - Os condensados da rede de ventilação.
- Poderá existir uma estação elevatória que recolha e envie o conjunto das escorrências produzidas na ETAR para montante do pré-tratamento.

No caso de se optar pela estação elevatória, esta será dimensionada para as condições de ponta, ou seja, para uma situação em que estejam em funcionamento simultâneo a alimentação ao espessamento, a desidratação e a lavagem da filtração e todos os outros circuitos que a alimentem, crescido de alguma folga para assegurar a capacidade de resposta da elevatória. Contudo, sem descuidar da minimização do impacto no decantador secundário e o número de arranques da bomba, que não deverá ultrapassar os oito.

5.2.5.9 Ventilação de ar

Etapas a ventilar:

- Receção, pré-tratamento e equalização de efluentes de fossas sépticas;
- Tanque de mistura de lamas espessadas;

- Sala de desidratação de lamas.

No interior dos edifícios deverá ser previsto um varrimento adequado da atmosfera interior com insuflação forçada de ar junto ao teto e aspiração junto ao piso

No tanque de equalização do pré-tratamento de efluentes de limpa-fossas, particularmente, deverá ser tido em conta o caudal insuflado pelos sistemas de arejamento.

5.2.5.10 Instrumentação

Instrumentação mínima a prever na ETAR:

- Medição de caudal:
 - Caudal afluente à ETAR;
 - Caudal de efluente tratado descarregado no meio recetor;
 - Caudal de água enviado para reutilização;
 - Caudal de lamas recirculadas;
 - Caudal de lamas biológicas em excesso;
 - Caudal de efluentes de fossas sépticas recebido na instalação;
 - Caudal de efluentes de fossas sépticas enviado para tratamento;
 - Caudal de lamas externas recebidas na ETAR;
 - Caudal de lamas mistas espessadas enviadas para desidratação;
 - Caudal de lamas enviado para desidratação;
 - Caudal de escorrências da ETAR;
 - Caudal da linha de *by-pass* da ETAR.
- A restante instrumentação (medidas em contínuo) é apresentada na tabela seguinte:

Tabela 28 – Instrumentação de medida em contínuo a aplicar na ETAR.

Etapa de tratamento	Medição	Observações
Reatores biológicos (por linha de tratamento)	O ₂ dissolvido	Luminescência Limpeza automática
	Redox	Limpeza automática
	Caudal de ar	Em caso de arejamento de fundo
Armazenamento de lamas espessadas	Nível	Ultrassónico ou radar
Armazenamento de lamas desidratadas	Nível	Ultrassónico ou radar

5.3 SOLUÇÃO PROPOSTA

O sistema de tratamento das águas residuais afluentes adotado é do tipo convencional consistindo em um reator de lamas ativadas de funcionamento contínuo do tipo anóxico/arejado seguido de decantador secundário.

A área de intervenção apresenta-se localizada numa zona mais recuada em relação ao arruamento principal, a norte da área de implantação disponibilizada e a uma cota compatível com o perfil hidráulico da ETAR junto do ponto de chegada evitando o uso de estações elevatórias.

5.3.1 IMPLANTAÇÃO DA ETAR

A consideração prioritária na implantação incidiu no aproveitamento energético. Como tal, estes órgãos foram dispostos de modo a preservar a otimização do movimento de terras e dos processos de tratamento.



Figura 46 – Implantação dos órgãos da ETAR: 1 – Câmara de admissão; 2 – Pré-tratamento; 3 – Reator Biológico; 4 – Decantador secundário; 5 – Receção do efluente de fossas sépticas; 6 – Espessador gravítico; 7 – Silo de lamas desidratadas; 8 – Edifício de exploração; 9 – Edifício de desidratação de lamas (ver original no Anexo A03).

A figura anterior apresenta a implantação dos órgãos da ETAR. O terreno disponível está limitado pela linha verde e a área ocupada pelo contorno de cor violeta. Deste modo é possível perceber-se o aproveitamento do terreno e a organização da solução de implantação da ETAR possibilitando futuras ampliações.

Os cortes esquematizados na figura seguinte permitem perceber o cuidado tido com as questões relativas à otimização processual e energéticas já referidas.

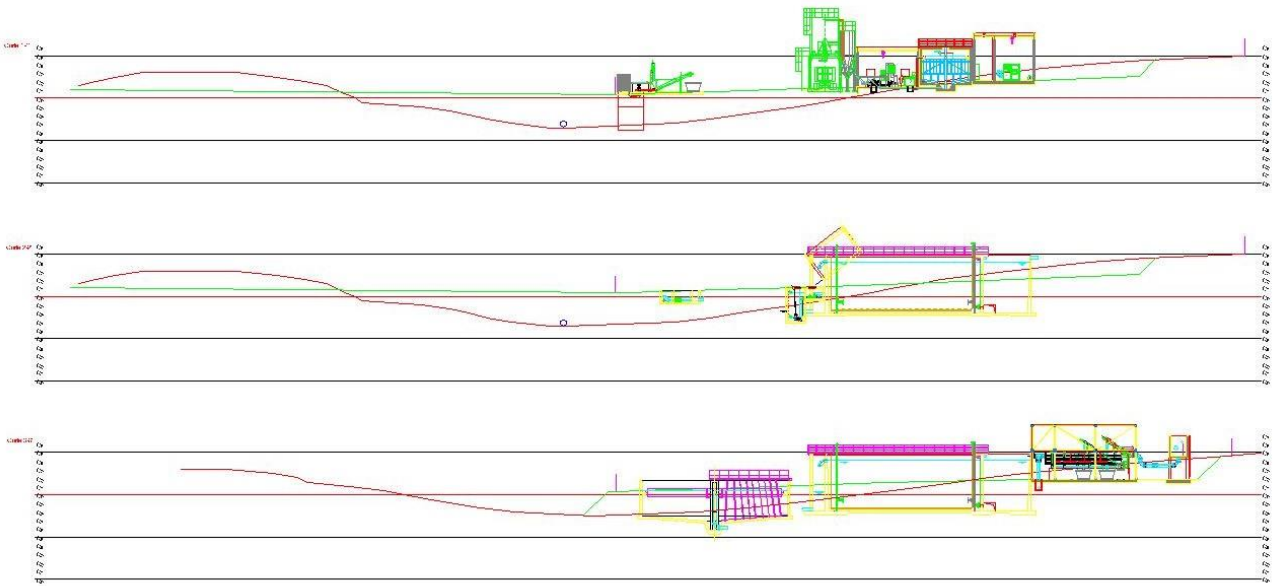


Figura 47 – Perfis transversais: Implantação dos órgãos na ETAR (ver em pormenor no Anexo A05).

A título de curiosidade apresenta-se a solução prevista para a ampliação. Tal como já foi referido, trata-se da construção de uma segunda linha de tratamento igual á primeira.

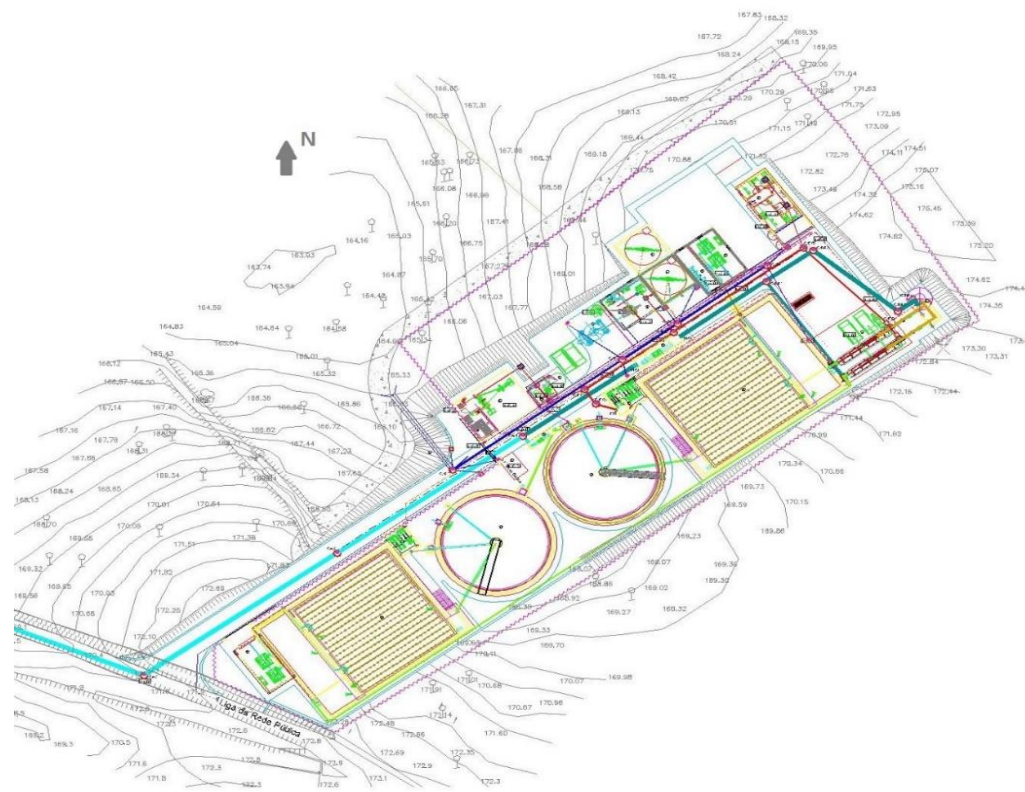


Figura 48 – Ampliação e implantação dos órgãos da ETAR (ver original no Anexo A17).

5.3.2 PROCESSOS DE TRATAMENTO

A solução contempla as operações unitárias necessárias a um correto e eficiente processo de tratamento, tendo em vista a qualidade pretendida para o efluente final.

Face às condições e localização disponibilizadas optou-se pelas seguintes fases de tratamento:

- Pré-tratamento da água residual como preparação para o tratamento biológico, incluindo *bypass* geral, tamisação / desarenação / desengorduramento / classificação de areias, concentrador de gorduras, e receção de efluente de fossas sépticas com pré-tratamento e equalização;
- Tratamento Biológico em regime contínuo, constituído por seletor/tanque anóxico, e tanque arejado;
- Decantação secundária, recirculação de lamas biológicas e remoção de lamas em excesso;
- Tratamento de lamas constituído por espessamento, desidratação, e armazenamento em silo;
- Armazenamento e bombagem da água de serviço com filtração e desinfecção por hipoclorito de sódio.

A Figura 49 e a Figura 50 apresentam de forma esquemática todos os processos a implementar na ETAR.

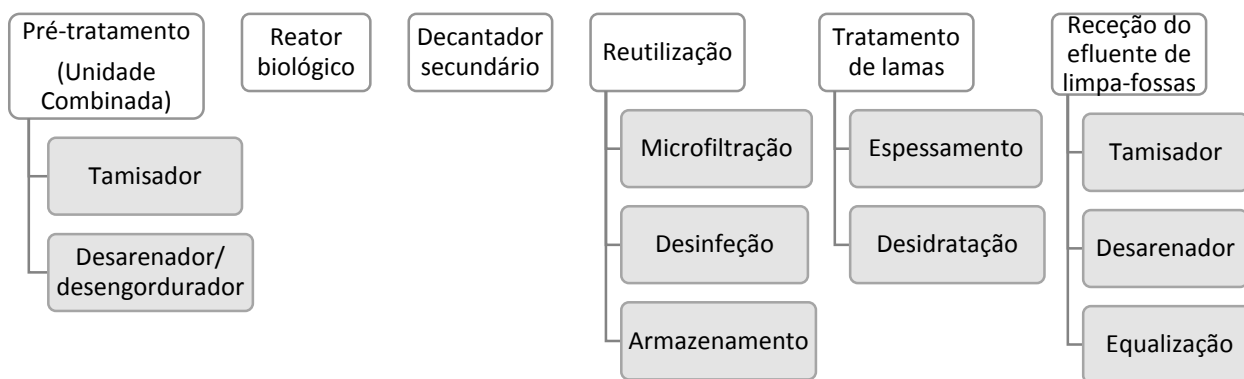


Figura 49 – Processos de tratamento adotados na ETAR de Montemor-o-Novo.

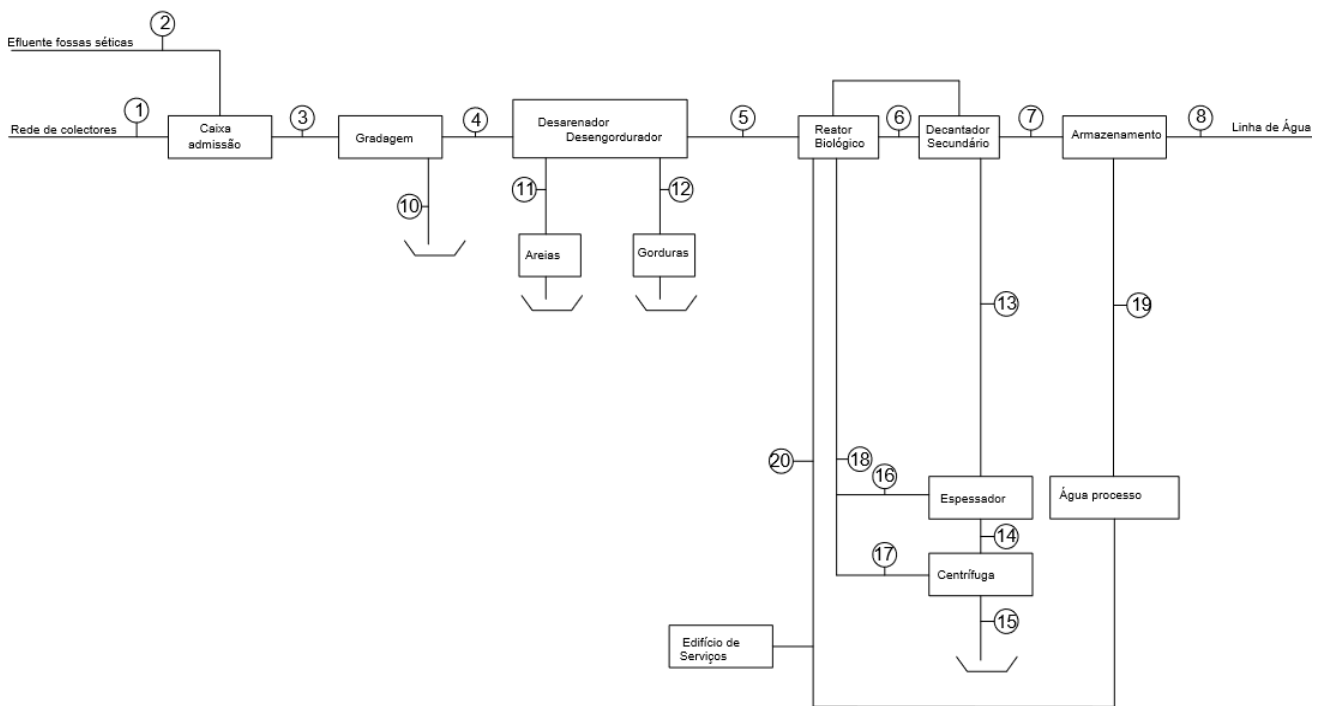


Figura 50 – Fluxograma de tratamento.

Legenda da Figura 50:

1 – Caudal afluyente; 2- Caudal de receção de efluente de fossas sépticas; 3 – Caudal da caixa de admissão; 4 – Caudal após gradagem; 5 – Caudal após operação de desarenamento/ desengorduramento; 6 – Caudal descarregado após reator biológico; 7 – Caudal descarregado após sedimentação; 8 – Caudal a entrar na linha de água; 9 – Caudal para água de processo; 10 – Gradados a destino final; 11 – Areias a destino final; 12 – Gorduras a destino final; 13 – Caudal de lama biológica para espessamento; 14 – Caudal de lama espessada; 15 – Lama a destino final; 16 – Caudal de escorrências do espessador; 17 – Caudal de filtrado da desidratação; 18 – Caudal de filtrado e escorrências; 19 – Água para consumo na ETAR (lavagens, preparação de polímero, esgotos, etc.); 20 – Caudal de retorno da água de processo.

No que respeita às soluções de tratamento biológico, para além das condições expressamente exigidas, foram adotados processos de remoção biológica de nutrientes para que o efluente final seja descarregado cumprindo todos os parâmetros de qualidade aplicáveis.

Para tal, foi necessário incluir um conjunto de estratégias e processos:

- Remoção de Azoto

- Nitrificação
- Desnitrificação
- Remoção de fósforo

O fósforo é, tal como o azoto, um nutriente essencial para o desenvolvimento da biomassa. O consumo de fósforo durante o metabolismo normal é proporcional à carga orgânica (CBO) e pode ser calculado de acordo com a relação CBO/P de 100/1.

A remoção de fósforo também pode ser efetuada quimicamente caso os processos biológicos sejam insuficientes. No caso da ETAR de Montemor, o fósforo presente na água residual é adsorvido como parte integrante do desenvolvimento celular.

5.4 DESCRIÇÃO E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO-SANITÁRIO DOS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO

O dimensionamento hidráulico-sanitário permite assegurar que os órgãos da ETAR tenham um funcionamento regular face ao caudal recebido devidamente caracterizado. Para tal, é necessário que se faça uma análise dos dados impostos pelo Dono de Obra e do cumprimento dos vários requisitos de descarga impostos pelo Caderno de Encargos, referidos em 5.2 Dados de Base.

O dimensionamento foi feito com recurso à folha de cálculo desenvolvida na SBS, na qual foi necessário ajustar alguns parâmetros dimensionais após a introdução dos dados de base. Deste modo, as especificações do Caderno de Encargos bem como as boas práticas deste tipo de dimensionamento foram cumpridas.

No entanto, a autora deste relatório efetuou uma folha de cálculo simples de pré-dimensionamento dos órgãos principais com base nas fórmulas apresentadas no capítulo 3. Deste modo, foi possível obter resultados comparáveis tendo em conta que a folha de cálculo da empresa tem parâmetros mais complexos que a autora, atualmente, não os conhece na sua totalidade, e a folha de cálculo simples é composta apenas pelos parâmetros base.

As etapas de tamisação/desarenamento/desengorduramento realizam-se num equipamento combinado em que o tanque principal materializa um canal desarenador/desengordurador arejado, e à entrada está montado um tamisador em caixa. No tanque deste equipamento, o material insolúvel é recolhido à superfície do desengordurador por raspador superficial devido à diferença de densidades e com ajuda do arejamento.

Os sobrenadantes retirados da superfície do desengordurador são descarregados para um concentrador de gorduras e descarregados em contentor para posterior tratamento em unidade apropriada ou conduzidos a destino final.

No fundo do tanque, as areias sedimentadas são encaminhadas por um parafuso horizontal para o parafuso extrator inclinado, que as conduz para o exterior. Neste parafuso inclinado é realizada a lavagem das areias antes destas serem descarregadas em contentor e enviadas a destino final compatível.

Todas as escorrências recolhidas na bacia de retenção e descargas de fundo são encaminhadas para a rede de escorrências. Esta bacia de retenção é materializada por pendentes efetuadas na laje de piso térreo da zona onde serão instalados os equipamentos.

Após a passagem no tamisador, desarenador, desengordurador, o efluente é conduzido graviticamente para o reator biológico. À saída do desarenador será efetuada uma ligação à rede de *by-pass* geral da ETAR controlada por atuação de válvulas.

5.4.1 RECEÇÃO DO EFLUENTE BRUTO E PRÉ-TRATAMENTO: CAIXA DE ADMISSÃO, UNIDADE COMBINADA DO PRÉ-TRATAMENTO E DESARENAÇÃO/DESENGORDURAMENTO

O efluente bruto proveniente da rede pública por conduta elevatória é recebido na ETAR numa caixa de admissão a partir da qual entra no pré-tratamento. O efluente de limpa-fossas equalizado, rececionado numa etapa autónoma, também é encaminhado para esta caixa de admissão.

Os órgãos do pré-tratamento estão associados em unidade combinada compacta, disponível no mercado, que inclui as várias etapas a realizar (tamisação, desarenação e desengorduramento).

Na conduta entre a caixa de admissão e o tamisador da unidade combinada é efetuada a medição do efluente bruto, em secção cheia por medidor de caudal eletromagnético. A jusante da unidade combinada haverá um *by-pass* geral ao tratamento biológico.

Os gradados retidos pelo tamisador são elevados em parafuso sem-fim, lavados, compactados e descarregados em contentor, enquanto as areias do desarenador arejado são retiradas por parafuso extrator. As areias são classificadas antes de serem descarregadas em contentor.

As gorduras acumuladas na superfície do desengordurador são removidas por um raspador superficial e depositadas no concentrador de gorduras, do qual são retiradas por raspador superficial para contentor e enviadas a destino final compatível.

Nesta fase dimensionou-se a tubagem de entrada, as grades do tamisador e o desarenador.

5.4.1.1 Caixa de admissão

A caixa de admissão consiste numa câmara de receção das águas residuais e está munida com um *trop-plein* para *by-pass* geral da ETAR.

Situações excecionais (falta de energia, avarias ou anomalias graves, afluições excessivas devidas a chuvas muito intensas, trabalhos de manutenção em órgãos críticos, etc.) podem obrigar ao isolamento da ETAR. Este isolamento ocorre por subida do nível hidráulico na caixa de admissão, ou por fecho da válvula automática da obra de entrada. Com a subida de nível na caixa de admissão, entra em funcionamento o *trop-plein* da mesma, sendo o efluente em excesso descarregado para o *by-pass* geral da ETAR.

Em situações de chuva intensa, o nível de água na caixa de admissão sobe, alcançando o nível do *trop-plein*/descarregador de tempestade, ocorrendo então o transbordo do excesso de caudal afluente para a rede de *by-pass* da ETAR. O descarregador de tempestade está dimensionado para um caudal de cinco vezes o caudal médio horário em tempo seco (conforme requisito do Caderno de Encargos).

O caudal máximo admitido na ETAR é controlado pela válvula automática localizada na alimentação ao pré-tratamento. Esta válvula é atuada em função do caudal medido pelo medidor instalado imediatamente a jusante.

5.4.1.2 Unidade Combinada do pré-tratamento

A obra de entrada é composta pelo conjunto dos órgãos e equipamentos, neste caso em unidade combinada, que realizam o pré tratamento do efluente, sendo a sua primeira etapa na ETAR.

O pré tratamento preconizado para a Estação de Tratamento de Águas Residuais de Montemor é dividido nas seguintes fases:

- *By-pass* geral;
- Tamisação/desarenação/desengorduramento da água residual com classificação de areias;
- Concentração de gorduras;
- Tamisação e desarenamento de efluente de fossas sépticas, com equalização e elevação do efluente.

Para a escolha dos equipamentos a instalar em todas estas fases, os fabricantes disponibilizam tabelas para soluções-tipo. Foram consultadas algumas dessas tabelas que permitiram a escolha do equipamento a partir do caudal de ponta previsto para a unidade em questão.



Figura 51 - Exemplo de unidade combinada de pré-tratamento.

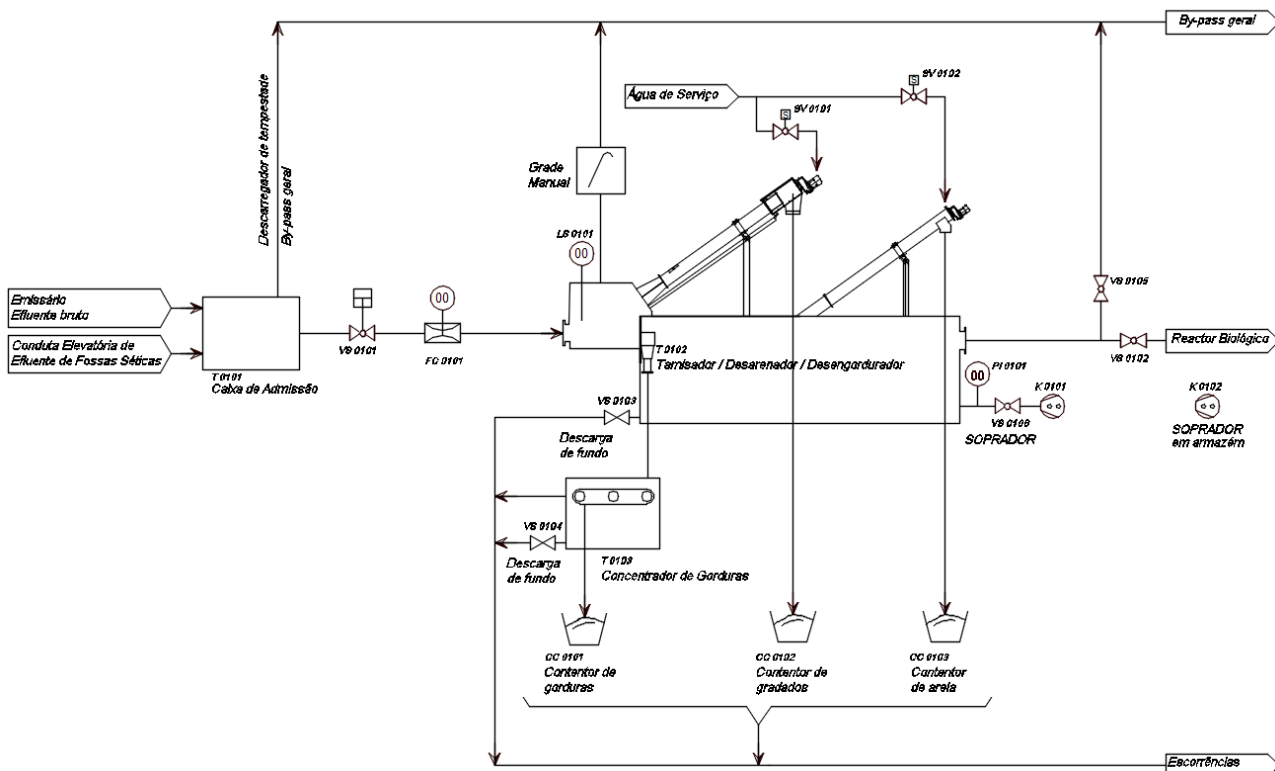


Figura 52 – Diagrama processual: Pré-tratamento (ver original no Anexo B02).

5.4.1.3 Tamisação

A tamisação é a primeira etapa do pré-tratamento, localiza-se a montante da unidade combinada e é constituída por um tamisador automático. Este permite remover os sólidos em suspensão através de um equipamento de elevada qualidade, combinando a remoção dos sólidos com a compactação dos mesmos, minimizando as tarefas de operação e manutenção associadas.

Os gradados separados no tamisador são elevados em parafuso sem-fim (integrado no próprio equipamento), lavados e compactados antes de serem descarregados em contentores para envio a destino final compatível. A descarga dos gradados é efetuada graviticamente da zona de compactação para o contentor.

O espaçamento da malha da tamisação é de 6 mm como recomenda o Caderno de Encargos, permitindo a remoção dos gradados antes do efluente integrar a ETAR, e servindo também de proteção aos equipamentos eletromecânicos instalados a jusante. Em situações pontuais de necessidade de manutenção do tamisador, a água residual pode seguir pelo canal de gradagem de *by-pass* munido com grelha manual de 10 mm, ou pelo *by-pass* da ETAR.

Tabela 29 – Características do tamisador.

TANISAÇÃO		
Características	Unidade	Tempo Húmido
Quantidade	-	1
Caudal	m ³ /h	162
Espaçamento	mm	6
Ângulo de instalação	°	35
Desidratação e compactação dos gradados	%	30 a 45
Material do equipamento	-	AISI 304
Produção de gradados	l/hab.ano	10
Gradados produzidos	l/dia	281

Dimensionamento do tamisador

De acordo com Lencastre (1983) o cálculo da perda de carga nas grades do tamisador deverá ser efetuado por recurso à fórmula geral das perdas de carga localizadas, mediante a utilização de um coeficiente de perda de carga (o coeficiente de forma) adequado:

$$\Delta h = K \frac{U^2}{2g} \quad (45)$$

Sendo,

Δh – Perda de carga em metros;

K – Coeficiente de forma da secção transversal da grelha (dado pelo fabricante do equipamento);

g – Aceleração da gravidade em m/s^2 .

Esta perda de carga será incluída no cálculo do perfil hidráulico da ETAR.

5.4.1.4 Desarenação/desengorduramento

A unidade combinada escolhida associa num único órgão, o desarenador e o desengordurador. Sendo o desarenador do tipo arejado.

Este órgão tem como função a remoção de materiais com densidade superior a 1 (que se depositam no fundo do tanque), e de materiais com densidade inferior à da água, que se acumulam na superfície por um processo natural de flotação melhorada por arejamento (óleos e gorduras).

Pela remoção destes componentes é protegida a fase de tratamento biológico a jusante e o equipamento associado:

- Evitando a inibição da biomassa;
- Evitando a acumulação de materiais flutuantes nos tanques de arejamento;
- Prevenindo a acumulação de areias;
- Prevenindo a desnecessária abrasão e desgaste do equipamento mecânico instalado a jusante do órgão.

Este equipamento permite retirar os componentes sobrenadantes encontrados à superfície e separar materiais mais pesados que possam sedimentar no fundo do tanque. Um sistema de injeção de ar, constituído por tubos perfurados colocados no fundo do tanque e alimentados por um compressor externo, provoca um fluxo helicoidal. O efluente desloca-se numa trajetória helicoidal que provoca, pelo menos, duas ou três passagens pelo fundo do tanque. Este fenómeno aumenta o percurso das areias, permitindo a diminuição do comprimento efetivo do órgão para a sua efetiva sedimentação.

Para a remoção das areias é utilizado um parafuso transportador horizontal localizado no fundo do tanque. Este parafuso encaminha as areias para um outro parafuso (este inclinado) que as lava e transporta até a sua descarga no contentor para destino final.

Relativamente à remoção das gorduras do efluente, esta é feita com uma lâmina acionada por um moto-redutor que efetua um movimento de translação à superfície do líquido e ao longo do comprimento do equipamento, removendo e conduzindo as gorduras flutuantes para um compartimento de saída específico. Os óleos e gorduras são depositados num concentrador de gorduras onde são recolhidas para contentores e enviadas para destino final adequado.

Após a desarenação/desengorduramento também é possível, mediante a operação de válvulas manuais, desviar o efluente para o *by-pass* geral, mesmo antes da entrada no tratamento biológico.

Tabela 30 – Características finais do desarenador/desengordurador.

DESARENAÇÃO/DESENGORDURAMENTO		
Características	Unidade	Tempo Húmido
Número de unidades	-	1
Caudal com escorrências	m ³ /h	162
Comprimento	m	9
Largura da câmara	m	1
Produção de areias	l/hab.ano	5
Areias produzidas	l/dia	140
Concentração inicial de gorduras	mg/l	102
Remoção de gorduras	%	20

Dimensionamento do desarenador

No dimensionamento deste equipamento considera-se como caudal de dimensionamento o máximo caudal de ponta horário. De acordo com a experiência de operação também se considera como ótimo um tempo de retenção para o caudal de ponta a variar entre os 3 e os 5 minutos, a granulometria das partículas a remover deve ser, no mínimo, igual ou superior a 210µm. A capacidade de armazenamento de areias e gorduras que define a autonomia dos contentores neste caso prático, deve ser igual ou superior a 3 dias de produção como indica o Caderno de Encargos. A utilização das expressões (3) a (8) conduziu aos resultados apresentados na Tabela 30.

O equipamento apresenta-se devidamente dimensionado de acordo com a proposta do fabricante às especificações apresentadas e exidas no Caderno de Encargos, uma vez que o desarenador está incluído na unidade combinada de pré tratamento.

5.4.1.5 Concentrador de gorduras

O concentrador de gorduras é o órgão que recebe as gorduras provenientes do sistema compacto desarenador/desengordurador e que permite a redução do seu teor em água. As gorduras são recolhidas à superfície por raspador superficial mecânico de correntes, e descarregadas em contentor para serem entregues a destino final compatível. A descarga de fundo do concentrador de gorduras é enviada para a rede de escorrências da ETAR. O concentrador de gorduras é escolhido conforme o caudal de gorduras à saída do desarenador, fornecido pelo fabricante tendo em conta a unidade combinada do desarenador.

O dimensionamento deste órgão está implícito do desengordurador, uma vez que este último quase só apresenta gorduras, apenas se pretende reduzir o teor em água.

5.4.2 RECEÇÃO DO EFLUENTE DAS FOSSAS SÉTICAS

A receção do efluente das fossas sépticas localiza-se junto á vedação da ETAR de modo a facilitar o acesso do camião limpa-fossas. Este espaço é ocupado pelo poço de equalização e bombagem e por uma unidade combinada constituída por tamisador e desarenador com classificador de areias integrado. Esta unidade combinada efetua um pré-tratamento ao efluente das fossas sépticas.

A escolha do equipamento foi efetuada de acordo com a disponibilidade do mercado, tendo em conta o caudal, tempo de descarga, volume descarregado e as operações solicitadas, nomeadamente, o tamisador e desarenador.

O efluente pré-tratado é descarregado para o poço de armazenamento de efluente de fossas sépticas. Este poço permite também a equalização e homogeneização deste efluente, tal como é imposto no Caderno de Encargos. O poço também tem instalado um hidrojeto de modo a proporcionar tanto a agitação e a homogeneidade do volume como o arejamento, evitando o aumento da seticidade do mesmo.

O caudal a elevar para o pré-tratamento é limitado pelo Caderno de Encargos em $4,4 \text{ m}^3/\text{d}$ o que origina um aumento da carga poluente não superior a 5% em relação à carga de projeto. Tendo em conta o caudal a ser elevado e o máximo de descargas a verificar por dia chegou-se a uma capacidade mínima do poço de $15,6 \text{ m}^3$ ($2 \times 10 \text{ m}^3 - 4,4 \text{ m}^3/\text{d}$). No entanto, optou-se por uma capacidade de $18,6 \text{ m}^3$

de forma a garantir o funcionamento desta operação no caso de haver uma eventual anomalia e os valores previstos forem excedidos.

O efluente das fossas sépticas é elevado para o pré-tratamento da ETAR através de bombas submersíveis de elevação. A elevação do efluente realiza-se, unicamente, em horas mortas de afluência à ETAR para que o caudal de dimensionamento (162 m³/h) não seja excedido.

É importante ter em atenção que um pico elevado de afluência de carga orgânica poderá levar a disfunções no reator e em casos extremos conduzir a situações de *stress* que implicariam o rearranque do reator biológico. Apesar de ser um fenómeno raro, uma vez que o controlo do caudal é eficaz, deve estar presente o alerta para esta situação.

Tabela 31 – Características da unidade combinada de pré-tratamento de efluente de fossas sépticas.

RECEÇÃO DO EFLUENTE DE FOSSAS SÉPTICAS		
Características	Unidade	Tempo Húmido
Quantidade	-	1
Capacidade	m ³ /h	40

5.4.2.1 Tamisação das fossas sépticas

Será instalado um tamisador automático a montante da unidade combinada que permite remover as partículas sólidas em suspensão na água residual. Os gradados são compactados, descarregados em contentores e enviados a destino final. O Caderno de Encargos impõe que a malha da grade seja de 6 mm.

5.4.2.2 Desarenador com classificador de areias

Com o desarenador pretende-se a separação, por sedimentação gravítica de materiais com densidade superior à da água. A classificação de areias tem como única função a lavagem das areias.

A remoção das areias é feita com recurso a um parafuso inclinado extrator de areias que lava e conduz as areias para o exterior, onde são recolhidas em contentores e enviadas a destino final.

Após a remoção das areias o efluente é descarregado para o poço de armazenamento de efluente de fossas sépticas.

5.4.2.3 Estação elevatória de efluente de fossas sépticas

A estação elevatória para além de proporcionar a elevação do efluente também consiste num volume de armazenamento e equalização. O armazenamento e equalização são operações necessárias quando o caudal a ser elevado não é constante, tendo uma variabilidade que não é favorável para o tipo de processo pretendido. Como o Caderno de Encargos impõem um caudal mais baixo a elevar para o pré-tratamento de modo a reduzir/homogeneizar a carga afluyente a este, é necessário equaliza-lo.

Nesta estação elevatória, o efluente de fossas sépticas pré-tratado é armazenado temporariamente em poço húmido com capacidade útil de 18,6 m³.

A estação elevatória está equipada com bombas submersíveis e com um hidrojétor. As bombas permitem a elevação do caudal até à caixa de admissão do pré-tratamento da ETAR e o hidrojétor permite tanto o arejamento como somente a agitação do volume armazenado com a atuação de uma válvula automática colocada na tubagem de aspiração de ar. Neste caso, definiu-se que as bombas submersíveis a instalar terão uma capacidade unitária de cerca de 15 m³/h – 9,5 mca.

Tabela 32 – Parâmetros adotados no poço de bombagem.

POÇO DE BOMBAGEM		
Parâmetro	Unidade	Tempo Húmido
Caudal diário afluyente	m ³ /dia	20
Caudal de ponta afluyente	m ³ /h	40
Cauda diário equalizado	m ³ /dia	4,4
Volume útil do poço	m ³	18,6
Diâmetro da conduta	mm	100
Comprimento da conduta	m	95
Número de bombas	-	1+1
Caudal/bomba	m ³ /h	15
Altura manométrica	m	9,6

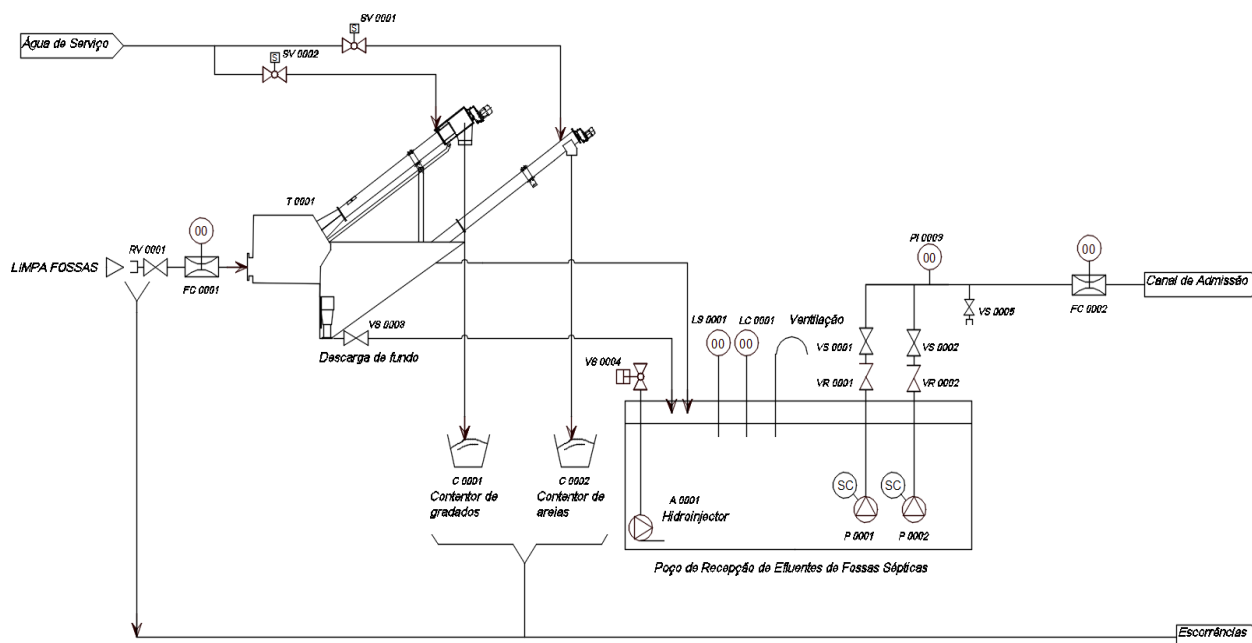


Figura 53 – Diagrama processual: Recepção do efluente de fossas sépticas (ver original no Anexo B01).

5.4.3 TRATAMENTO BIOLÓGICO

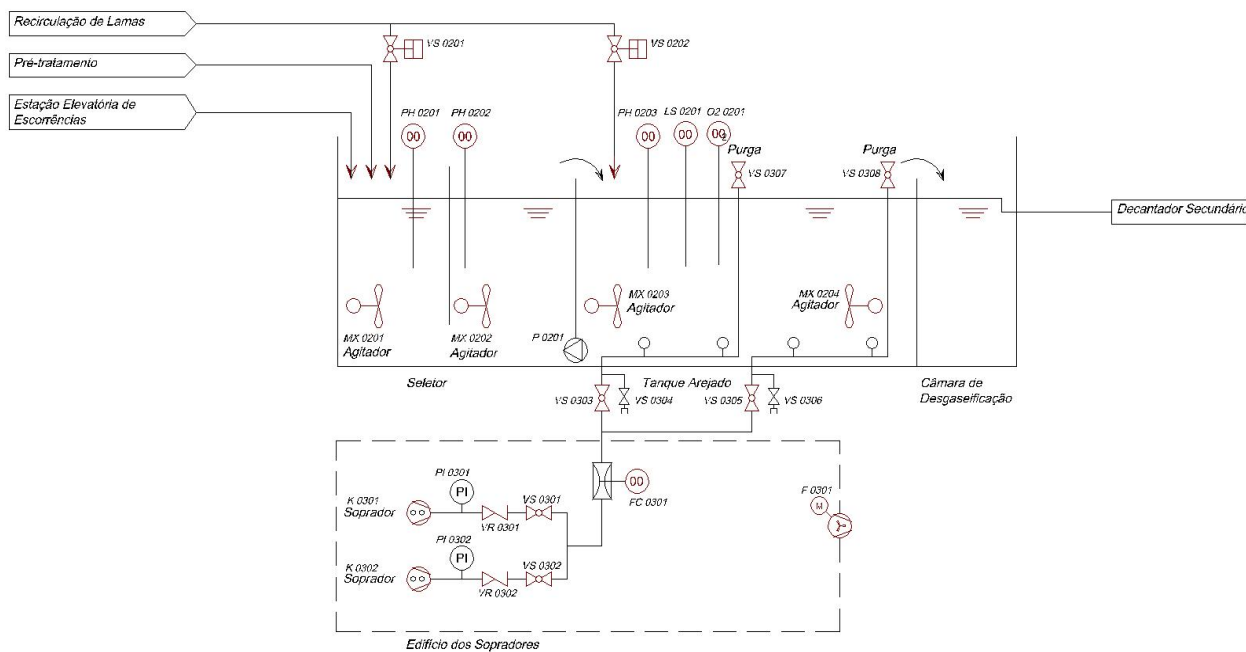


Figura 54 - Diagrama processual: Reator biológico (ver original no Anexo B03).

O órgão onde ocorre o tratamento biológico designa-se por reator biológico. Por opção de projeto adotou-se para este órgão uma geometria retangular, tal como é usual neste tipo de processo de tratamento.

O reator biológico preconizado pelo Caderno de Encargos é baseado num sistema de lamas ativadas de mistura completa em regime contínuo, e compreende uma sequência de dois compartimentos, um anóxico (com funções de seletor/reator anóxico) e um aeróbio (reator em regime de arejamento prolongado), separados fisicamente entre si por meio de paredes. Neste órgão o efluente é submetido a sucessões de fases anóxicas e arejadas. Este tipo de tratamento biológico permite remover não apenas a carga orgânica mas também a carga de nutrientes, nomeadamente azoto e fósforo.

No seletor/tanque anóxico, o efluente proveniente do pré-tratamento é misturado em primeiro lugar com as lamas recirculadas e depois com o licor misto existente no reator, promovendo-se o ambiente anóxico necessário ao desenvolvimento de microrganismos com boas características de sedimentabilidade. A passagem do meio anóxico para o arejado é feito através de uma abertura existente na parede.

No tanque arejado ocorrem as reações que promovem a degradação completa do CBO, a nitrificação do azoto conversível e a remoção biológica de parte do fósforo. Depois do substrato ser consumido inicia-se uma fase de carência de alimento em que alguns organismos morrerão, o que ajuda à redução do volume de lama a sedimentar.

De forma a manter a homogeneidade do licor colocam-se agitadores submersíveis nos tanques, permitindo a agitação necessária e proporcionando melhores condições para as reações de degradação biológica.

O licor misto é então descarregado para a decantação, sendo aqui criadas condições para a separação das fases líquida e sólida.

As lamas biológicas resultantes da etapa de sedimentação, a partir de uma estação elevatória de lamas biológicas, são recirculadas para montante do reator biológico ou removidas como lamas em excesso para o espessador gravítico para/e posterior tratamento. A concentração da população microbiana no reator biológico deve ser mantida de modo a garantir a continuidade do tratamento, sendo por isso realizada a recirculação de lamas.

O caudal de lamas recirculadas a ser misturado com o caudal afluente ao reator é objeto de determinação, de modo a dimensionar tanto os equipamentos de elevação e recirculação como os circuitos hidráulicos inerentes desta fase.

Na Figura 55, é possível perceber os fluxos que ocorrem nos processos de transformação do efluente, sendo que o tratamento biológico ocorre nos dois tanques que constituem o reator biológico.

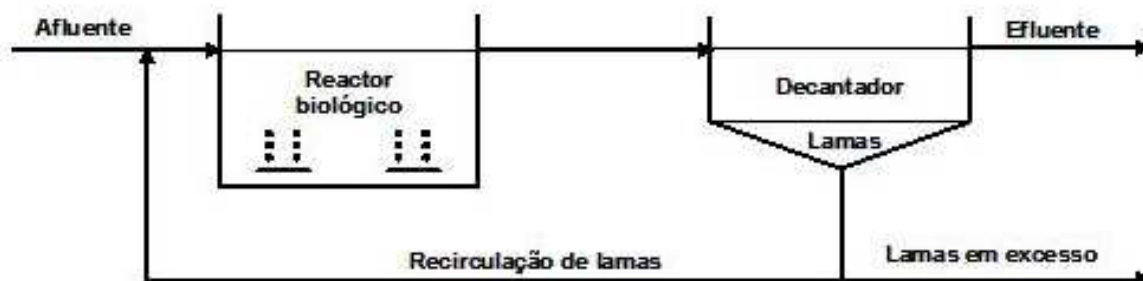


Figura 55 - Processos de transformação no tratamento biológico (Martins, 2008).

5.4.3.1 Dimensionamento do Reator Biológico

No dimensionamento do tratamento biológico foram tidos em conta todos os afluentes e valores limites de descarga impostos. Nos valores afluentes tanto de caudal como de cargas, foram considerados para além dos valores do efluente bruto, os valores bombados do pré-tratamento de efluentes das fossas sépticas e os valores da rede de escoamentos da ETAR. O sistema proposto permite também a remoção biológica de nutrientes (azoto e fósforo). A conceção da solução atende à variabilidade das cargas orgânicas e caudais específicos deste subsistema conduzindo a uma instalação com uma elevada flexibilidade de funcionamento, capaz de se adaptar às diferentes condições de afluência que se prevê vir verificar-se.

Para um bom funcionamento processual é necessário manter um tempo de retenção de células no sistema mínimo de 10 dias, que conduz a uma volumetria total necessária. No entanto, o programa de concurso obriga a um tempo de retenção mínimo de 15 dias.

No que respeita aos tempos de retenção de sólidos obtidos no reator biológico, será verificada a existência de organismos nitrificantes, uma vez que o tempo de retenção é superior a 10 dias.

Tabela 33 – Dados de base para o tratamento biológico.

DADOS DE BASE			
Parâmetro	Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido
Caudal (incluindo escoamentos)	m ³ /dia	1402	2053
Caudal de ponta (incluindo escoamentos)	m ³ /h	135	162
CBO	Kg/dia	719	716

DADOS DE BASE			
SST	Kg/dia	615	615
Azoto	Kg/dia	154	154
Fósforo	Kg/dia	20,5	20,5

A utilização das expressões (23) à (37) conduziu aos resultados apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 – Quadro resumo dimensionamento do volume do tanque arejado.

DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DO TANQUE AREJADO			
Parâmetro	Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido
Caudal diário	m ³ /dia	1307	1961
Caudal diário com escorrências	m ³ /h	1402	2053
CBO	Kg/dia	719	716
Azoto Kjeldhal	Kg/dia	154	154
MLSS	mg/l	4000	154
SVI	ml/g	150	150
Temperatura média	°C	14	14
Concentração mínima de OD	mg/l	2	2
Volume total adotado	m ³	2500	2500
Idade das lamas	dias	15	15
Carga mássica F/M	kg CBO ₅ /kg MLSS.d	0,07	0,07
Carga volúmica	kg CBO ₅ /m ³ .d	0,29	0,29
Produção de lamas biológicas	kg/dia	531,69	523,69
Produção específica de lamas	kg SST/kg CBO _{removido}	0,74	0,73

Para o dimensionamento do volume de reação do processo de lamas ativadas considera-se o volume necessário para a nitrificação e a desnitrificação. Este volume é também suficiente para a remoção de matéria orgânica carbonatada.

A otimização do processo é garantida pelos parâmetros obtidos a partir de uma sonda de oxigénio localizada no tanque. Para níveis de oxigénio dissolvido inferiores a 1 mg/l, o sistema de arejamento é

ativado sendo interrompido quando o valor atinge 4 mg/l de modo a manter uma concentração¹⁸ média de 2 mg/l.

5.4.3.2 Remoção de Nutrientes

No caso em estudo, o azoto e o fósforo são os nutrientes a remover. De acordo com os resultados previstos das reações biológicas que ocorrem no reator biológico, foi possível apurar que essas reações permitem remover simultaneamente uma certa quantidade de nutrientes presentes no licor misto. Ou seja, neste caso, não é necessário recorrer a precipitação química.

Remoção de azoto

Nitrificação

A nitrificação consiste na transformação do azoto orgânico e amoniacal (NH_4^+) em nitritos e depois em nitratos por oxidação. Ou seja, primeiro o amoníaco transforma-se em nitrito e, em seguida, o nitrito converte-se em nitrato. Trata-se de um processo biológico que ocorre no tanque arejado que, para isso, é convenientemente dimensionado para o efeito. Tendo em conta as concentrações iniciais e finais requeridas de CBO, o volume do tanque tem de ser suficiente para que ocorra a degradação da matéria orgânica excedente.

No entanto, o azoto presente no efluente, embora tendo sido transformado por reações em nitratos, ainda não foi removido da água residual, pelo que será necessária uma segunda fase de tratamento bioquímico denominada desnitrificação.

Desnitrificação

A desnitrificação é o processo que permite que o nitrato seja reduzido em azoto gasoso (N_2) através de reações levadas a cabo por microrganismos específicos. Estas reações dão-se no tanque anóxico e na presença de carbono (CBO). O azoto gasoso assim produzido é libertado para a atmosfera.

Remoção do fósforo

As reações que ocorrem no reator biológico têm capacidade para remover biologicamente uma grande parte do fósforo presente no efluente de tal modo que o valor da descarga não ultrapasse os valores máximos impostos no Caderno de Encargos. A razão de consumo CBO/Fósforo é de 100:1, ou seja,

¹⁸ Caso a concentração seja menor que 1 mg/l o sistema entra em anoxia.

para cada 100 kg de CBO consumido também é consumido 1 kg de fósforo. Portanto não é necessário promover qualquer processo químico para a remoção de fósforo.

Tabela 35 – Resultados que demonstram que a quantidade de fósforo é removida, integralmente, nas reações biológicas.

VERIFICAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO NO TANQUE			
Parâmetro	Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido
Caudal diário	m ³ /dia	1307	1961
Caudal diário com escorrências	m ³ /dia	1402	2053
CBO	kg/dia	719	716
Fósforo à entrada	kg/dia	20,5	20,5
Concentração máxima de fósforo à saída	mg/l	10	10
Fósforo consumido biologicamente	kg/dia	7,19	7,16
Fósforo a remover quimicamente	kg/dia	0	0

5.4.3.3 Arejamento

Tratando-se de um processo aeróbio é necessário ter em conta a quantidade total de oxigênio necessário ao sistema, sendo calculada com base nos fatores apresentados no Tabela 36 e pela expressão (38).

Tabela 36 – Quantidade total de oxigênio necessária ao sistema.

NECESSIDADES DE OXIGÊNIO					
Parâmetro		Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido	
Caudal	diário com	m ³ /dia	1402	2053	
escorrências					
CBO		kg/dia	719	716	
Respiração de substrato		kg O ₂ /kg CBOremovido	0,6	0,6	
Respiração endógena		kg O ₂ /kg MLVSS.d	0,1	0,1	
Nitrificação		kg O ₂ /kg N removido	4,6	4,6	
Concentração	de	gMLSS/L	4	4	
biomassa					
Concentração	de	mg O ₂ /l	2	2	
oxigênio					
Fator de ponta CBO ₅ *			1,5	1,5	
Fator de ponta N			1,8	1,8	
Necessidades em Oxigênio:					
Respiração de substrato		kg O ₂ /dia	615	598	
Respiração endógena		kg O ₂ /dia	781	781	
Nitrificação		kg O ₂ /dia	1084	1030	
TOTAL AOR		kg O ₂ /dia	2481	2409	
Fator α			0,65	0,65	
Após conversão:					
SOTR		kg O ₂ /h	202	197	

*Fornecido pelo Caderno de Encargos.

O arejamento será realizado por grelhas de arejamento associadas a um conjunto de sopradores (1+1) com capacidade para 2400 Nm³h – 600 mbar cada um, de modo a responder às necessidades do sistema de arejamento.

5.4.4 DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA

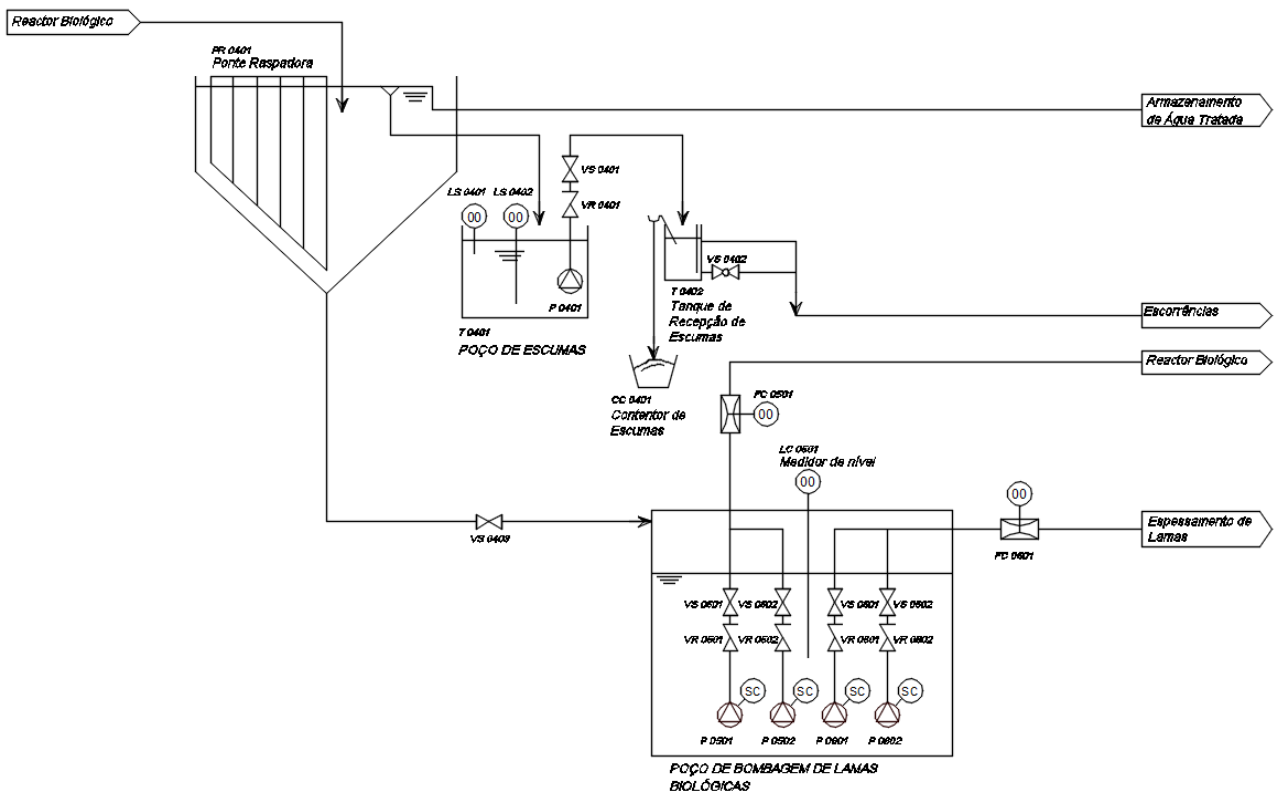


Figura 56 – Diagrama processual: Decantador secundário (ver original no Anexo B04).

Na decantação secundária criam-se condições de sedimentação necessárias para a separação da fase líquida da fase sólida do efluente proveniente do tratamento biológico.

Os sólidos sedimentam no fundo do tanque formando um manto de lamas biológicas que têm, neste caso, dois destinos possíveis: recirculação para o seletor/tanque anóxico ou são removidas como lamas em excesso e enviadas posteriormente para espessamento.

As escumas recolhidas pelo raspador de superfície são inseridas na rede de escorrências da ETAR, não necessitando de tratamento especial por terem um caudal diminuto.

Caderno de Encargos impõe a que o dimensionamento do decantador seja baseado em parâmetros especificados nas normas alemãs ATV 2000 (ATV-DVWK-A 131E). Porém a nota técnica obriga a que, para estes parâmetros, sejam utilizados valores mais conservativos do que os apresentados naquela norma.

A carga hidráulica tem as dimensões de uma velocidade:

- Carga hidráulica máxima $\leq 0,7 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$
- Carga de sólidos máxima $\leq 5,0 \text{ Kg SST}/(\text{m}^2.\text{h})$
- Altura a 2/3 do raio $\geq 3,5 \text{ m}$

Dimensionamento do decantador secundário

O dimensionamento do decantador secundário além de considerar os parâmetros do parágrafo anterior, também teve por base os critérios de dimensionamento descritos no terceiro capítulo e a utilização da expressão (39) que conduziram aos resultados apresentados na Tabela 37.

O decantador secundário terá um diâmetro de 17,15 m e um volume unitário de 793 m³.

Tabela 37 – Características do decantado secundário.

DECANTADOR SECUNDÁRIO		
Parâmetro	Unidade	Tempo Húmido
Número de unidades	-	1
Caudal de ponta afluyente	m ³ /h	162
Diâmetro	m	17,15
Altura periférica	m	3
Altura total	m	4,3
Carga hidráulica	m ³ /m ² .h	0,7
Tempo de retenção hidráulico	h	9,8
Carga de sólidos	Kg/m ² .h	0,13

Estação elevatória de recirculação de lamas biológicas

A estação elevatória recebe a lama biológica sedimentada no decantador secundário e armazena-a temporariamente num poço húmido.

Tanto para a recirculação das lamas como remoção das lamas em excesso, são instaladas bombas de elevação submersíveis, permitindo elevar a lama biológica para a recirculação ao reator ou para a remoção e respetivo tratamento.

O autómato da ETAR controlará os caudais de lama a recircular e de lamas em excesso a remover, pela atuação sobre as bombas instaladas no poço. Quanto à medição do caudal, esta é realizada com medidor de caudal eletromagnético instalado em cada conduta elevatória.

Tabela 38 – Características do poço de bombagem que constitui a estação elevatória de recirculação de lamas biológicas.¹⁹

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO DE LAMAS BIOLÓGICAS		
Parâmetro	Unidade	Tempo Húmido
Volume útil do poço	m ³	18,85
Caudal de recirculação de lamas biológicas	m ³ /h	86
Diâmetro da conduta	mm	150
Comprimento da conduta	m	8
Número de bombas	-	1+1
Altura manométrica	m	8
Caudal de remoção de lamas em excesso	m ³ /h	9
Volume útil do poço	m ³	18,85
Diâmetro da conduta	mm	100
Comprimento da conduta	m	35
Número de bombas	-	1+1
Altura manométrica	m	9

5.4.5 TRATAMENTO DE LAMAS

O tratamento de lamas tem por objetivo a redução do volume das lamas e, por vezes a inativação de organismos patogénicos. Este último relaciona-se com o uso de cal ou então com tempos de retenção maiores em que há mineralização das lamas.

A lama biológica em excesso é retirada do decantador secundário através de bombas submersíveis instaladas no poço de recirculação de lamas, para o espessador gravítico. Segue-se a etapa de desidratação de lamas por centrifuga com adição de polieletrólito. A lama desidratada é armazenada em silo de lamas desidratadas.

Os processos que permitem o tratamento de lamas são dotados de vários equipamentos responsáveis pela operação desses mesmos processos:

¹⁹ Nesta tabela apenas são apresentados os valores do tempo húmido para tentar não repetir tanta informação, e porque é neste caso que o caudal de recirculação é maior.

- Bombas de elevação de lamas em excesso;
- Espessador gravítico;
- Centrífuga;
- Unidade de preparação de polímero;
- Bombas doseadoras de polímero;
- Painel de diluição em linha;
- Bomba de elevação de lamas desidratadas;
- Silo de armazenamento de lamas desidratadas.

A extração e elevação das lamas espessadas para desidratação será realizada através de uma bomba de rotor excêntrico, a partir do espessador gravítico, com medição de caudal eletromagnético no circuito de compressão.

Todas as escorrências recolhidas, provenientes das bacias de retenção dos equipamentos, de sobrenadantes do espessador gravítico e de descargas de fundo dos equipamentos, são encaminhados para a rede de escorrências. A bacia de retenção é materializada por pendentes efetuadas na laje de fundo de piso térreo da zona onde estão instalados os equipamentos.

5.4.5.1 Espessador gravítico de lamas

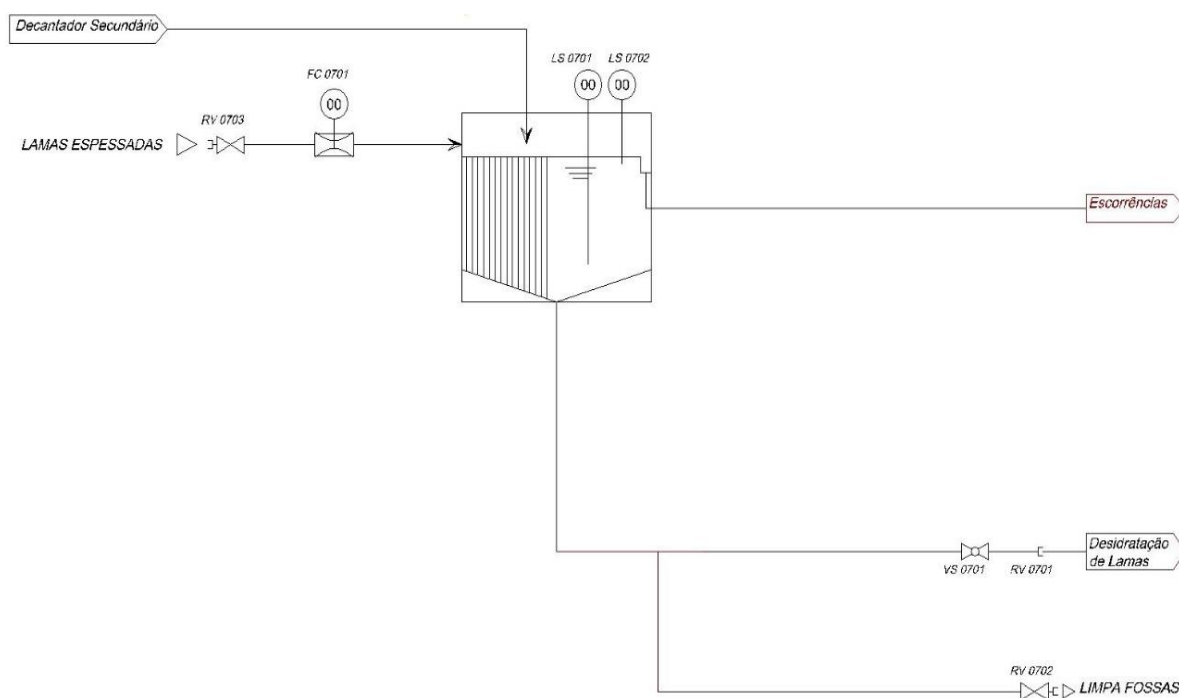


Figura 57 - Diagrama processual: Espessamento gravítico de lamas (ver original no Anexo B05).

O sistema de espessamento adotado é um sistema com espessador gravítico de forma semelhante à do decantador. Permite a separação das fases sólida e líquida, sendo a parte inferior troncocônica invertida, com grade de mistura munida de raspador de fundo.

O espessador gravítico receberá as lamas biológicas em excesso por via de bombas submersíveis instaladas no poço de recirculação de lamas biológicas para um caudal de 9 m³/h. Contudo, também receberá lamas espessadas provenientes de outras ETAR funcionando como tanque de mistura e homogeneização de lamas espessadas.

Os sobrenadantes provenientes do espessador são encaminhados para a rede de escoamentos.

Na adoção das dimensões para o espessador foram consideradas, obrigatoriamente, a carga diária de sólidos no espessador (≤ 25 Kg SST/m²/dia) e os critérios de tempo de retenção que convém cumprir.

Tabela 39 – Dimensionamento do espessador gravítico.

ESPESSADOR GRAVÍTICO			
Parâmetro	Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido
Caudal diário de lamas biológicas (0,80%)	m ³ /dia	81,17	78,95
Caudal de lamas	m ³ /h	9	9
Quantidade de espessadores	-	1	1
Tempo de retenção	dias	1,25	1,29
Área do espessador	m ²	30,75	30,84
Diâmetro/Dimensão do espessador	m	5,54	5,55
Altura periférica	m	3	3
Altura total	m	3,9	3,91
Volume total	m ³	101,5	101,5
Carga de Sólidos (Qp)	kg/m ² .d	21,12	20,48
Taxa de aplicação hidráulica (Qp)	m ³ /m ² .h	0,29	0,29
Concentração média de lamas espessadas	%MS	2,5	2,5

5.4.5.2 Desidratação de lamas

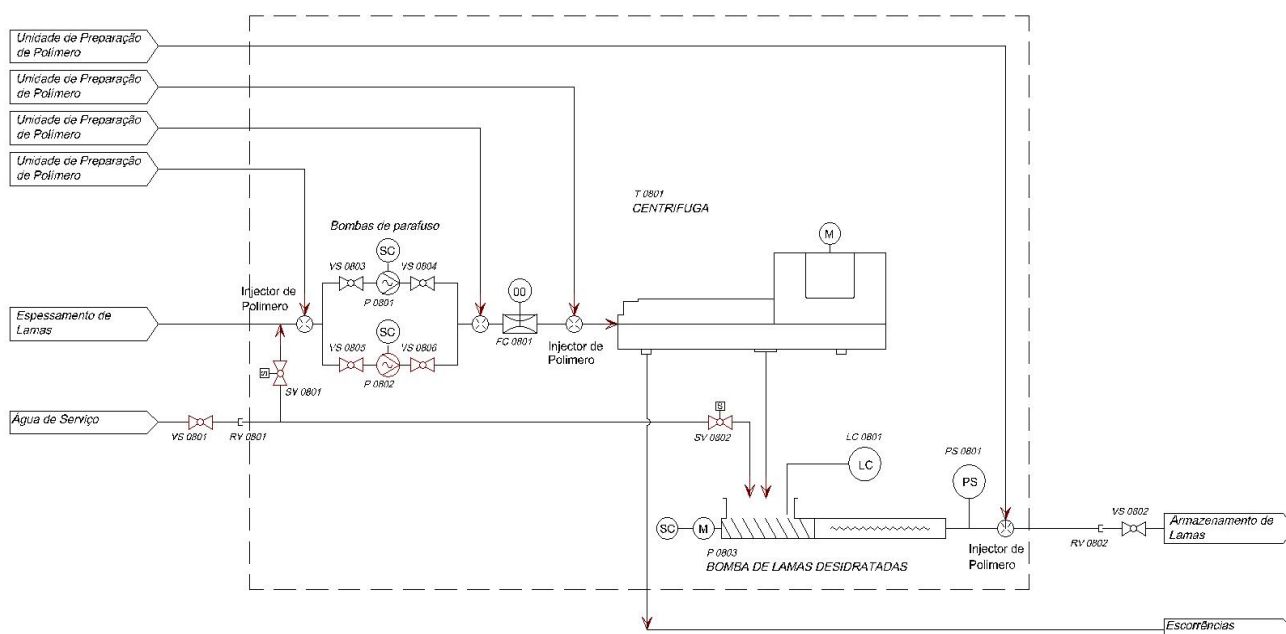


Figura 58 - Diagrama processual: Desidratação de lamas (ver original no Anexo B06).

As lamas provenientes do espessador são posteriormente desidratadas por meio mecânico através de uma centrífuga, e as águas de lavagem serão drenadas e escoadas para o circuito de escorrências da ETAR.

No sentido de melhorar a eficiência do processo de desidratação das lamas recorre-se a adição de uma solução de polieletrólito às lamas em três pontos do circuito: 1) na conduta de aspiração das bombas de alimentação à centrífuga; 2) na conduta de compressão das mesmas; 3) na alimentação à centrífuga. Para tal, prevê-se a instalação de uma unidade automática de preparação, armazenamento e doseamento de polieletrólito. As lamas depois de desidratadas são elevadas e armazenadas em silo.

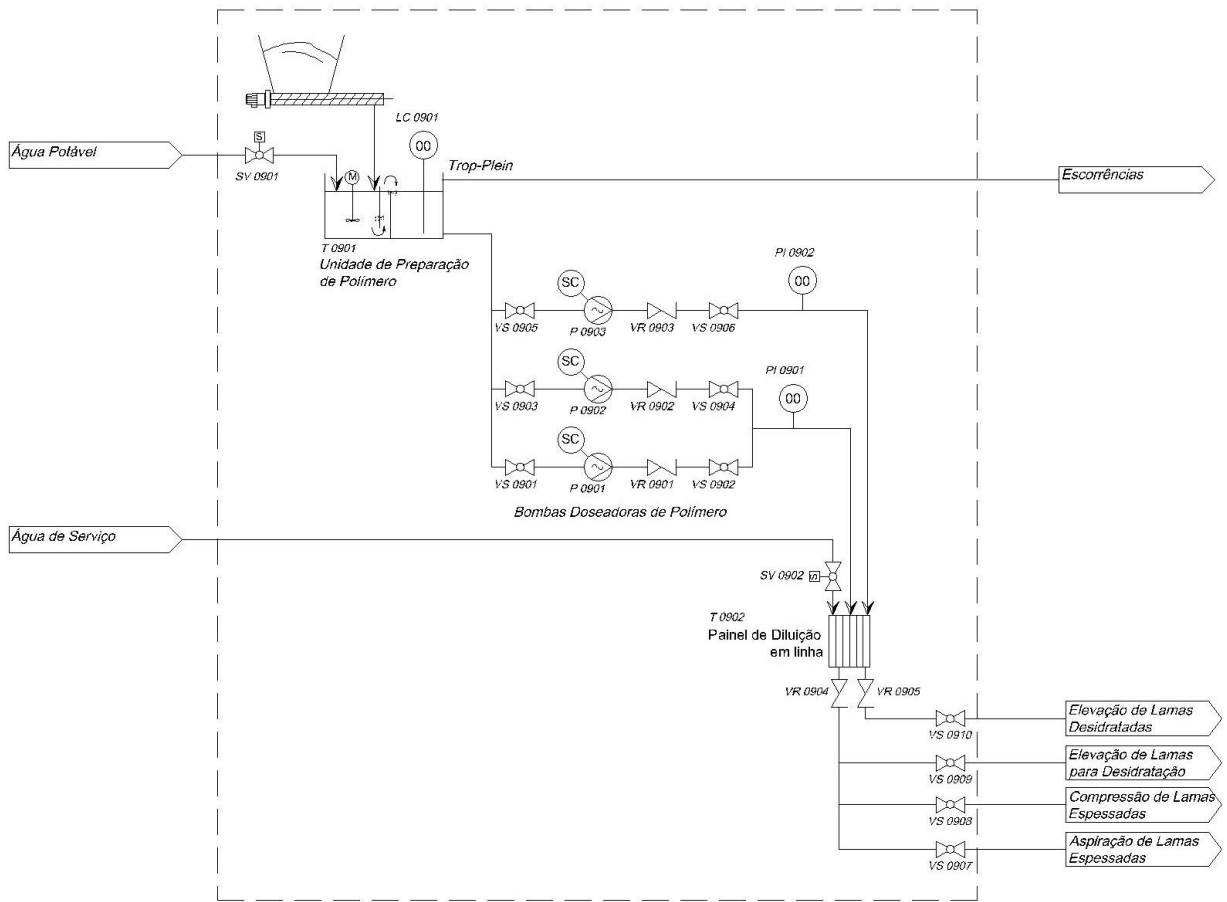


Figura 59 - Diagrama processual: Preparação e dosagem de polímero (ver original no Anexo B07).

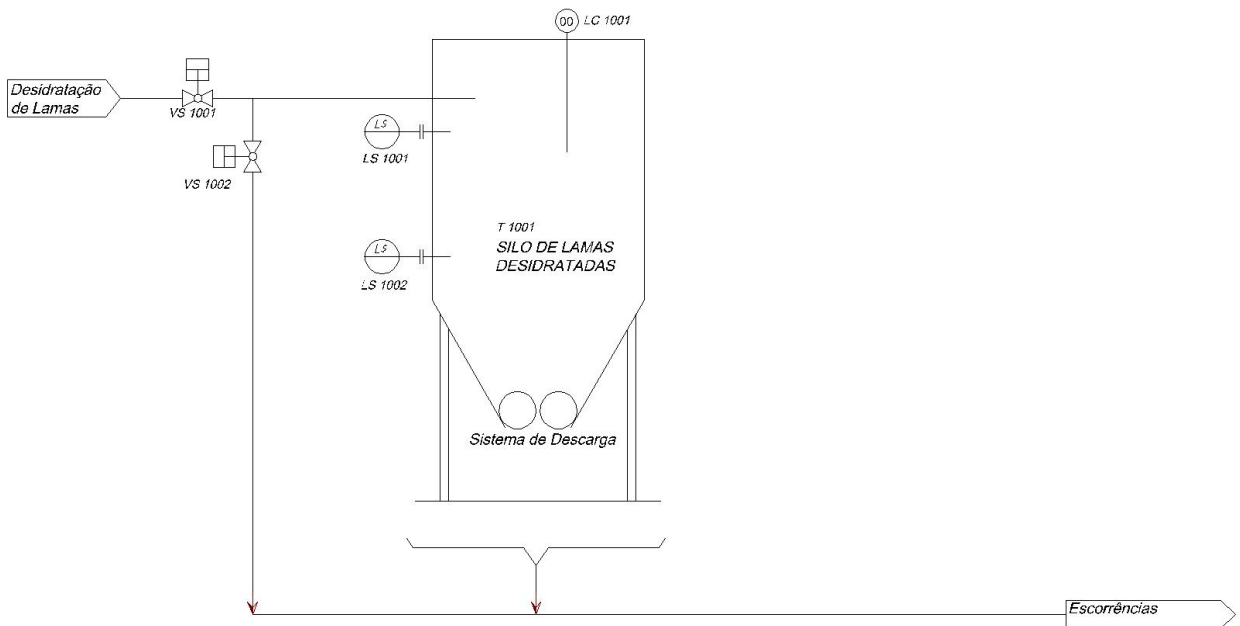


Figura 60 - Diagrama processual: Armazenamento de lamas desidratadas (ver original no Anexo B08).

Tabela 40 - Características da desidratação de lamas.

DESIDRATAÇÃO DE LAMAS			
Parâmetro	Unidade	Tempo Seco	Tempo Húmido
Caudal diário de lamas (2,5%)	m ³ /dia	36,4	35,4
Caudal de lamas espessadas a desidratar	m ³ /h	6,06	5,9
Caudal de polímero	m ³ /h	1,36	1,33
Caudal total a desidratar	m ³ /h	7,42	7,42
Número de unidades	-	1	1
Capacidade do equipamento	kgMS/h	152 (2,5%)	147 (2,5%)
Concentração média de lamas espessadas	%MS	±20	±20

As lamas serão descarregadas para um silo de armazenamento com 30 m³ de volume com o auxílio de uma bomba de elevação de rotor excêntrico, de modo a obter uma autonomia de 7 dias.

A desidratação funcionará 6 horas por dia e 5 dias por semana, com um caudal de lamas a desidratar com polímero de 7,42 m³/h.

Os sobrenadantes que resultam do filtrado da desidratação são recirculados, retomando a linha de tratamento da fase líquida pela rede de escoamentos.

Ficará prevista em reserva de espaço, para uma segunda fase, a higienização das lamas com cal, através de um sistema de dosagem de cal com uma capacidade de dosagem diária de 260 kg/dia a partir de um silo com capacidade de 5 m³.



Figura 61 – Exemplo de um sistema de preparação e armazenamento de polieletrólito.



Figura 62 – Exemplo de bomba de rotor excêntrico.

5.5 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PRINCIPAIS ÓRGÃOS DE TRATAMENTO

Tal como já foi referido neste documento, na prática houve a necessidade da autora se adaptar rapidamente à metodologia de dimensionamento da empresa para que os prazos de entrega exigidos fossem cumpridos. Contudo, a autora considerou importante incluir no seu trabalho académico aquilo que seria o dimensionamento dos órgãos da ETAR recorrendo exclusivamente aos parâmetros especificados no Caderno de Encargos e às expressões teóricas e parâmetros de referência apresentados no capítulo 3. Este segundo dimensionamento designa-se por “pré-dimensionamento”.

O pré-dimensionamento seguidamente apresentado foi elaborado no final do estágio curricular, contrariamente ao que seria ideal, e tem como objetivo a possível comparação de resultados com o dimensionamento efetuado em gabinete.

Neste subcapítulo não serão apresentados todos os órgãos, mas apenas aqueles que mais se evidenciam pela sua função na ETAR.

5.5.1 DESARENADOR/DESENGORDURADOR

Os parâmetros fornecidos no Caderno de Encargos são insuficientes para a utilização de todas as expressões apresentadas no subcapítulo 3.2.1.5.2. Por esta razão foram utilizados parâmetros de referência extraídos da bibliografia especializada, também eles apresentados no referido capítulo.

O desarenador/desengordurador adotado é do tipo arejado tal como exige o Caderno de Encargos. No entanto, a autora apresenta também o pré-dimensionamento de um desarenador de fluxo horizontal simples.

5.5.1.1 Desarenador de fluxo horizontal

Tabela 41 – Dados gerais especificados no Caderno de Encargos.

Parâmetro	Condição	Valor adotado	Unidade
Diâmetro das partículas	≥	0,21	mm
Rendimento de remoção das partículas de areia	≥	80	%
Rendimento de remoção de óleos e gorduras	≥	20	%
Capacidade de armazenamento de areias e gorduras	≥	3	dias
Tempo de retenção para o caudal de ponta (desarenador arejado)	3 a 5	3	min
Tempo de retenção para o caudal de ponta (desarenador fluxo horizontal)		1	min
Densidade da água		1700	kg/m ³
		1100	kg/m ³
Máximo caudal de ponta		162	m ³ /h
Viscosidade dinâmica água		1,01 × 10 ³	N.s/m ²
Velocidade cinemática		1,01 × 10 ⁻³	m ² /s
Caudal de ponta		0,04	m ³ /s

Tabela 42 – Parâmetros considerados no pré-dimensionamento de um desarenador de fluxo horizontal (simples).

Desarenador de fluxo horizontal (Simples)	
Velocidade vertical (m/s)	0,02
Velocidade horizontal (m/s)	0,25
Largura (m)	0,3

Adotaram-se a velocidade vertical e a velocidade horizontal apresentada na Tabela 7. A largura do desarenador foi inicialmente arbitrada pela autora. Quando necessário sendo alterada ou não, consoante os resultados do pré-dimensionamento sejam satisfatórios ou não.

Os valores da Tabela 43 foram obtidos pelo raciocínio traduzido nas seguintes expressões:

- **Altura da água para um desarenador de fluxo horizontal, m**

$$h_a = \frac{Qp}{V_{hp} l} \quad (46)$$

Sendo,

Qp – Caudal de ponta, m³/s;

l – Largura, m;

V_{hp} – Velocidade horizontal da partícula, m/s.

- **Tempo de retenção (percurso), tr_p (s)**

$$tr_p = \frac{h_a}{Vv_s} \quad (47)$$

Sendo,

Vv_s – Velocidade vertical de sedimentação, (m/s).

- **Volume do desarenador de fluxo horizontal, V (m³)**

$$V = Qp \times Tr_{fh} \quad (48)$$

Sendo,

Tr_{fh} - Tempo de retenção para o caudal de ponta (desarenador de fluxo horizontal), s.

- **Comprimento do desarenador de fluxo horizontal (m)**

$$Comprimento = \frac{V}{l \times h_a} \quad (49)$$

Tabela 43 – Pré-dimensionamento para um desarenador/desengordurador de fluxo horizontal (Simples).

Desarenador de fluxo horizontal (Simples)					
Velocidade vertical de sedimentação (m/s)	Velocidade horizontal da partícula (m/s)	Altura da água (m)	Tempo de retenção (percurso) (s)	Volume (m ³)	Comprimento mínimo (m)
0,02	0,25	0,52	27,29	2,35	15,00

5.5.1.2 Desarenador arejado

Tabela 44 – Parâmetros considerados no pré-dimensionamento do desarenador arejado.

Desarenador arejado	
Taxa de aplicação do ar (m ³ /min.m)	0,3
Altura da água (m)	1
Largura (m)	1,5

Os valores da Tabela 44 são assumidos pela autora tendo por base a Tabela 8 extraída de Metcalf & Eddy (2003).

Os valores da Tabela 45 foram obtidos pelo raciocínio traduzido nas seguintes expressões:

- **Volume do desarenador arejado, V (m³)**

$$V = Qp \times Tr_a \quad (50)$$

Sendo,

Tr_a - Tempo de retenção para o caudal de ponta (desarenador arejado), s.

- **Comprimento do desarenador arejado, m**

$$\text{Comprimento} = \frac{V}{l \times h_a} \quad (51)$$

Sendo,

l – Largura do desarenador arejado, m;

h_a – Altura da água no desarenador arejado, m.

Como se poderá verificar na Tabela 44, o Caderno de Encargos especifica um valor para o parâmetro Taxa de aplicação de ar. De posse deste valor é possível determinar a quantidade de ar necessária para o correto funcionamento do desarenador (assunto não abordado no capítulo 0).

$$\text{Quantidade de ar necessário (m}^3/\text{min.m)} = \text{Comprimento(m)} \times \text{TAar} \quad (52)$$

Sendo,

$TAar$ – Taxa de aplicação de ar, m³/min.m

Tabela 45 – Pré-dimensionamento para um desarenador/desengordurador arejado.

Desarenador arejado		
Volume (m ³)	Comprimento (m)	Quantidade de ar necessário (m ³ /min.m)
7,06	4,71	1,41

Tabela 46 – Desarenador de fluxo horizontal vs Desarenador arejado.

	Desarenador de fluxo horizontal (simples)	Desarenador arejado
Volume (m³)	2,35	7,06
Comprimento (m)	15	4,71

Tal como se pode verificar na Tabela 46, existem diferenças entre os dois tipos de desarenadores. No caso prático a que se refere este documento, o desarenador exigido é do tipo arejado que apresenta várias vantagens, não só pelo tamanho mas também pela funcionalidade do arejamento. O arejamento permite, tal como já foi explicado no capítulo 3, que apenas os sólidos mais densos se depositem no fundo do canal. Para além disso, também favorece a acumulação/separação das gorduras no próprio desarenador, fazendo com que este funcione simultaneamente como desengordurador.

5.5.2 REATOR BIOLÓGICO

Tal como já foi referido anteriormente, a geometria do reator biológico adotada, por opção de projeto mas tendo em conta os requisitos do Caderno de Encargos e Nota Técnica, é retangular. O principal objetivo do pré-dimensionamento do reator biológico é obter o seu volume. Este volume pode ser obtido utilizando dois parâmetros diferentes: a relação F/M – equação (23) – ou a produção de lamas

– equação (27). Desta forma são obtidos dois volumes distintos, devendo ser escolhida o maior dos dois.

Tabela 47 – Dados gerais especificados no Caderno de Encargos.

Parâmetro	Condição	Valor dotado	Unidade
Caudal diário		1961	m ³ /dia
Caudal efluente das fossas sépticas		4,4	m ³ /dia
Carga orgânica do efluente bruto		615	Kg/dia
		615000	g/m ³
Carga orgânica do efluente de fossas sépticas		30,8	Kg/dia
Carga orgânica		716,2	kg/dia
Azoto kjedalh		153,62	kg/dia
Concentração de lamas necessárias para recirculação		8	kg/m ³
Concentração máxima de biomassa no reator biológico (MLSS)		4	kg/m ³
Carga mássica no reator	≤	0,07	Kg CBO ₅ /Kg MLSS/dia
Idade das lamas – tempo de retenção das lamas:			
Zona arejada	≥	7	dias
Global		15	
% Produção específica de lamas (Coeficiente de produção de lamas)	≥	0,95	Kg SST/Kg CBO ₅ removido
Relação F/M		0,07	Kg CBO ₅ /Kg MLSS/dia

Neste caso, devem ser considerados dois parâmetros diferentes, a produção de lamas e a relação F/M, obtendo-se, desta forma, dois volumes também diferentes. O volume a adotar será o maior dos dois, de modo a garantir o bom funcionamento do reator biológico.

- **Volume do reator biológico – produção de lamas**

$$V = \frac{SRT \times P_x \times \text{Carga orgânica}}{X} \quad (53)$$

Sendo,

V – Volume do reator biológico, m^3 ;

SRT – Tempo de retenção das lamas, dia;

P_x – Coeficiente de produção de lamas, Kg SST por Kg CBO_5 removido;

Carga orgânica – Carga orgânica total no reator, Kg/dia;

X – Concentração máxima de biomassa no reator, Kg/m^3 .

$$V = 2551,46 m^3$$

- **Volume do reator biológico – relação F/M**

$$V = \frac{\text{Carga orgânica}}{F/M \times X} \quad (54)$$

Sendo,

Carga orgânica – Carga orgânica total no reator, Kg/dia;

F/M – Relação *Food/Microorganism*, Kg CBO_5 /Kg MLSS/dia;

X – Concentração máxima de biomassa no reator, Kg/m^3 .

$$V = 2557,86 m^3$$

Todos os parâmetros considerados nos cálculos são apresentados pelo Caderno de Encargos e pela Nota Técnica. As expressões anteriormente apresentadas relacionam-se com as expressões (23) à (35).

Como se pode observar, o parâmetro mais condicionante é a relação F/M uma vez que se obtém um volume maior ($2557,86 m^3$).

5.5.3 DECANTADOR SECUNDÁRIO

No pré-dimensionamento do decantador secundário pretende-se obter as suas dimensões e capacidades, tendo em consideração a sua forma troncocónica.

Tabela 48 – Dados gerais.

Parâmetro	Valor adotado	Unidade
Caudal afluente ao decantador secundário	162	m ³ /h
Carga hidráulica máxima	0,7	m ³ /(m ² .h)
Altura periférica	3	m

Os valores referidos na Tabela 48 estão mencionados na Nota Técnica. Contudo, poder-se-á consultar valores típicos de dimensionamento referidos no Metcalf & Eddy (2003), tal como a Tabela 15, ou ainda, dimensionar o decantador secundário segundo a norma alemã ATV-DVWK-A 131E.

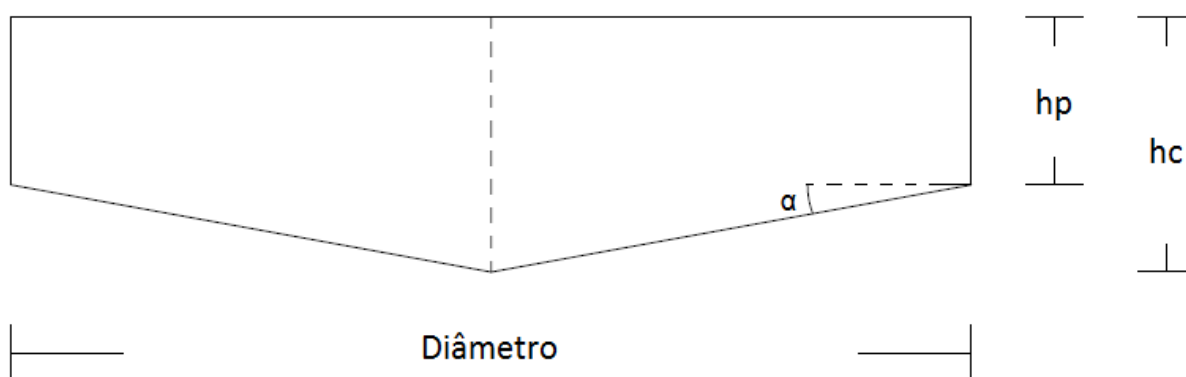


Figura 63 – Esquema geral de um decantador secundário (altura periférica, h_p e altura central, h_c).

Neste pré-dimensionamento as dimensões do decantador secundário foram obtidas a partir dos seguintes cálculos:

- **Área do decantador secundário, A (m²)**

$$A = \frac{Q}{U} \quad (55)$$

Sendo,

Q – Caudal afluente ao decantador secundário, m³/h;

U – Carga hidráulica máxima, m³/(m².h).

- **Diâmetro do decantador secundário, d (m)**

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (56)$$

- **Ângulo α**

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{0,5}{1/3r}\right) \quad (57)$$

- **Altura central do decantador secundário, hc (m)**

$$hc = \frac{\tan \alpha \times d}{2} \quad (58)$$

Sendo,

hc – Altura central do decantador secundário, m.

- **Volume do decantador, V (m³)**

$$V = V_1 + V_2 \quad (59)$$

Sendo,

V_1 – Volume da parte superior (cilíndrica), m³;

V_2 – Volume da parte inferior (cônica), m³.

Tabela 49 – Pré-dimensionamento do decantador secundário.

Área (m ²)	Diâmetro (m)	Altura central (m)	Volume (m ³)
231,43	17,17	4,56	814,72

5.5.4 ESPESSADOR DE LAMAS

Tal como já foi referido anteriormente, o espessador adotado neste caso prático é gravítico e tem forma similar à do decantador secundário. Neste pré-dimensionamento foi possível obter o diâmetro,

a área e o caudal de recirculação adequados às condições a que previsivelmente o espessador estará sujeito.

Tabela 50 – Dados gerais.

Parâmetro	Valor adotado	Unidade
CBO	615	kgCBO/dia
% Produção específica de lamas (Px)	0,95	kgSST/kgCBO
% Produção específica de lamas (Px×CBO)	584,25	kgSST/dia
Concentração de lamas necessárias para recirculação (Xr)	8	Kg/m ³
Carga de sólidos (X)	25	kgSST/m ² /dia
Altura periférica	3	m
Altura total	4	m

Todos os valores mencionados na Tabela 50 à exceção das alturas do espessador, estão referidos no Caderno de Encargos e Nota Técnica. As alturas estão relacionadas com o tempo de espessamento.

Tal como refere Metcalf & Eddy (2003), deve considerar-se uma altura mínima de 3 a 3,5 metros no espessador gravítico para que o tempo de depósito das lamas seja o suficiente para a alteração das concentrações de 8 kg/m³ (0,8%) para 25 kg/m³ (2,5%). A altura do manto de lamas deve estar compreendida entre os 0,5 e os 2,5 metros.

O caudal de recirculação ou de lamas em excesso foi calculado recorrendo à expressão (35).

Relativamente às dimensões deste órgão, estas foram obtidas pelas expressões:

- **Área do espessador, A (m²)**

$$A = \frac{Px}{X} \quad (60)$$

- **Diâmetro do espessador, d (m)**

$$d = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \quad (61)$$

- **Volume do decantador, V (m³)**

$$V = V_1 + V_2 \quad (62)$$

Sendo,

V_1 – Volume da parte superior (cilíndrica), m³;

V_2 – Volume da parte inferior (cônica), m³.

Tabela 51 – Pré-dimensionamento do espessador gravítico.

Área (m ²)	Diâmetro (m)	Volume (m ³)
23,37	5,45	77,9

5.6 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

- **Desarenador/desengordurador**

Tabela 52 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do desarenador/desengordurador.

	Dimensionamento	Pré-dimensionamento
Comprimento (m)	9	4,71

- **Reator biológico**

Tabela 53 – Valores comparativos do dimensionamento e pré-dimensionamento do reator biológico.

	Dimensionamento	Pré-dimensionamento
Volume (m ³)	2500	2557,86

- **Decantador secundário**

Tabela 54 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do decantador secundário.

	Dimensionamento	Pré-dimensionamento
Altura periférica	3	3
Altura total	4,3	4,56
Área (m ²)	231,43	231,43
Diâmetro (m)	17,15	17,17
Volume (m ³)	793	814,72

- **Espessador de lamas**

Tabela 55 – Valores comparativos do dimensionamento e do pré-dimensionamento do espessador gravítico.

	Dimensionamento	Pré-dimensionamento
Altura periférica	3	3
Altura total	3,91	4
Área (m ²)	30,84	27,37
Diâmetro (m)	5,55	5,45
Volume (m ³)	101,5	77,9

5.7 DESCARGA FINAL E REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL TRATADA

Após o processo de decantação secundária, o efluente está apto para ser descarregado a destino final.

Para o efluente final resultante da ETAR de Montemor-o-Novo, o Caderno de Encargos especifica a sua reutilização para diversos fins tais como lavagens, rega e água de serviço.

A reutilização da água residual tratada exige para além de cumprir os parâmetros de qualidade, que esta seja armazenada, desinfetada e filtrada. Para tal, recorre-se a um grupo hidropressor, um filtro automático e a um reservatório de água tratada com 20 m³ onde será doseado o desinfetante.

Na caixa de saída do decantador secundário está instalada uma bomba submersível com capacidade adequada para alimentar o reservatório de água de serviço com água tratada. A desinfecção da água

de serviço é feita na alimentação ao reservatório de água de serviço por um sistema de armazenamento e dosagem, introduzindo-se de forma doseado o hipoclorito de sódio.

O efluente passa por um filtro automático antes de ser armazenado num tanque, onde é possibilitado o tempo de contacto necessário ao desinfetante entretanto doseado. O grupo hidropressor permitirá a pressurização e a reutilização dessa água tratada, armazenada e desinfetada.

A água de serviço passa por um filtro automático de modo a esta ser filtrada reduzindo a quantidade de sólidos suspensos na água. No tanque de armazenamento a água é desinfetada através do sistema de dosagem de hipoclorito de sódio antes de se armazenar.

A operação de filtração destina-se a garantir uma quantidade de sólidos no efluente final compatível com a desinfecção de modo a diminuir a contaminação bacteriológica da água de serviço. Para tal, instala-se um filtro automático com capacidade mínima adequada.

Para a escolha do filtro automático considera-se o caudal de alimentação ao reservatório, os sólidos em suspensão à entrada e à saída e a malha.

O sistema de desinfecção foi escolhido tendo em conta o caudal de alimentação de água tratada ao reservatório, as concentrações, inicial e final de microrganismos, o cloro residual livre à saída, o caudal de desinfetante calculado e o volume do depósito.

Posto isto, foi utilizado então, um reservatório de 25 m³, em PEAD, para o armazenamento da água tratada destinada a reutilização, considerando-se uma autonomia de 24h para um volume diário de 25m³/dia.

Tabela 56 – Características que influenciaram a escolha do filtro automático mais ajustado.

FILTRO AUTOMÁTICO		
Parâmetro	Unidade	Valor
Caudal de alimentação ao reservatório	m ³ /h	20
Sólidos em suspensão à entrada	mg/l	40
Sólidos em suspensão à saída	mg/l	20
Malha	micra	20

Tabela 57 – Características consideradas no dimensionamento do sistema de desinfecção.

SISTEMA DE DESINFEÇÃO		
Parâmetro	Unidade	Valor
Caudal de alimentação ao reservatório	m ³ /h	20
Concentração inicial de micro-organismos	CF/100ml	1 × 10 ⁷
Concentração final de micro-organismos	CF/100ml	100
Caudal de desinfetante	l/h	1,68
Volume do depósito	m ³	1

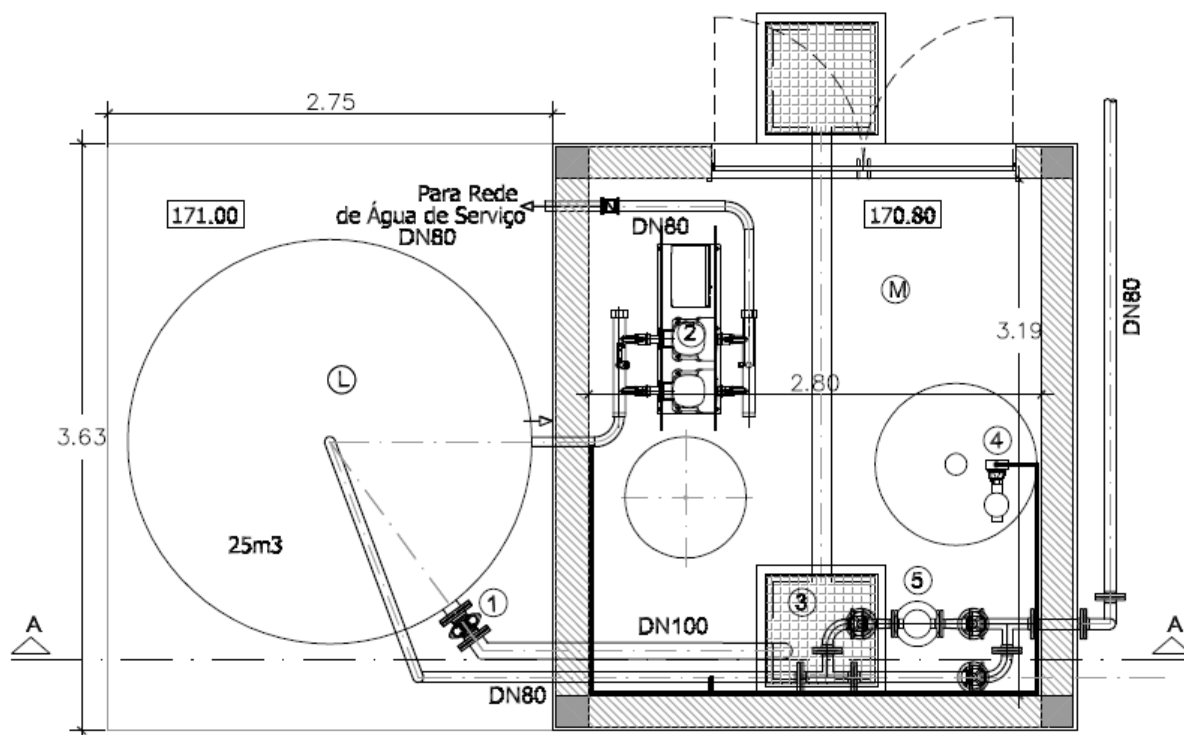


Figura 64 – Planta do sistema de produção de água de serviço. (L – Reservatório de água desinfetada; 1 – Descarga de fundo do tanque de água desinfetada; M – Edifício do hidropressor; 2 – Grupo hidropressor; 3 – Tampa amovível em Gradil Coberto em PRFV; 4 – Sistema de armazenamento e dosagem de Hipoclorito; 5 – Sistema de filtração automático; A – Corte (ver original no Anexo A12).

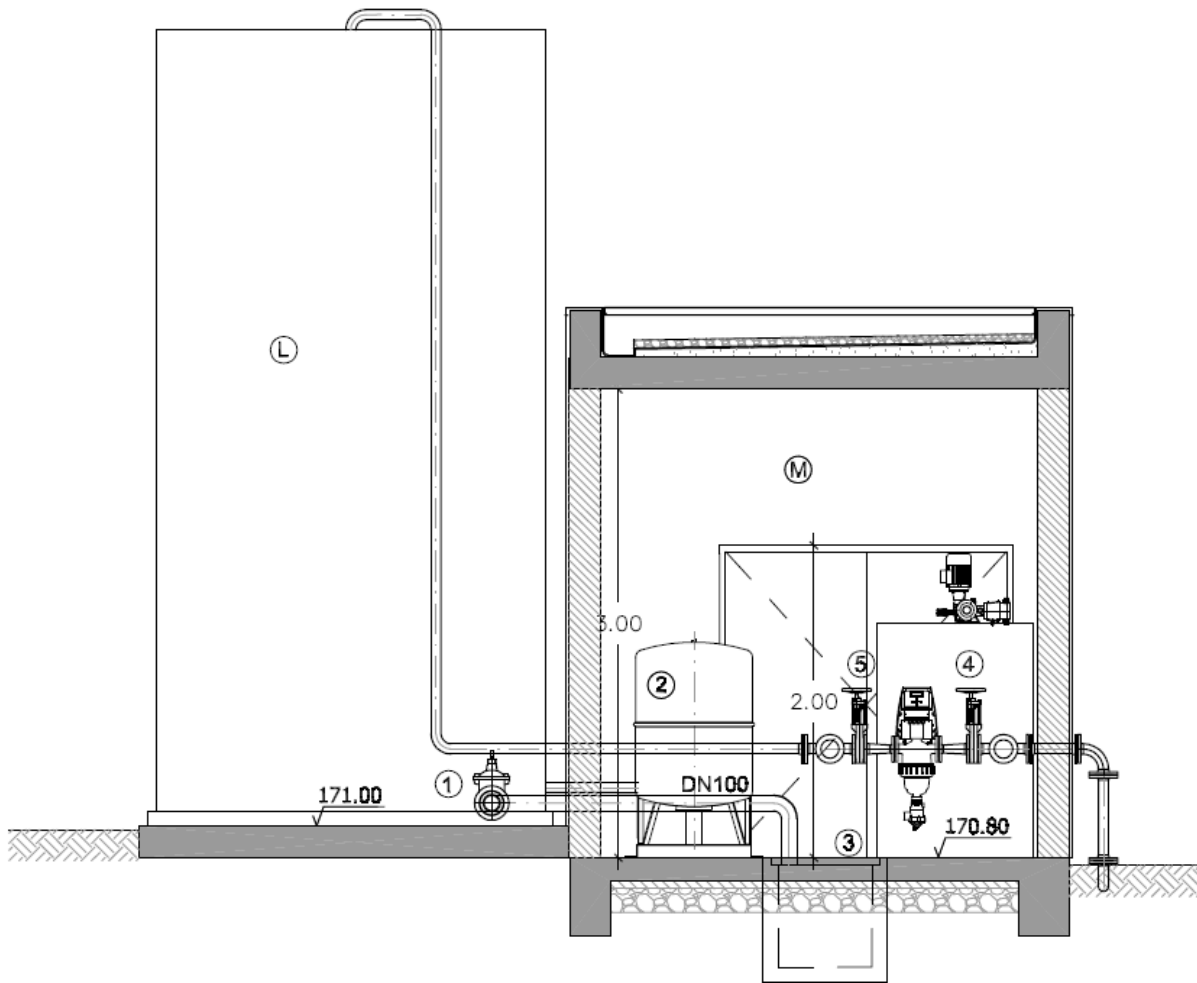


Figura 65 – Corte AA (ver original no Anexo B12).

5.8 PERFIL HIDRÁULICO

Na implantação dos órgãos da ETAR é importante ter sempre em atenção a análise das perdas de carga (verificação do funcionamento depois das instalações dos órgãos), o perfil hidráulico (verificar cotas e zonas de implantação) e a linha de energia.

O perfil hidráulico permite face à sequência das etapas do tratamento ter um controlo sobre as perdas de cargas que ocorrem, e validar as cotas de implantação, dimensões e demais características de cada etapa. Este permite validar o funcionamento hidráulico de toda a ETAR.

Tabela 58 – Perfil hidráulico do tratamento.

FASE LÍQUIDA									
Elemento	Altura água		Cotas			Perda Carga	Caudal	Veloc.	Topo Parede
	Mont.	Jus.	Soleira	Mont.°	Jus.				
	m	m	m	m	m				
Coletor							162	0,12	
Caixa de Entrada	0,61	0,61	174,60	175,21	175,21	0,000	162	0,00	177,00
Saída de Caixa de Visita	0,61	0,60	174,60	175,21	175,20	0,006	162	0,47	177,00
Válvula de borboleta	1,92	1,91	173,29	175,20	175,20	0,003	162	0,47	173,64
Tubagem para Desarenador	1,91	1,91	173,29	175,20	175,20	0,002	162	0,47	173,64
Curva	1,91	1,87	173,29	175,20	175,16	0,040	162	0,47	173,64
Caudalímetro (Medidor de caudal)	1,87	1,86	173,29	175,16	175,15	0,007	162	0,47	173,64
Cone contração	0,59	0,58	174,56	175,15	175,14	0,004	162	0,64	174,91
Tamisador	0,71	0,16	174,43	175,14	174,59	0,550	162	1,07	175,63
Descarga para desarenador	0,16	0,16	174,43	174,59	174,59	0,000	162	0,62	175,63
Desarenador	0,99	0,99	173,60	174,59	174,59	0,000	162	0,05	175,00
	0,99	0,99	173,60	174,59	174,59	0,000	162	0,05	175,00
Saída de Desarenador	0,19	0,18	174,40	174,59	174,58	0,010	162	0,64	175,00
Cone alargamento	0,14	0,14	174,44	174,58	174,58	0,001	162	0,47	174,74
T de passagem	0,18	0,18	174,40	174,58	174,58	0,000	162	0,47	174,75
Válvula para BIO	0,18	0,18	174,40	174,58	174,58	0,005	162	0,47	174,75
Tanque Seletor	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84
	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84
Saída do seletor	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,05	174,84
Entrada para tanque anóxico	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,05	174,84
Tanque anóxico	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84
	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84
Descarregador	0,21	0,21	173,85	174,06	174,06	0,003	253	0,22	174,84
Tanque arejado	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84
	6,01	6,01	168,05	174,06	174,06	0,000	253	0,00	174,84

Elemento	Altura água			Cotas		Perda Carga	Caudal	Veloc.	Topo Parede
	Mont.	Jus.	Soleira	Mont.*	Jus.				
	m	m	m	m	m				
Saída do desgasificador para decantador	2,63	2,61	168,05	170,68	170,66	0,014	253	0,73	174,84
Tubagem	4,74	4,74	165,92	170,66	170,66	0,000	253	0,73	166,27
Curva	4,74	4,65	165,92	170,66	170,57	0,098	253	0,73	166,27
Saída para decantador	0,47	0,44	170,10	170,57	170,54	0,027	253	0,73	171,70
Decantador	3,04	3,04	167,50	170,54	170,54	0,000	253	0,00	171,70
	3,04	3,04	167,50	170,54	170,54	0,000	253	0,00	171,70
Descarga sobre descarregador perisférico	0,04	0,04	170,50	170,54	170,54	0,000	168	0,28	171,70
Escoamento do canal	0,13	0,13	170,10	170,23	170,23	0,000	168	0,00	171,70
Queda á saída do Dec.	0,13	0,13	170,10	170,23	170,23	0,000	168	0,71	171,70
Caixa	1,51	1,51	168,65	170,16	170,16	0,000	168	0,03	171,00
Entrada no tubo	0,36	0,36	169,80	170,16	170,16	0,004	168	0,29	171,00
Tubagem	0,71	0,71	169,45	170,16	170,16	0,350	168	4,45	169,90
Entrada para medidor de caudal	0,71	0,70	169,45	170,16	170,15	0,006	168	0,48	170,70
Tubagem	0,70	0,70	169,45	170,15	170,15	0,002	168	0,48	169,80
Medidor de caudal	0,70	0,69	169,45	170,15	170,14	0,014	168	0,48	169,80
Curva	0,69	0,68	169,45	170,14	170,13	0,012	168	0,48	170,70
Descarregado do medidor de Caudal	0,09	0,09	170,04	170,13	170,13	0,000	168	0,50	170,70
Saída para Caixa de visita/Descarga	0,00	0,00	169,30	169,30	169,30	0,004	168	0,29	170,70

*Cota da linha de energia

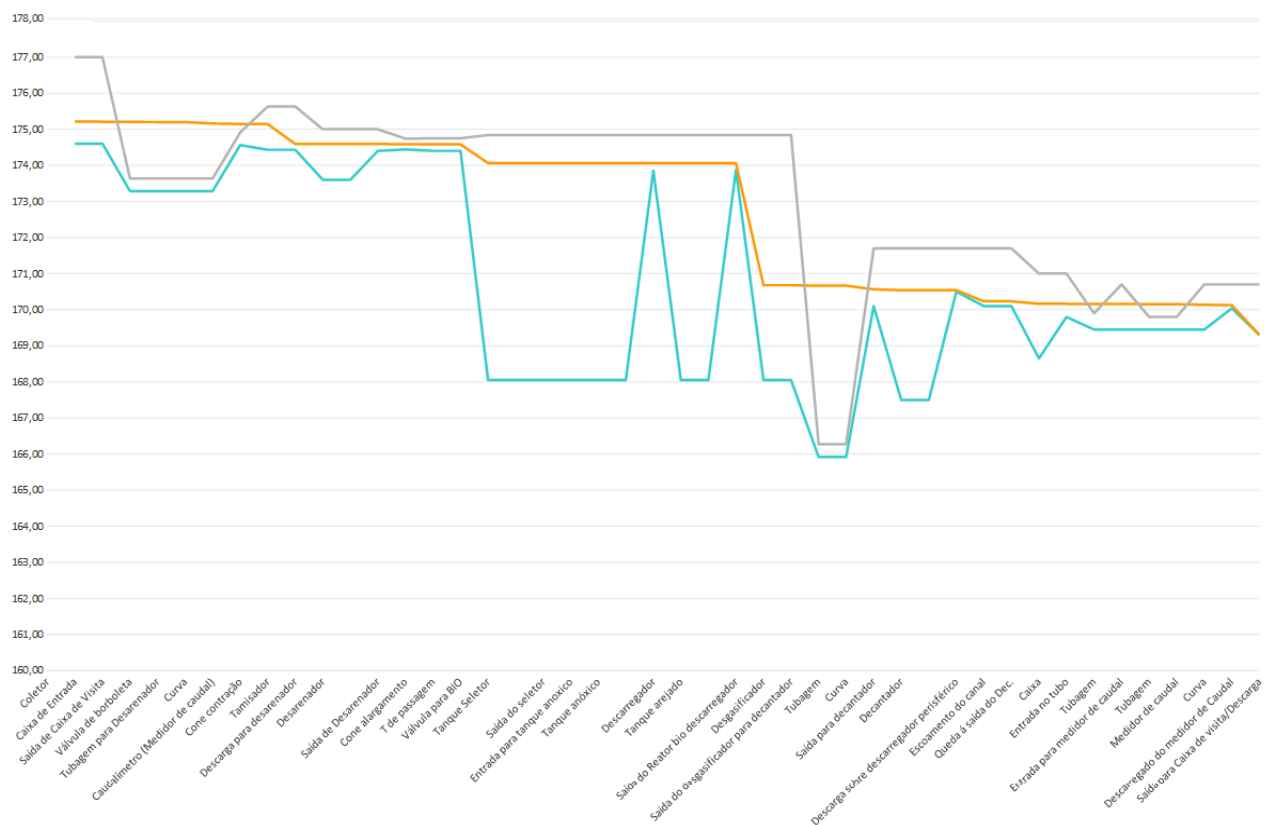


Figura 66 – Representação gráfica da linha de energia (laranja). (Azul – cotas soleira; Laranja – cotas a montante; Cinzento – Cotas do topo da parede) (ver original no Anexo B13).

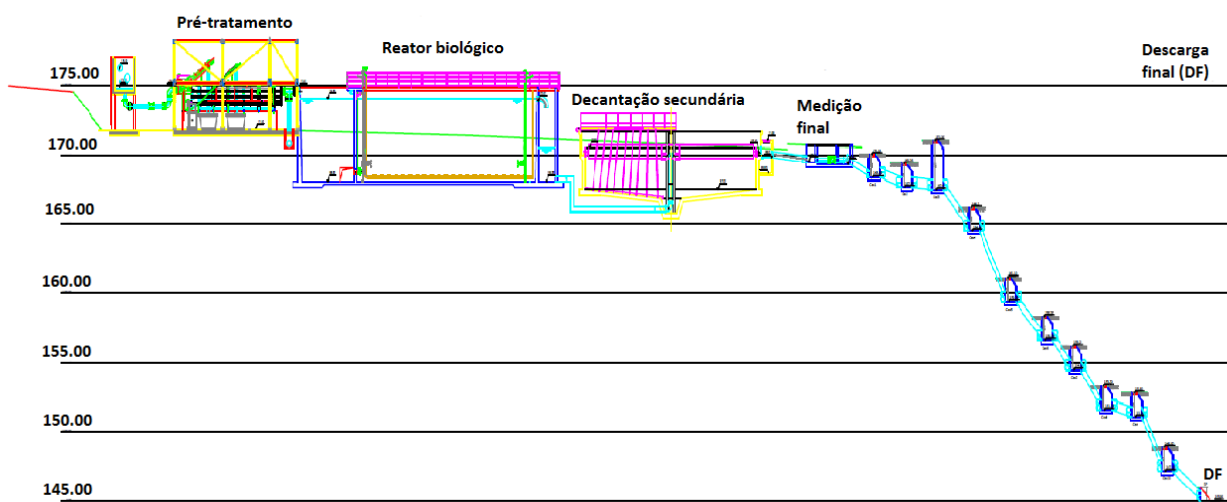


Figura 67 – Perfil hidráulico – Fase líquida (ver original no Anexo B12).

5.9 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

O funcionamento das estações de tratamento de água residual não depende apenas dos equipamentos hidráulicos destinados ao tratamento do efluente. Também é fundamental o dimensionamento das redes de drenagem (pluviais e de água residuais) e de abastecimento de água (água potável e água de serviço).

À rede de drenagem de águas residuais da ETAR são conduzidas todas as escorrências produzidas em todos os órgãos e equipamentos referidos nos capítulos anteriores, bem como os esgotos provenientes dos edifícios de serviço. Esta rede conduz os efluentes até à obra de entrada da ETAR (recorrendo a uma estação elevatória) de modo a que estes sejam integrados no pré-tratamento. Os caudais bombados são medidos durante o seu percurso na conduta elevatória.

A rede de drenagem de águas pluviais engloba toda a rede de drenagem de águas pluviais no recinto da ETAR, incluindo a cobertura dos edifícios e os arruamentos. A descarga é feita na linha de água das imediações da ETAR, juntamente com o efluente tratado e o *by-pass* geral.

A rede de abastecimento de água potável estende-se ao edifício de serviços da ETAR e à unidade de preparação do polímero, instalada no edifício de tratamento de lamas. A rede de águas de serviço alimenta todos os demais equipamentos, lavagem e rega.

As redes de drenagem e de abastecimento foram dimensionadas de acordo com as disposições regulamentares em vigor, nomeadamente o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e drenagem de Águas Residuais, decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto.

5.9.1.1 Cálculo hidráulico para escoamento gravítico (canais/tubagens)

Para o cálculo da tubagem gravítica (escoamentos em superfície livre) foi utilizada a fórmula de resistência Manning-Strickler:

$$Q = A U = K A R^{2/3} J^{1/2} \quad (63)$$

Sendo,

Q – Caudal escoado, m³/s;

K – Coeficiente de rugosidade de Strickler, m^{1/3}/s;

A – Área da secção molhada, m²;

R – Raio hidráulico em metros e é dado por $R = A/P$, sendo P o perímetro molhado, m;

J – Perda de carga unitária, m/m;

U – Velocidade média do escoamento, m/s.

O caudal de dimensionamento corresponde ao caudal máximo afluente à ETAR, 162,0 m³/h, fornecido pelo Dono de Obra.

5.9.1.2 Cálculo hidráulico para escoamentos sob pressão

As perdas de carga foram contabilizadas em função do material da tubagem, o coeficiente de viscosidade cinemática e a velocidade na tubagem. Para o cálculo das perdas de carga utilizou-se a equação de *Darcy-Weisbach*, com o cálculo do coeficiente de resistência pela explicitação de *Barr* da equação de *Colebrook-White*.

- **Fórmula de Colebrook-White:**

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (64)$$

- **Fórmula de Darcy-Weysbach:**

$$\Delta H = j \cdot L = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} \cdot L \quad (65)$$

- **Fórmula da explicitação de Barr:**

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right) \Delta H = j \cdot L = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} \cdot L \quad (66)$$

- **Número de Reynolds:**

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad (67)$$

- **Parâmetros geométricos da conduta:**

$$R_h = S/\chi; D_h = 4R_h \quad (68)$$

Sendo,

ΔH – Perda de carga, m;

L – Comprimento da tubagem, m;

j – Perda de carga unitária, m/m;

K – Coeficiente de rugosidade, mm;

U^2 – Velocidade de escoamento, m/s;

g – Aceleração da gravidade, 9,81 m/s²;

λ – Coeficiente de resistência;

S – Secção molhada, m²;

χ – Perímetro molhado, m;

R_h – Raio hidráulico, m;

D_h – Diâmetro hidráulico da conduta, m;

ν – Viscosidade cinemática, $\approx 1,01 \cdot 10^{-6}$ m²/s a 20°C.

A rede de condução do efluente durante do tratamento diz respeito aos circuitos processuais. O dimensionamento das tubagens é feito conforme o tipo de escoamento (gravítico/sob pressão).

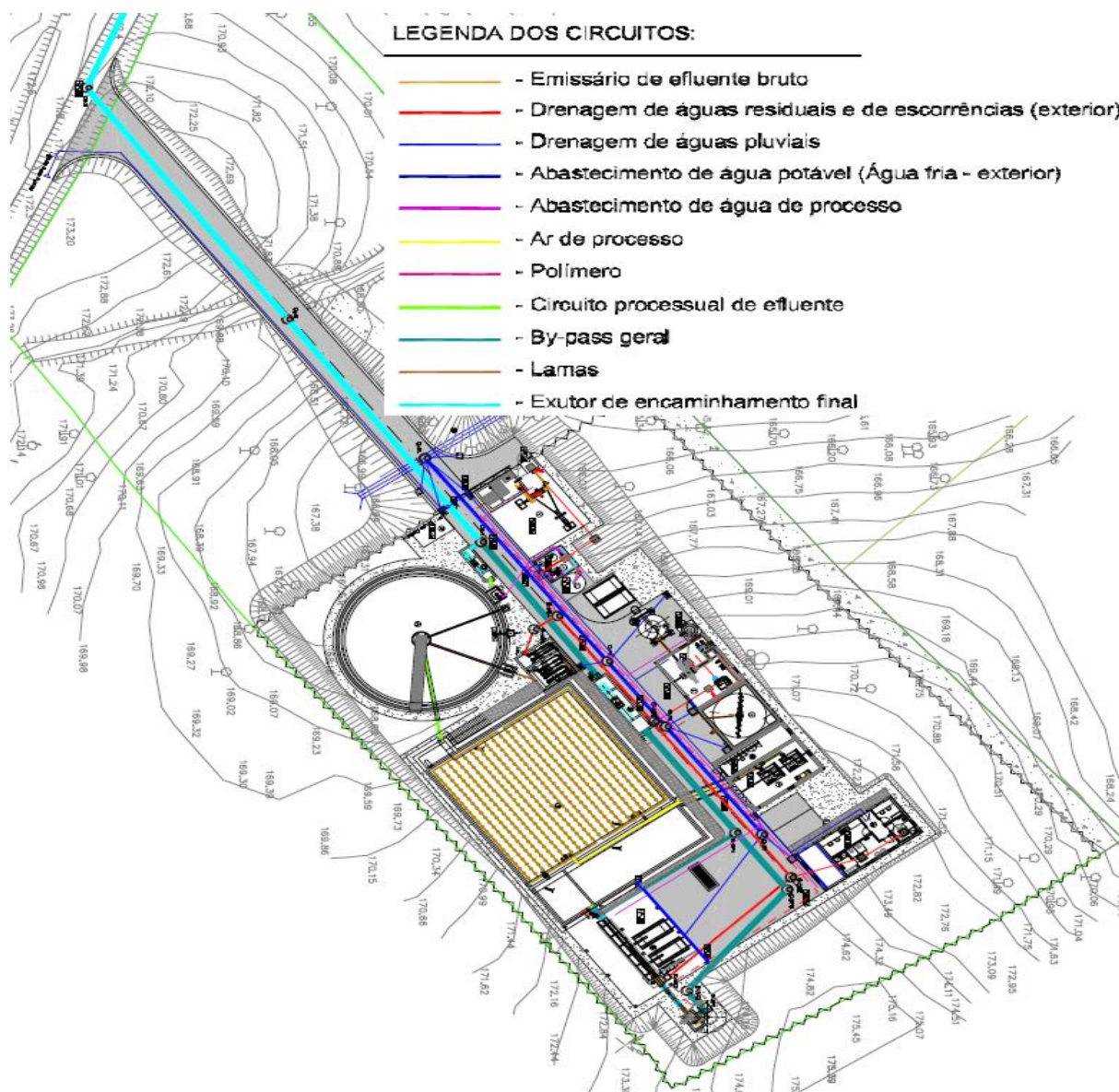


Figura 68 – Circuitos hidráulicos (ver original no Anexo A03).

5.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS RESTANTES REDES HIDRÁULICAS DA INSTALAÇÃO

5.10.1 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

A rede de drenagem de águas residuais divide-se em duas partes, uma de aparelhos sanitários do edifício de serviços e a outra dos filtrados do processo de tratamento. O escoamento será gravítico até à estação elevatória que permitirá o envio desse caudal para montante da ETAR.

Nesta ETAR a rede de drenagem abrange o interior e o exterior dos edifícios. A separação física da rede exterior da rede interior é feita pelas caixas de visita/reunião situadas no exterior dos edifícios.

Na determinação dos caudais de filtrados é necessário considerar três fatores fundamentais: o tempo de funcionamento do equipamento, o volume/caudal de entrada e o volume/caudal de saída (balanço hidráulico de funcionamento do equipamento).

No dimensionamento dos coletores consideraram-se caudais de cálculo iguais aos caudais brutos. Desta forma se garante que a rede de drenagem terá sempre capacidade para drenar toda a água residual produzida na ETAR. Trata-se de uma opção absolutamente conservativa já que poderia ter sido adotado o método dos coeficientes de simultaneidade.

Material utilizado

Os materiais previstos para a rede de drenagem de água residuais são:

Tubagem em Policloreto de Vinilo (PVC) para as redes internas de drenagem de águas residuais domésticas, tendo em conta a pressão de serviço de 6 Kgf/cm².

Tubagens enterradas em PEAD e à vista em FFD para as redes exteriores e interligação entre órgãos.

Na escolha dos diâmetros mínimos e das inclinações foi respeitada a regulamentação em vigor.

Disposições construtivas das instalações interiores de águas residuais

Os dispositivos de utilização são sifonados, sendo os dos lavatórios do tipo garrafa e os dos restantes dispositivos ao desenvolvimento do ramal de descarga.

Os sifões individuais estão ligados a uma caixa de passagem de PVC, ou a uma caixa de visita.

Os ramais de descarga e ligação são feitos com tubagens em PVC, com um diâmetro mínimo de DN75.

As canalizações são, sempre que possível, retilíneas para evitar entupimentos e, no caso de se verificarem anomalias, se proceder facilmente à sua resolução. As curvas de ligação são totalmente vedadas.

5.10.2 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os dispositivos de drenagem de águas pluviais têm como principais funções:

- Evitar a formação de lençóis de água nas zonas de circulação de pessoas e veículos;
- Impedir que a drenagem proveniente das zonas impermeabilizadas possa sobrecarregar os dispositivos de drenagem já existentes;
- Evitar que as águas pluviais circulem desordenadamente pelos arruamentos.

Foram adotados os seguintes dispositivos de drenagem de águas pluviais:

- Sumidouros, ao longo do arruamento que constituem o principal órgão de drenagem, encaminhando a água recolhida para caixas e posteriormente através de coletores para a linha de água.
- Caleiras, tubos de queda e caixas de areia, para a drenagem das coberturas dos edifícios, sua recolha e condução à linha de água.
- Caixas de visita e coletores, para recolher e conduzir as águas pluviais para o destino final.

Material utilizado

A tubagem prevista nesta rede de drenagem dos edifícios, é em PVC branco, para uma pressão de 6 Kg/cm², com acessórios também em PVC. Caso seja necessário também se coloca uma proteção em FFD até uma altura de 2 m.

Na rede exterior a tubagem é em corrugado PP SN8.

Cálculo hidráulico

O cálculo hidráulico da rede de águas pluviais baseia-se nas áreas a drenar, no coeficiente de escoamento e na precipitação. Tal como refere o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (DR nº23/95 de 23 de Agosto), artigo 340º.

O período de retorno considerado no dimensionamento hidráulico da rede de drenagem pluvial foi de 10 anos, para uma duração de precipitação de 3 minutos.

O coeficiente de escoamento para a cobertura de edifícios e para os arruamentos é igual à unidade.

A intensidade de chuvada considerada no cálculo hidráulico tem a seguinte expressão:

$$I = a + T^b \quad (69)$$

Sendo,

a, b – Parâmetros dependentes do período de retorno e das características da região em estudo.

T – Tempo de duração da chuvada, min.

Para o dimensionamento dos sumidouros considera-se área a drenar na sua zona de influência, bem com as inclinações transversais e longitudinais do arruamento e recinto da ETAR.

O cálculo dos tubos de queda obedece ao Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.

Disposições construtivas

Os ralos a utilizar terão uma área útil superior em 1,5 à área do tubo a que a ele afluí.

Os tubos de queda entregam o esgoto pluvial diretamente em caixas de areia.

Tendo em conta a intensidade de chuvada, os ramais de ligação previstos na rede horizontal têm diâmetro e inclinações mínimas de 125 mm e 1%, respetivamente, garantindo uma secção líquida sempre inferior a meia secção.

As bocas de entrada dos sumidouros no arruamento da ETAR devem ter uma inclinação longitudinal diferente da do arruamento, de modo a facilitar a queda da água para a caixa do sumidouro.

5.10.3 REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O abastecimento de água da ETAR é dividido em duas redes devidamente identificadas: água potável e água de serviço.

A rede de abastecimento de água potável assegura a distribuição de água quente e fria ao edifício de serviços, bem como o abastecimento à unidade de preparação de polímero instalado no edifício de desidratação de lamas.

Todos os pontos de água potável são dotados de um letreiro com a indicação de “Água Potável”, para que se possam distinguir, sem qualquer dúvida, dos pontos de água de serviço.

Na definição do traçado procurou-se isolar cada compartimento sanitário para que, no caso de avariar algum, os outros não sejam afetados.

As canalizações de traçado horizontal devem ter uma inclinação de, sensivelmente, 0,5 % para favorecer a expulsão do ar. Todas as canalizações serão embutidas ou enterradas e devidamente protegidas quando necessário.

A rede de água quente será paralela à rede de água fria, sempre que possível, e nunca abaixo desta, sendo a distancia mínima entre as duas tubagens de 0.05 m. Quanto ao abastecimento das águas sanitárias quentes, será dependente de um termoacumulador elétrico a instalar no laboratório do edifício de serviços.

O caudal de água potável para abastecimento é assegurado pela rede pública.

Material a utilizar

A tubagem das redes de abastecimento de água (quente ou fria) será em multicamada em PP-R + Al, PN10. A tubagem de água quente será revestida por um material com baixo valor de condutividade térmica de modo a que não se verifiquem perdas significativas de energia (coquilha isolante de 20 mm de espessura). Os acessórios e fixações são adequados ao tipo de tubagem utilizada.

Na rede exterior de abastecimento será utilizado o PEAD PN10, enterrado em vala com os respetivos acessórios.

Dimensionamento

Todo o dimensionamento desta rede foi efetuado de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (DR 23/95 de 23 de Agosto).

Equipamentos a considerar:

- Lavatório individual;
- Bidé;
- Chuveiro;
- Bacia de retrete;
- Mictório;
- Pia de lava louça.

Os caudais de cálculo foram determinados a partir do somatório dos caudais brutos, aplicando nestes últimos um coeficiente de simultaneidade.

A pressão mínima considerada nos cálculos efetuados foi de 10 mca no aparelho com a localização mais desfavorável na rede.

O diâmetro nominal a instalar foi fixado com base em critérios de velocidade e perdas de carga. As velocidades serão limitadas entre 0,5 e 2 m/s e as perdas entre 0,05 e 0,15 m/m.

Para o dimensionamento da rede de abastecimento de água potável recorreu-se a um *software* informático (*Hydropred*).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo são feitas algumas considerações finais relativas às várias atividades desenvolvidas pela autora durante o seu Estágio Curricular, das quais este Relatório é o corolário.

Todas as atividades desenvolvidas tiveram como pano de fundo a problemática do tratamento de águas residuais. Este é um assunto da maior importância para o bem-estar das populações e para a saúde do meio ambiente, que não pode ser menosprezado pelas sociedades maioritariamente urbanas e industriais como aquela em que vivemos.

Tal como já foi referido no início deste documento, as atividades desenvolvidas pela autora no âmbito do seu Estágio Curricular colocaram-na em contacto com uma área do saber que lhe era completamente desconhecida. O processo de aprendizagem foi moroso e difícil, e a autora ainda agora se sente a dar os primeiros passos no domínio pelo qual já se apaixonou. Pese embora este facto, espera-se que o processo, que se revelou extremamente enriquecedor a nível pessoal, também se tenha revestido de interesse para o Departamento de Engenharia Civil do ISEP.

Em ambiente empresarial o estágio curricular focou-se em três aspetos fundamentais, a saber: 1) integração numa equipa de trabalho; 2) aquisição de novos conhecimentos e novas competências; 3) acompanhamento integral de todas as fases da elaboração do projeto de uma ETAR.

Este trabalho prático conduziu ainda a outras mais-valias para a autora, tais como: a) enriquecedor contacto quotidiano com os colegas de trabalho e com o dia-a-dia da empresa; b) contacto com as dificuldades com que se debatem os profissionais da Engenharia Civil em Portugal e no estrangeiro; c) familiarização com os desafios colocados pela necessária internacionalização das empresas de engenharia portuguesas; d) desenvolvimento pessoal, aprendendo a lidar com a pressão dos prazos que se esgotam rapidamente, ganhando confiança para arriscar e avançar.

A autora viu, e apreendeu, que a atividade profissional do engenheiro o obriga a atuar em várias áreas e a desenvolver um leque alargado de competências, que vão muito para lá das matérias técnicas específicas da Engenharia. De uma perspetiva pessoal, o estágio curricular foi um alargar de horizontes que a autora nunca esquecerá.

Foi somente após o término do estágio curricular que a autora se pôde dedicar, com intensidade, à elaboração deste relatório. Foi nesta fase que os conceitos estudados e aplicados durante o estágio foram mais perfeitamente assimilados. No entanto, foi também durante esta etapa que se revelou a necessidade de aprofundar conhecimentos e de abordar outros temas, nomeadamente ao nível dos métodos de tratamento e das etapas de tratamento. Espera-se que, desta forma, se tenha conseguido elaborar um documento razoavelmente completo, capaz de oferecer ao leitor uma primeira abordagem ao vasto mundo do tratamento de águas residuais.

Este trabalho concedeu à autora a capacidade de reunir um vasto conjunto de informações que lhe permitirão, num futuro próximo, continuar a explorar este tema de forma mais assertiva e enriquecedora. A autora sente-se agora capaz de integrar equipas projetistas de ETAR, ou de instalações similares, visto entender ter conseguido adquirir um conjunto de competências que lhe permitem abordar com confiança esse tipo de desafios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE – *Agência Portuguesa do Ambiente* [em linha]. [consult. 21 abr. 2015] Disponível na Internet <URL <http://www.apambiente.pt>>.

ALVES, Nuno Filipe Tomé – *Projecto de pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda – Angola*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013. Trabalho Final de Mestrado.

AQUALIDADE – ENGENHARIA E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS E ESGOTOS, LDA – *Aqualidade* [em linha]. [consult. 28 maio 2015] Disponível na Internet <URL <http://www.aqualidade.com/>>.

ARISCRISNÃ, Priti Mukesh – *Simulação Numérica Aplicada ao Tratamento de Efluentes*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012. Trabalho final de Mestrado.

COOPER, P. F. – Historical aspects of wastewater treatment. In *Decentralised Sanitations and Reuse: Concepts, Systems and Implementation*. P. Lens, G. Zeemen e G. Lettinga. ISBN: 1-900222-47-7.

DAVID AFONSO – *Compostagem* [em linha]. Vila Real: David Afonso. [consult. 12 nov. 2015] Disponível na Internet <URL http://compostagem.no.sapo.pt/Compostagem_1.htm>.

DAVIS, M. L. – *Water and Wastewater Engineering – Design Principles and Practice*. USA : Mcgraw-Hill, 2010.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE – *Task 2.6: Mechanical Freeze/Thaw and Freeze Concentration of Water and Wastewater Residuals* and appendix 2.6 of the Report *Electrotechnology Applications for Potable Water Production And Protection of the Environment* (Report 500-02-019). [em linha] Sacramento, California: California Energy Commission, 2002. [consult. 14 jan. 2016].

ENGENHARIA PORTUGAL – *Engenharia Portugal* [em linha]. [consult. 19 fev. 2015] Disponível na Internet <URL <http://www.engenhariapt.com/tag/rgeu/>>.

GRUNDFOS – *Grundfos* [em linha]. [consult. 03 mar. 2015] Disponível na Internet <URL <http://product-selection.grundfos.com>>.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL – *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* [em linha]. Lisboa. [consult. 29 abr. 2015] Disponível na Internet <URL <http://www.lnec.pt>>.

LENCASTRE, Armando – *Hidráulica Geral*. Lisboa : Edição do Autor, 1983. ISBN 972-95859-0-3

MARTINS, Ariana Guedes – *Estudo da tratabilidade de águas residuais sintéticas pelo processo de lamas ativadas*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. Tese de Mestrado.

METCALF & EDDY – *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4ª ed. USA : Mcgraw-Hill, 2003. ISBN 0-07-112250-8

MONTEIRO, Paulo Tenreiro dos Santos – *Tratamento Físico-Químico de Efluentes*. Porto :, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004. Apontamentos.

MOURA, Inês Nogueira da Silva Croft de – *Opções de tratamento de águas residuais por sistemas clássicos de lamas activadas numa perspectiva de minimização de recursos aplicados*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2012. Dissertação.

NOVAIS-BARBOSA, J. – *Mecânica dos Fluidos e Hidráulica Geral Vol. I e Vol. II*. Porto : Porto Editora, 1985.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Direção Geral da Qualidade do Ambiente – *Manual de tecnologias de saneamento básico apropriadas a pequenos aglomerados*. Lisboa : Direção Geral da Qualidade do Ambiente, 1988/1989.

QUINTELA, António de Carvalho – *Hidráulica*. 12ª ed. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1981.

SMA – SERVIÇOS MUNICIPAIS DE ABRANTES - SMA [em linha]. Abrantes. [consult. 19 fev. 2015] Disponível na Internet <URL <http://www.sma.cm-abrantes.pt/index.php?lop=conteudo&op=e555ebe0ce426f7f9b2bef0706315e0c&id=3b5020bb891119b9f5130f1fea9bd773>>.

SOUSA, Ricardo José Vieira de – *Estratégias de gestão de lamas das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Extrusão de lamas para Aplicação na Agricultura*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005. Dissertação.

TEMPLETON, Dr. Michael R. e BUTLER, Prof. David – *Introduction to Wastewater Treatment* [em linha]. London : Ebooks at bookboon.com, 2011. [consult. 02 fev. 2016]. Disponível na Internet <URL <http://www2.aku.edu.tr/~icaga/kitaplar/introduction-to-wastewater-treatment.pdf>>. ISBN 978-87-7681-843-2.

UNIVERSIDADE DO PORTO – *Jornalismo Porto Net* [em linha]. Porto. [consult. 12 mar. 2015] Disponível na Internet <URL <http://jpn.up.pt/2007/03/22/escassez-da-agua-e-um-problema-para-a-humanidade/>>.

WIESMANN, Udo; CHOI, In Su e DOMBROWSKI, Eva-Maria – Historical Development of Wastewater Collection and Treatment. In *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. ISBN: 978-3-527-31219-1.

WIKIPÉDIA - *Wikipédia* [em linha]. [consult. 25 maio 2015] Disponível na Internet <URL https://en.wikipedia.org/wiki/Sewage_treatment>.

WIKIPÉDIA - *Wikipédia* [em linha]. [consult. 25 maio 2015] Disponível na Internet <URL https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales>.

WIKIPÉDIA – *Wikipédia* [em linha]. [consult. 28 maio 2015] Disponível na Internet <URL https://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon>.

ANEXOS A E B

ANEXOS A (PLANTAS E CORTES):

A01 – Levantamento Topográfico.

A02 – Planta de implantação e Arranjos exteriores.

A03 – Planta de Circuitos hidráulicos.

A04 – Planta do Exutor final.

A05 – Perfis transversais da implantação; Arranjos exteriores; Pormenores.

A06 – Definição de formas: Obra de entrada – Plantas e Cortes.

A07 – Definição de formas: Reator biológico - Plantas e Cortes.

A08 – Definição de formas: Poço de recirculação de lamas – Plantas e Cortes.

A09 – Definição de formas: Decantador secundário – Planta e Cortes.

A10 – Definição de formas: Desidratação de lamas – Plantas.

A11 – Definição de formas: Desidratação de lamas – Cortes.

A12 – Definição de formas: Produção de água de serviço – Plantas e Corte.

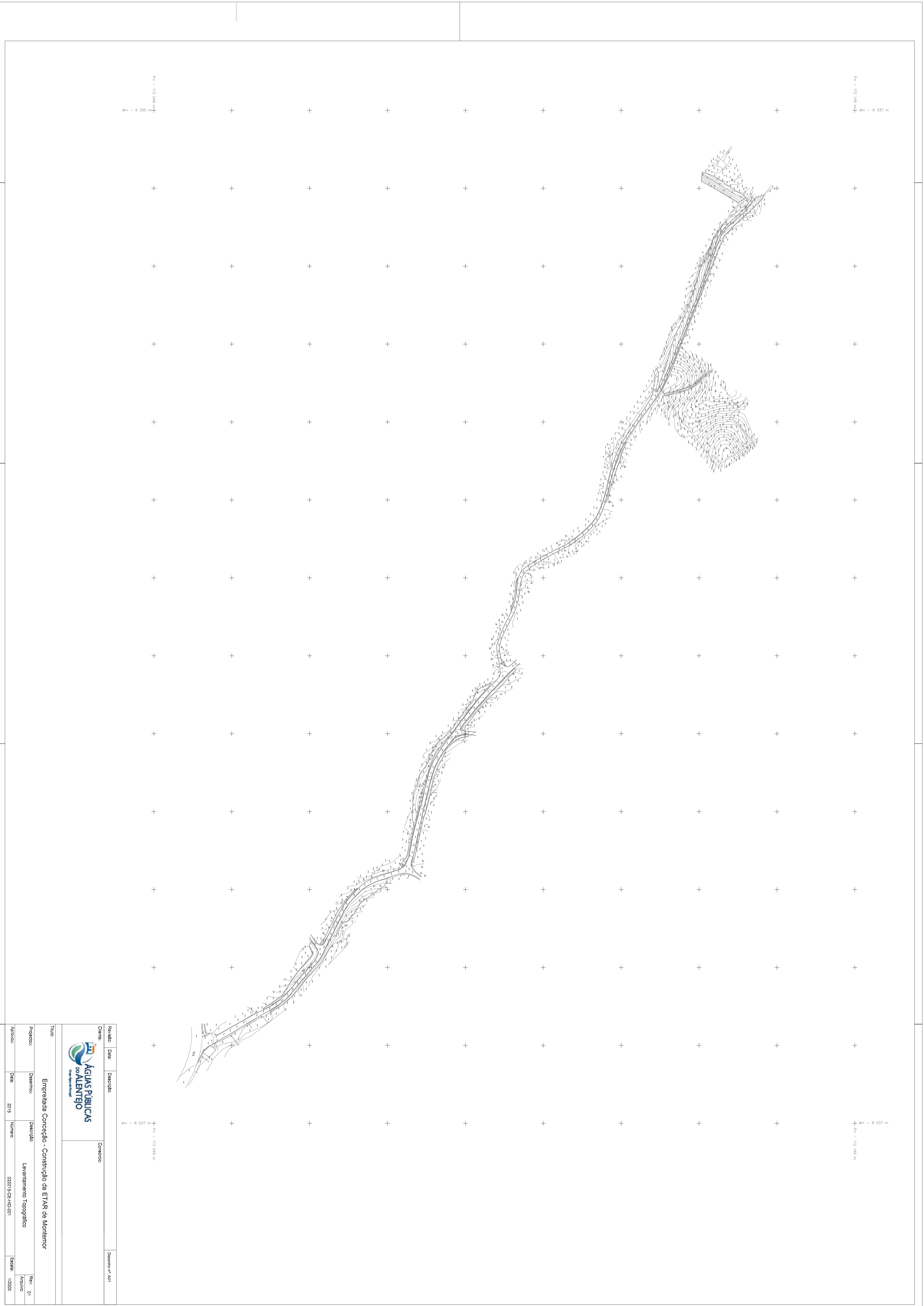
A13 – Definição de formas: Estação elevatória de efluentes de limpa fossas – Planta e Cortes.

A14 – Definição de formas: Caixas para medidores de caudal – Plantas e Cortes.


A15 – Definição de formas: Edifício de exploração – Plantas, Corte e Alçado.

A16 – Perfis longitudinais dos coletores.

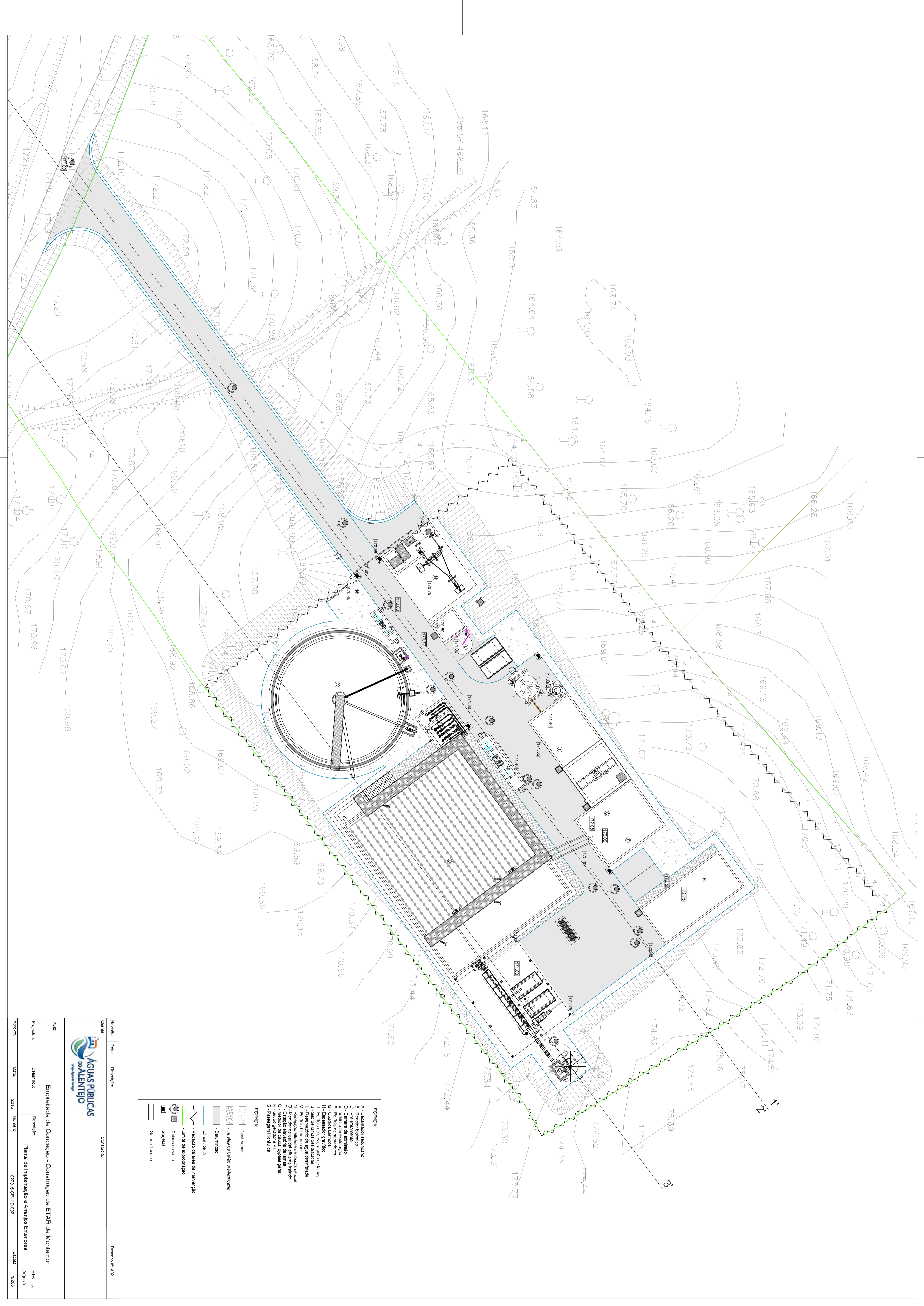
A17 – Planta de implantação da ETAR com duplicação da linha de tratamento.



Finalidade	Data	Descrição	Comunidade	Demarcação
Canal				

				
AQUAS PÚBLICAS de ALBERTO				
<small>Autarquia Municipal</small>				

Título				
Empreitada Conceção - Construção de ETAR de Montemor				
Projeto	Desenho	Localidade	Levantamento Topográfico	Folha
Área	Data	2015	Número	10200
			Identificação	10200

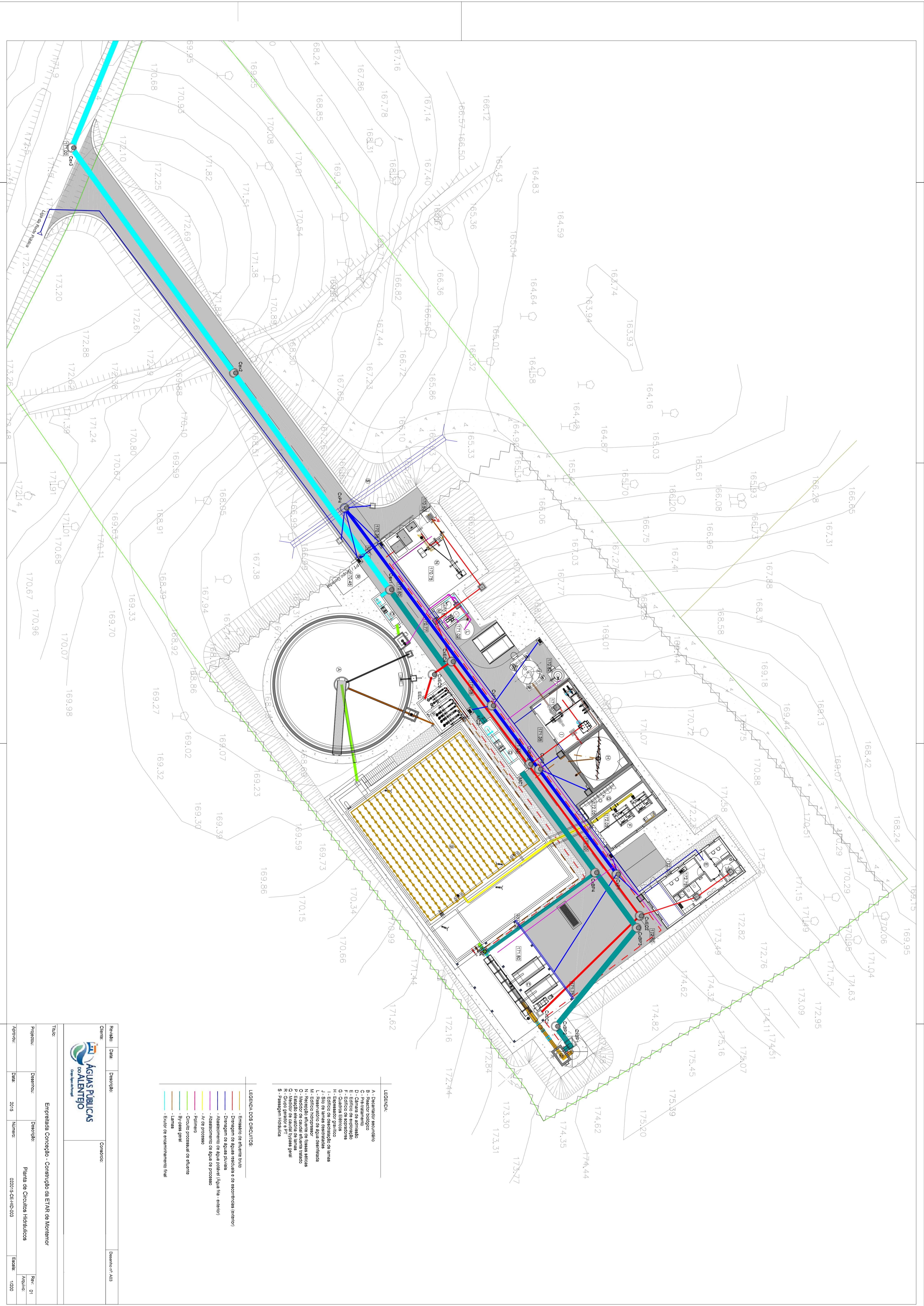


- LEGENDA:**
- 1 - Teto verde
 - 2 - Lamas de fundo das lagoas
 - 3 - Reservatório
 - 4 - Lâmina d'água
 - 5 - Visagem da área de manuseio
 - 6 - Limites de arborização
 - 7 - Canteiros de obra
 - 8 - Canteiros de obra
 - 9 - Canteiros de obra
 - 10 - Canteiros de obra
 - 11 - Canteiros de obra
 - 12 - Canteiros de obra
 - 13 - Canteiros de obra
 - 14 - Canteiros de obra
 - 15 - Canteiros de obra
 - 16 - Canteiros de obra
 - 17 - Canteiros de obra
 - 18 - Canteiros de obra
 - 19 - Canteiros de obra
 - 20 - Canteiros de obra
 - 21 - Canteiros de obra
 - 22 - Canteiros de obra
 - 23 - Canteiros de obra
 - 24 - Canteiros de obra
 - 25 - Canteiros de obra
 - 26 - Canteiros de obra
 - 27 - Canteiros de obra
 - 28 - Canteiros de obra
 - 29 - Canteiros de obra
 - 30 - Canteiros de obra
 - 31 - Canteiros de obra
 - 32 - Canteiros de obra
 - 33 - Canteiros de obra
 - 34 - Canteiros de obra
 - 35 - Canteiros de obra
 - 36 - Canteiros de obra
 - 37 - Canteiros de obra
 - 38 - Canteiros de obra
 - 39 - Canteiros de obra
 - 40 - Canteiros de obra
 - 41 - Canteiros de obra
 - 42 - Canteiros de obra
 - 43 - Canteiros de obra
 - 44 - Canteiros de obra
 - 45 - Canteiros de obra
 - 46 - Canteiros de obra
 - 47 - Canteiros de obra
 - 48 - Canteiros de obra
 - 49 - Canteiros de obra
 - 50 - Canteiros de obra
 - 51 - Canteiros de obra
 - 52 - Canteiros de obra
 - 53 - Canteiros de obra
 - 54 - Canteiros de obra
 - 55 - Canteiros de obra
 - 56 - Canteiros de obra
 - 57 - Canteiros de obra
 - 58 - Canteiros de obra
 - 59 - Canteiros de obra
 - 60 - Canteiros de obra
 - 61 - Canteiros de obra
 - 62 - Canteiros de obra
 - 63 - Canteiros de obra
 - 64 - Canteiros de obra
 - 65 - Canteiros de obra
 - 66 - Canteiros de obra
 - 67 - Canteiros de obra
 - 68 - Canteiros de obra
 - 69 - Canteiros de obra
 - 70 - Canteiros de obra
 - 71 - Canteiros de obra
 - 72 - Canteiros de obra
 - 73 - Canteiros de obra
 - 74 - Canteiros de obra
 - 75 - Canteiros de obra
 - 76 - Canteiros de obra
 - 77 - Canteiros de obra
 - 78 - Canteiros de obra
 - 79 - Canteiros de obra
 - 80 - Canteiros de obra
 - 81 - Canteiros de obra
 - 82 - Canteiros de obra
 - 83 - Canteiros de obra
 - 84 - Canteiros de obra
 - 85 - Canteiros de obra
 - 86 - Canteiros de obra
 - 87 - Canteiros de obra
 - 88 - Canteiros de obra
 - 89 - Canteiros de obra
 - 90 - Canteiros de obra
 - 91 - Canteiros de obra
 - 92 - Canteiros de obra
 - 93 - Canteiros de obra
 - 94 - Canteiros de obra
 - 95 - Canteiros de obra
 - 96 - Canteiros de obra
 - 97 - Canteiros de obra
 - 98 - Canteiros de obra
 - 99 - Canteiros de obra
 - 100 - Canteiros de obra

Cliente:	Empreitada de Concepção - Construção de ETAR de Montemor
Projeto:	Planta de Implantação e Arranjos Exteriores
Arquiteto:	1000
Escala:	1:1000
AutoCAD:	2015
Arquivo:	020015-01-100-001
Projeto:	1000
Arquiteto:	1000
Escala:	1:1000
AutoCAD:	2015
Arquivo:	020015-01-100-001



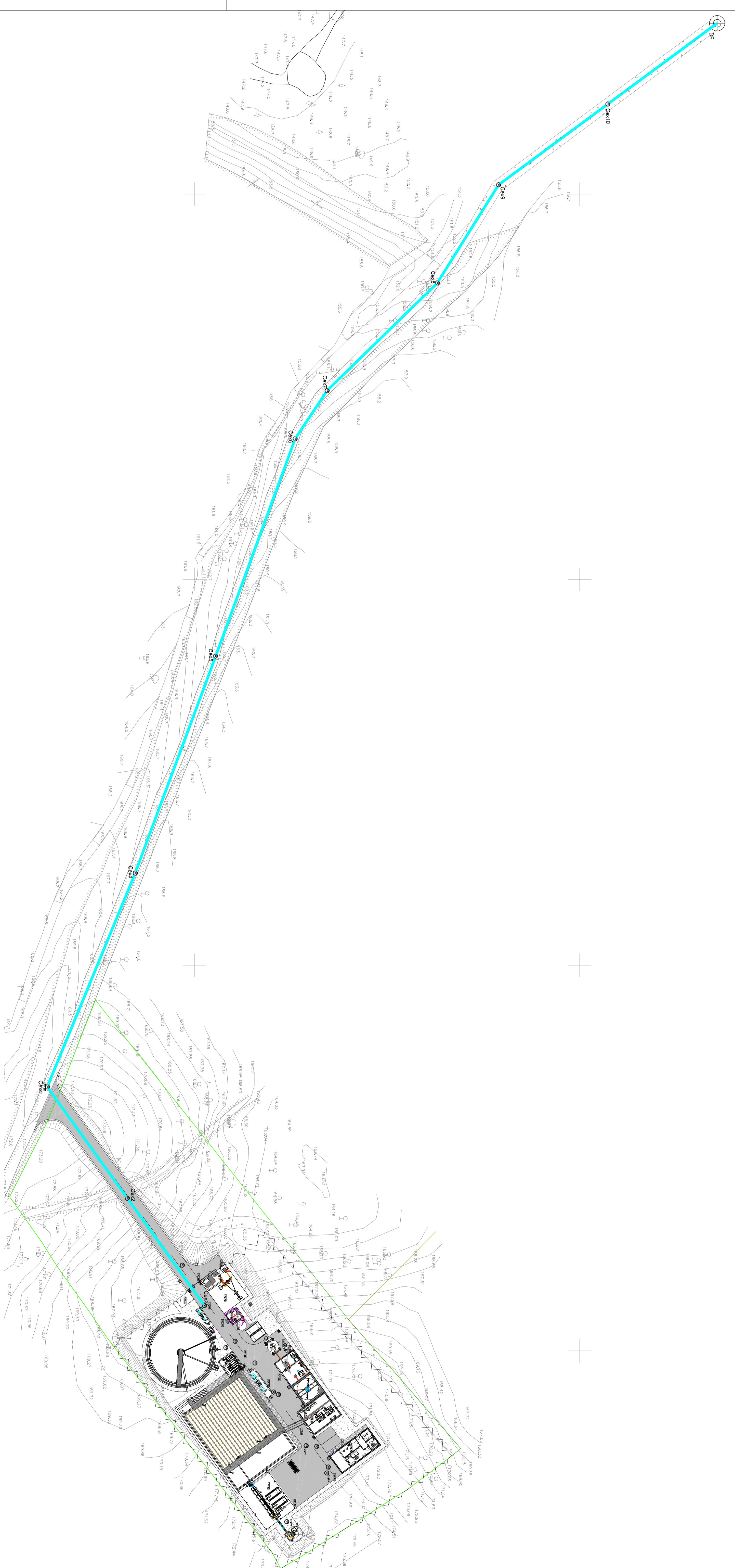
ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO
 S.A. - Saneamento Básico




- USURUCION**
- A - Schemático preliminar
 - B - Anteproyecto
 - C - Proyecto definitivo
 - D - Estudio de factibilidad
 - E - Estudio de detalle
 - F - Estudio de construcción
 - G - Construcción
 - H - Construcción
 - I - Construcción
 - J - Construcción
 - K - Construcción
 - L - Construcción
 - M - Construcción
 - N - Construcción
 - O - Construcción
 - P - Construcción
 - Q - Construcción
 - R - Construcción
 - S - Construcción
 - T - Construcción

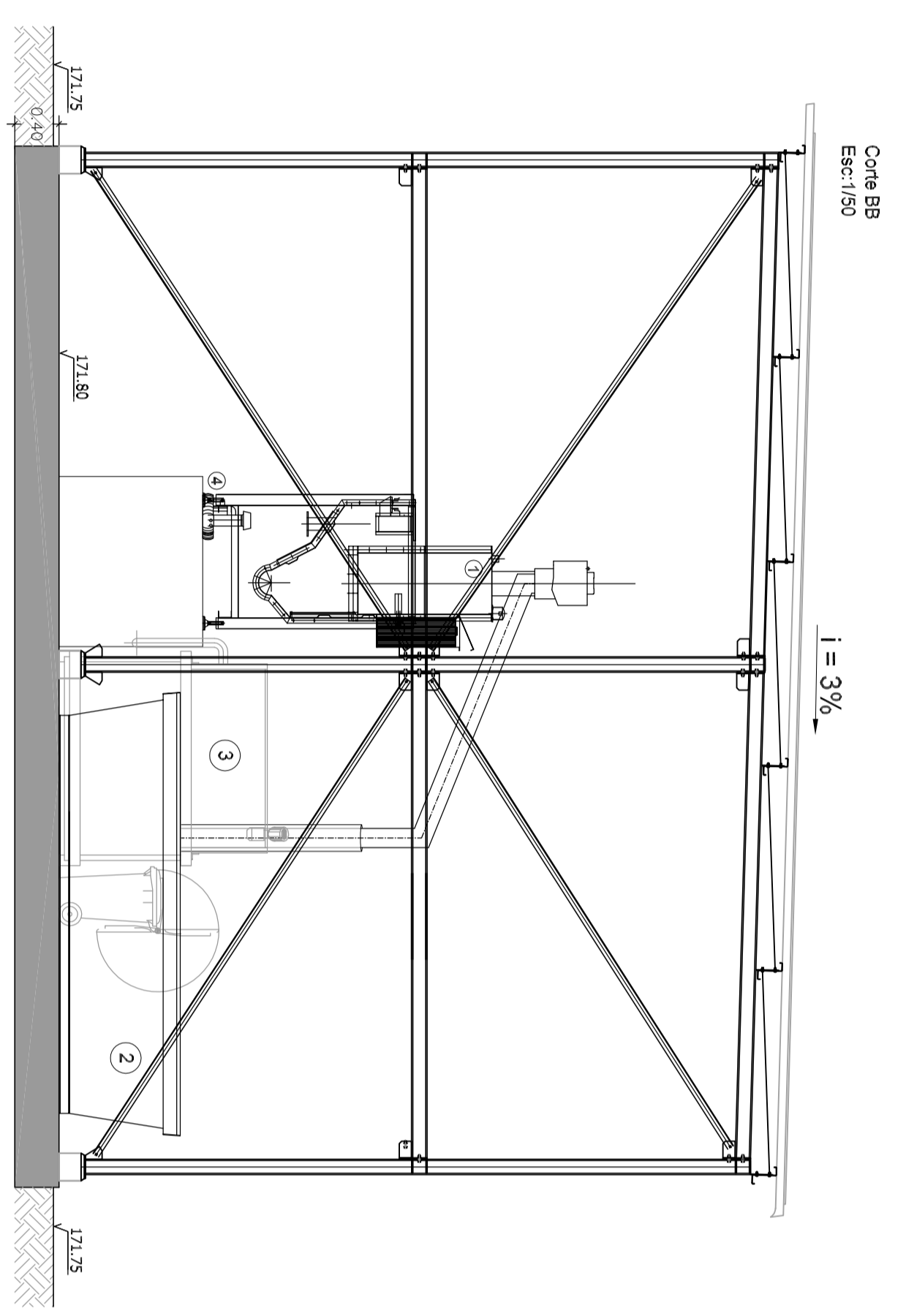
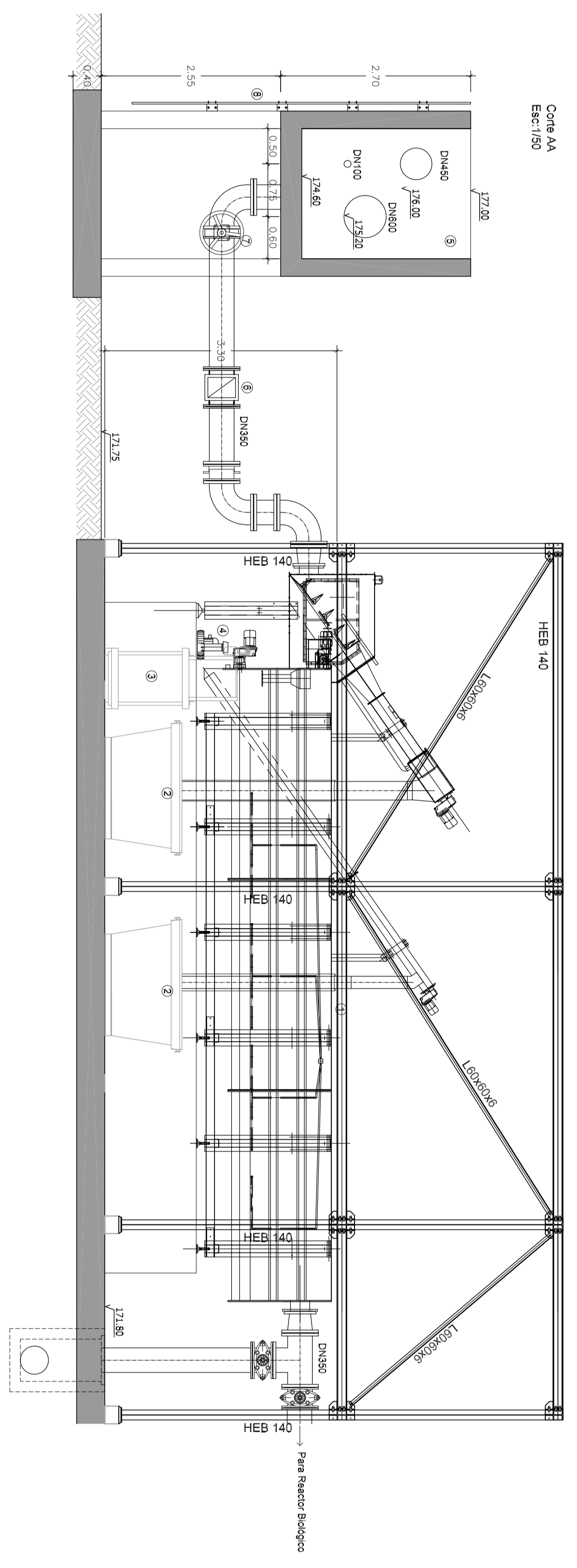
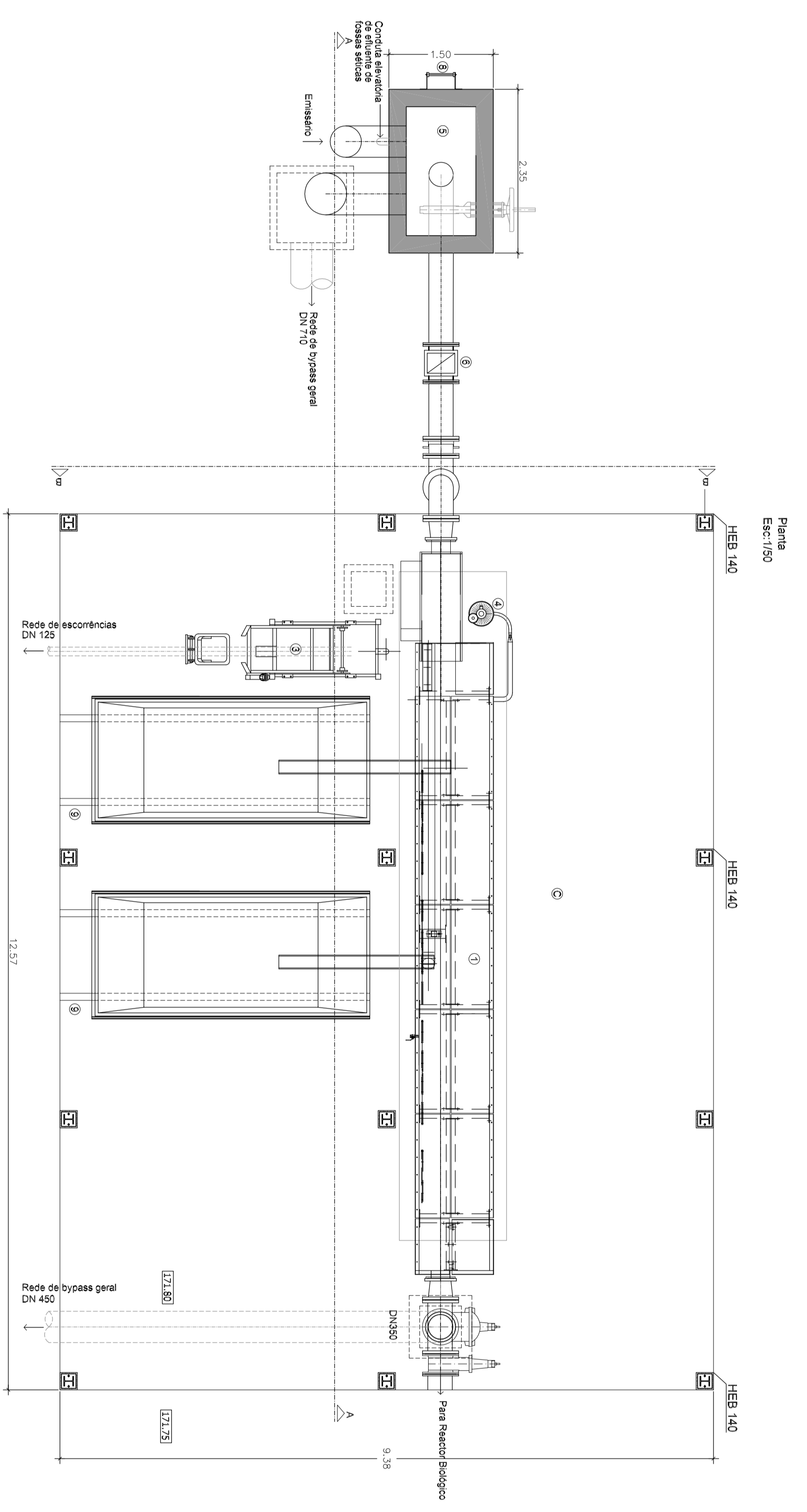
- LEYENDA DE SIMBOLOS**
- Estación de elevación
 - Dirección de flujo principal
 - Dirección de flujo secundaria
 - Dirección de flujo terciaria
 - Dirección de flujo cuaternaria
 - Dirección de flujo quinquaria
 - Dirección de flujo sexaria
 - Dirección de flujo septaria
 - Dirección de flujo octaria
 - Dirección de flujo nonaria
 - Dirección de flujo decaria
 - Dirección de flujo undecaria
 - Dirección de flujo duodecario
 - Dirección de flujo tredecario
 - Dirección de flujo catorcario
 - Dirección de flujo quinceario
 - Dirección de flujo dieciseptario
 - Dirección de flujo dieciochoario
 - Dirección de flujo dieinueveario
 - Dirección de flujo vigintiario
 - Dirección de flujo vigintiunario
 - Dirección de flujo vigintiduo
 - Dirección de flujo vigintitercario
 - Dirección de flujo viginticuatroario
 - Dirección de flujo vigintiquinario
 - Dirección de flujo vigintiseisario
 - Dirección de flujo vigintisieteario
 - Dirección de flujo vigintiochoario
 - Dirección de flujo vigintinueario
 - Dirección de flujo trigintario
 - Dirección de flujo trigintiunario
 - Dirección de flujo trigintiduo
 - Dirección de flujo trigintitercario
 - Dirección de flujo triginticuatroario
 - Dirección de flujo trigintiquinario
 - Dirección de flujo trigintiseisario
 - Dirección de flujo trigintisieteario
 - Dirección de flujo trigintiochoario
 - Dirección de flujo trigintinueario
 - Dirección de flujo quadragintario
 - Dirección de flujo quadragintiunario
 - Dirección de flujo quadragintiduo
 - Dirección de flujo quadragintitercario
 - Dirección de flujo quadraginticuatroario
 - Dirección de flujo quadragintiquinario
 - Dirección de flujo quadragintiseisario
 - Dirección de flujo quadragintisieteario
 - Dirección de flujo quadragintiochoario
 - Dirección de flujo quadragintinueario
 - Dirección de flujo quinquagintario
 - Dirección de flujo quinquagintiunario
 - Dirección de flujo quinquagintiduo
 - Dirección de flujo quinquagintitercario
 - Dirección de flujo quinquaginticuatroario
 - Dirección de flujo quinquagintiquinario
 - Dirección de flujo quinquagintiseisario
 - Dirección de flujo quinquagintisieteario
 - Dirección de flujo quinquagintiochoario
 - Dirección de flujo quinquagintinueario
 - Dirección de flujo sexagintario
 - Dirección de flujo sexagintiunario
 - Dirección de flujo sexagintiduo
 - Dirección de flujo sexagintitercario
 - Dirección de flujo sexaginticuatroario
 - Dirección de flujo sexagintiquinario
 - Dirección de flujo sexagintiseisario
 - Dirección de flujo sexagintisieteario
 - Dirección de flujo sexagintiochoario
 - Dirección de flujo sexagintinueario
 - Dirección de flujo septuagintario
 - Dirección de flujo septuagintiunario
 - Dirección de flujo septuagintiduo
 - Dirección de flujo septuagintitercario
 - Dirección de flujo septuaginticuatroario
 - Dirección de flujo septuagintiquinario
 - Dirección de flujo septuagintiseisario
 - Dirección de flujo septuagintisieteario
 - Dirección de flujo septuagintiochoario
 - Dirección de flujo septuagintinueario
 - Dirección de flujo octogintario
 - Dirección de flujo octogintiunario
 - Dirección de flujo octogintiduo
 - Dirección de flujo octogintitercario
 - Dirección de flujo octoginticuatroario
 - Dirección de flujo octogintiquinario
 - Dirección de flujo octogintiseisario
 - Dirección de flujo octogintisieteario
 - Dirección de flujo octogintiochoario
 - Dirección de flujo octogintinueario
 - Dirección de flujo nonagintario
 - Dirección de flujo nonagintiunario
 - Dirección de flujo nonagintiduo
 - Dirección de flujo nonagintitercario
 - Dirección de flujo nonaginticuatroario
 - Dirección de flujo nonagintiquinario
 - Dirección de flujo nonagintiseisario
 - Dirección de flujo nonagintisieteario
 - Dirección de flujo nonagintiochoario
 - Dirección de flujo nonagintinueario
 - Dirección de flujo centenario
 - Dirección de flujo centeniunario
 - Dirección de flujo centeniduo
 - Dirección de flujo cententitercario
 - Dirección de flujo cententicuatroario
 - Dirección de flujo cententiquinario
 - Dirección de flujo cententiseisario
 - Dirección de flujo cententisieteario
 - Dirección de flujo cententiochoario
 - Dirección de flujo cententinueario

		AGUAS PÚBLICAS DE ALENTEJO	
Estado:	Fecha:	Descripción:	Dimensiones:
Proyecto:	2015	Empedrado, Construcción de ETR de Normativa	1:200
Autónomo:	2015	Planta de Circulación Hidráulica	1:200
		Número:	Estado:
		00015-CE-100-003	1:200



LÍNEA DESECHO
 Manantiales
 Estado de Montevideo

Revisado:	Fecha:	Descripción:	Comentarios:	Ordenado por:	Fecha:
Elaborado:					
 AGUAS PÚBLICAS de MONTEVIDEO <small>Departamento de Montevideo</small>					
Título: Empresa de Cochecido - Construcción de ETAR de Montevideo					
Proyecto:	Carpetas:	Descripción:	Rev.:	DT:	
		Planta de Eductor Final	Actualizado		
Año:	Fecha:	Número:	Estado:	Escala:	1:500
2019		020114241101004			

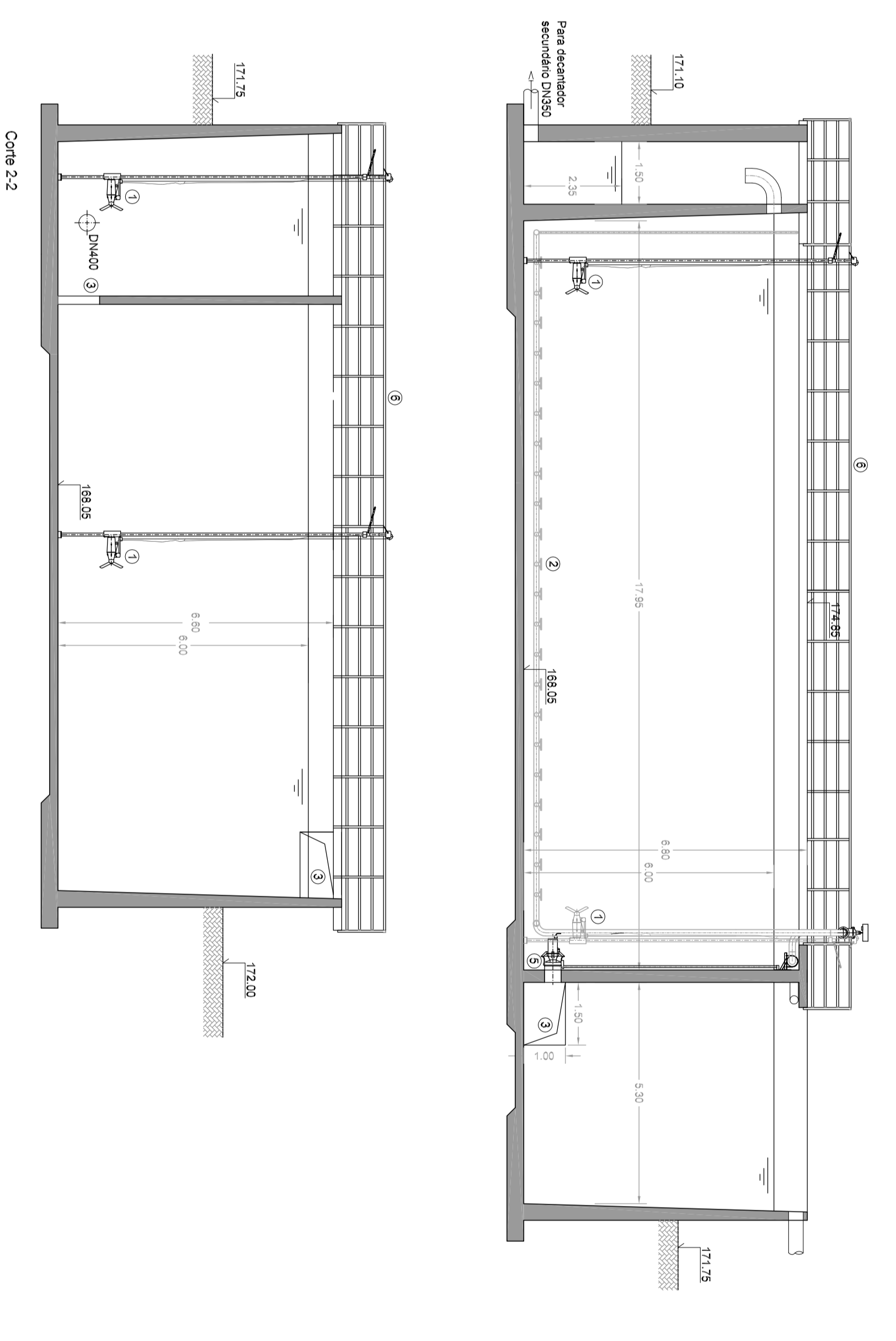
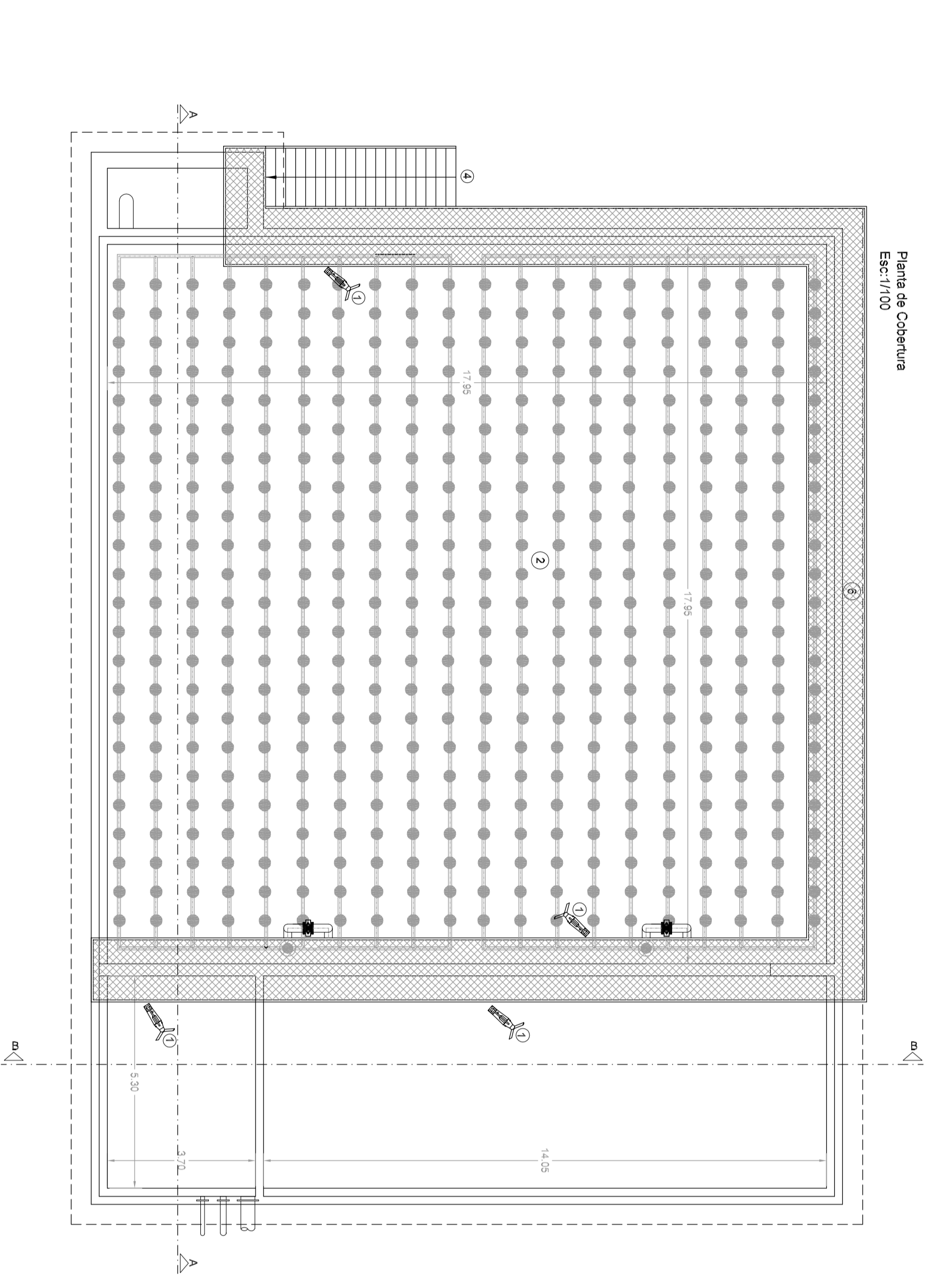
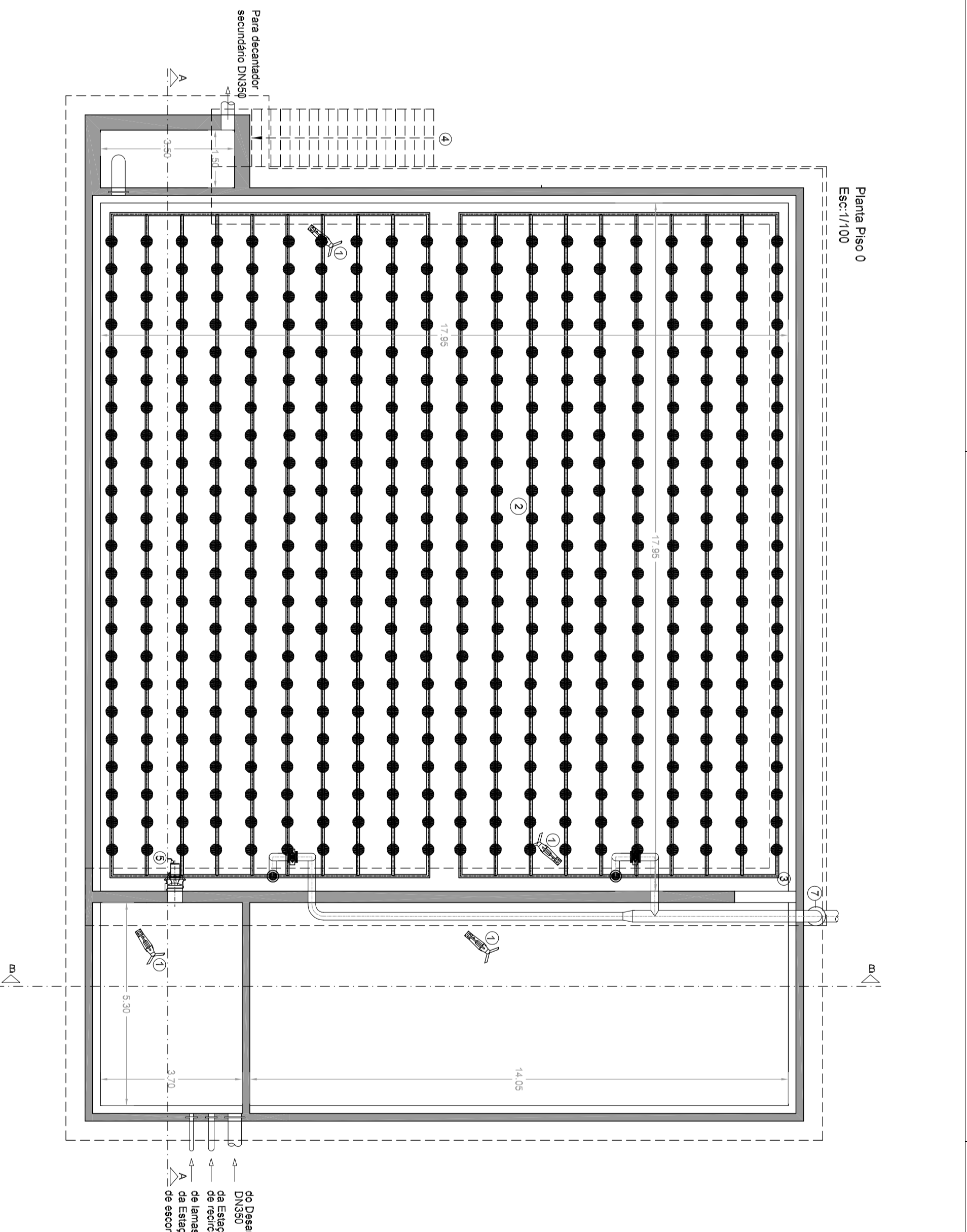
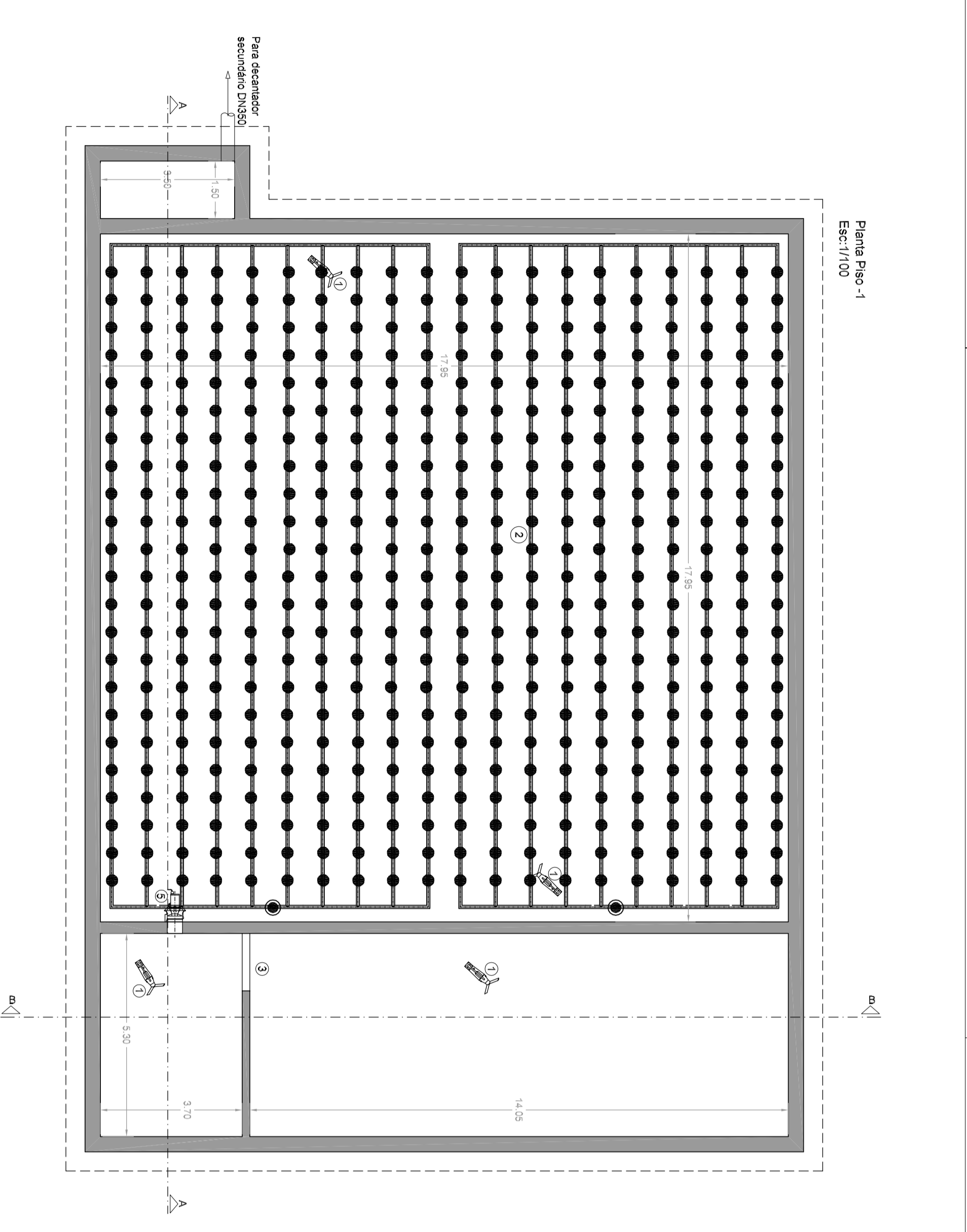


- LEGENDA:
- 1 - Tanque de armazenamento
 - 2 - Tanque de tratamento
 - 3 - Tanque de distribuição
 - 4 - Tanque de distribuição
 - 5 - Tanque de distribuição
 - 6 - Tanque de distribuição
 - 7 - Tanque de distribuição
 - 8 - Tanque de distribuição
 - 9 - Tanque de distribuição



Revista:	Data:	Descrição:	Comprova:	Assinatura:
Projeto:	Execução:	Supervisão:	Assinatura:	Assinatura:
Tipografia:	Data:	Número:	Edição:	140

AGUAS PÚBLICAS
de ALGARVES

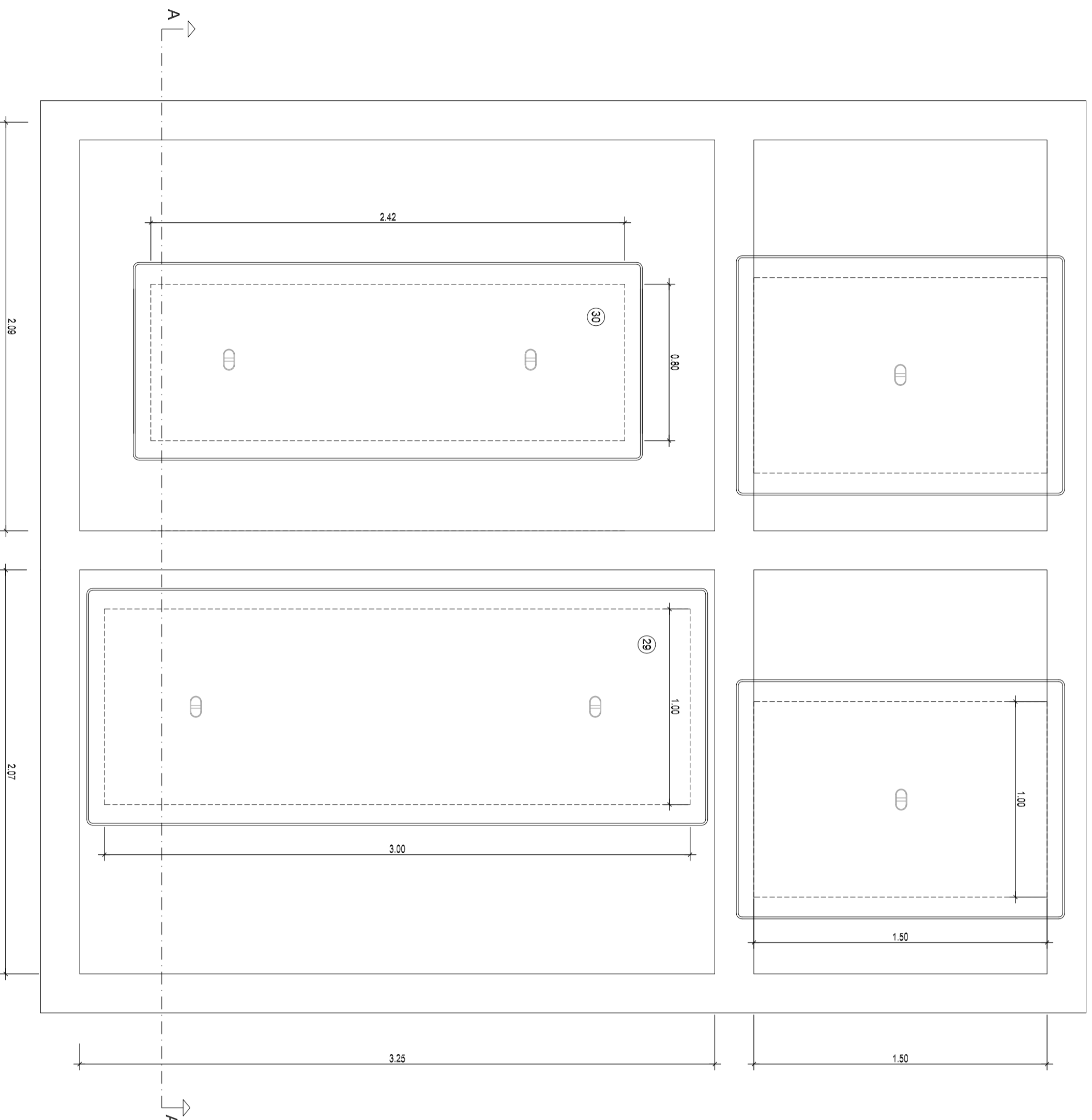
Entidade Concedente - Construção da ETAR de Montemor
 Unidade de Gestão - Região Centro
 2019



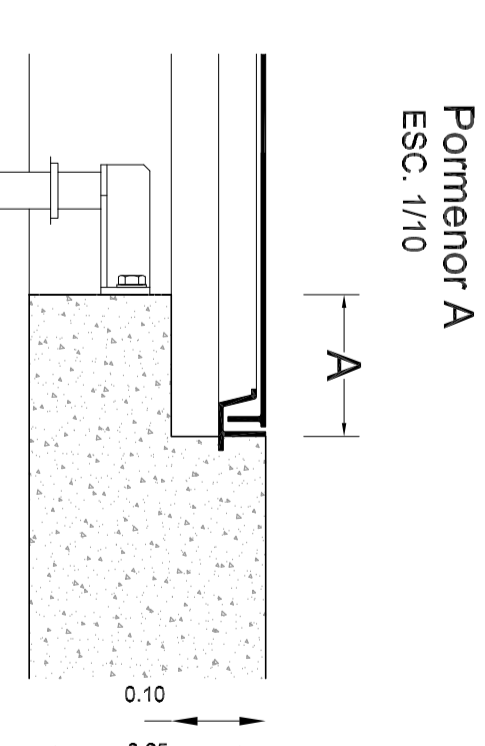
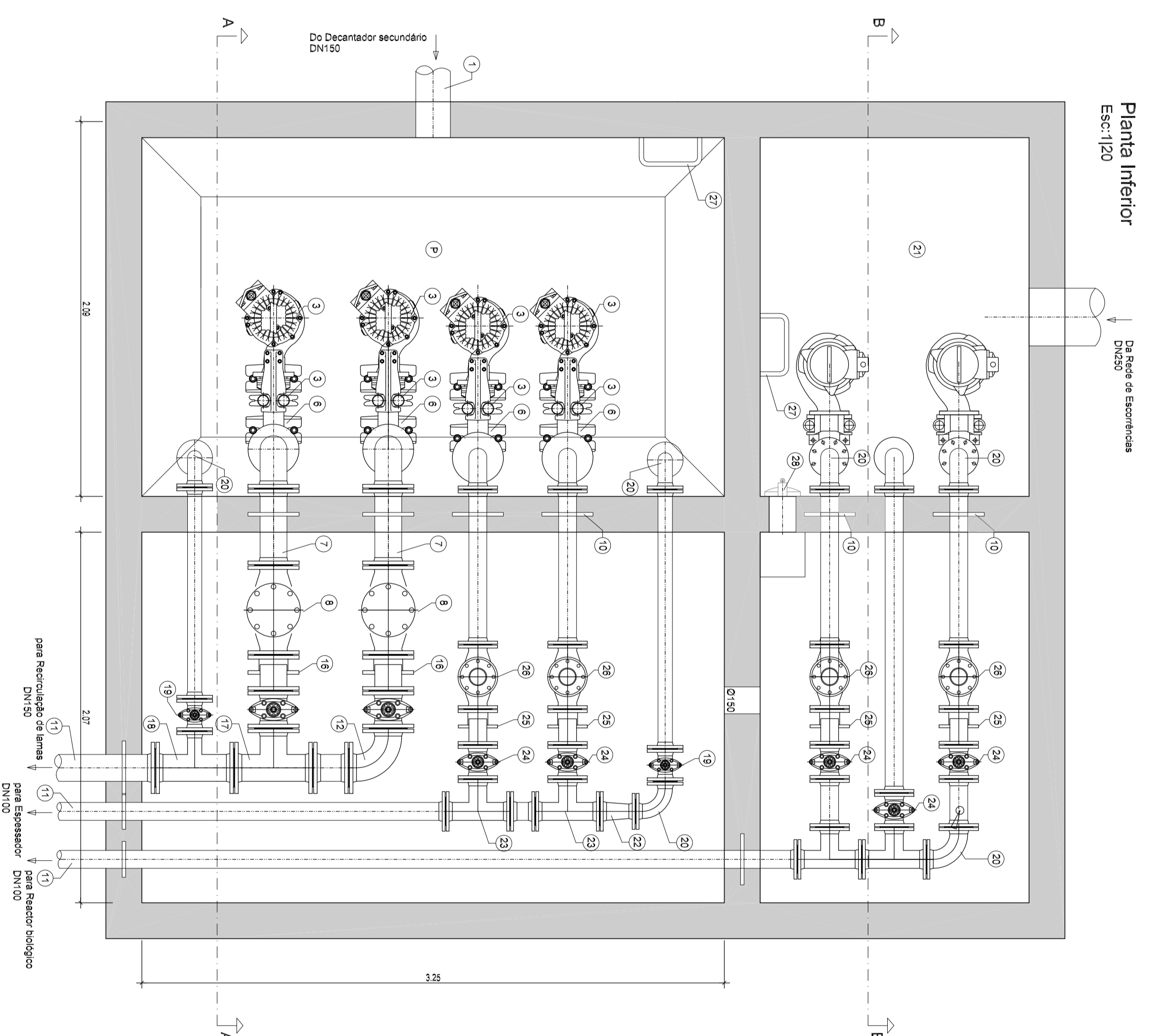
- LEYENDA**
- 1 - Acilador a 10mm
 - 2 - Cables de acero a 10mm
 - 3 - Cables de acero a 10mm
 - 4 - Estrella de acero a 10mm
 - 5 - Bordes a 10mm
 - 6 - Bordes a 10mm
 - 7 - Bordes a 10mm
 - 8 - Bordes a 10mm

Realizado	Revisado	Elaborado	Comprobado	Dimensionado
Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
				
Emprendida Concepción - Construcción de E.T.A.R. de Montemar				
Proyecto	Colaborador	Colaborador	Colaborador	Colaborador
Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
2015	2015	2015	2015	2015
				
Emprendida Concepción - Construcción de E.T.A.R. de Montemar				
Proyecto	Colaborador	Colaborador	Colaborador	Colaborador
Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
2015	2015	2015	2015	2015

Poço de Bombagem de Águas Residuais
Planta Superior (Tampas)
Esc:1/20



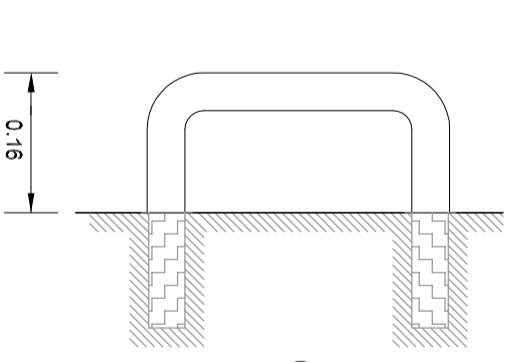
Planta Interior
Esc:1/20



Pormenor A
Esc: 1/10

Tamara (mm)	A (m)
Abertura útil	0,108
800x1900	0,090
800x1638	0,108
800x800	0,108
800x600	0,090

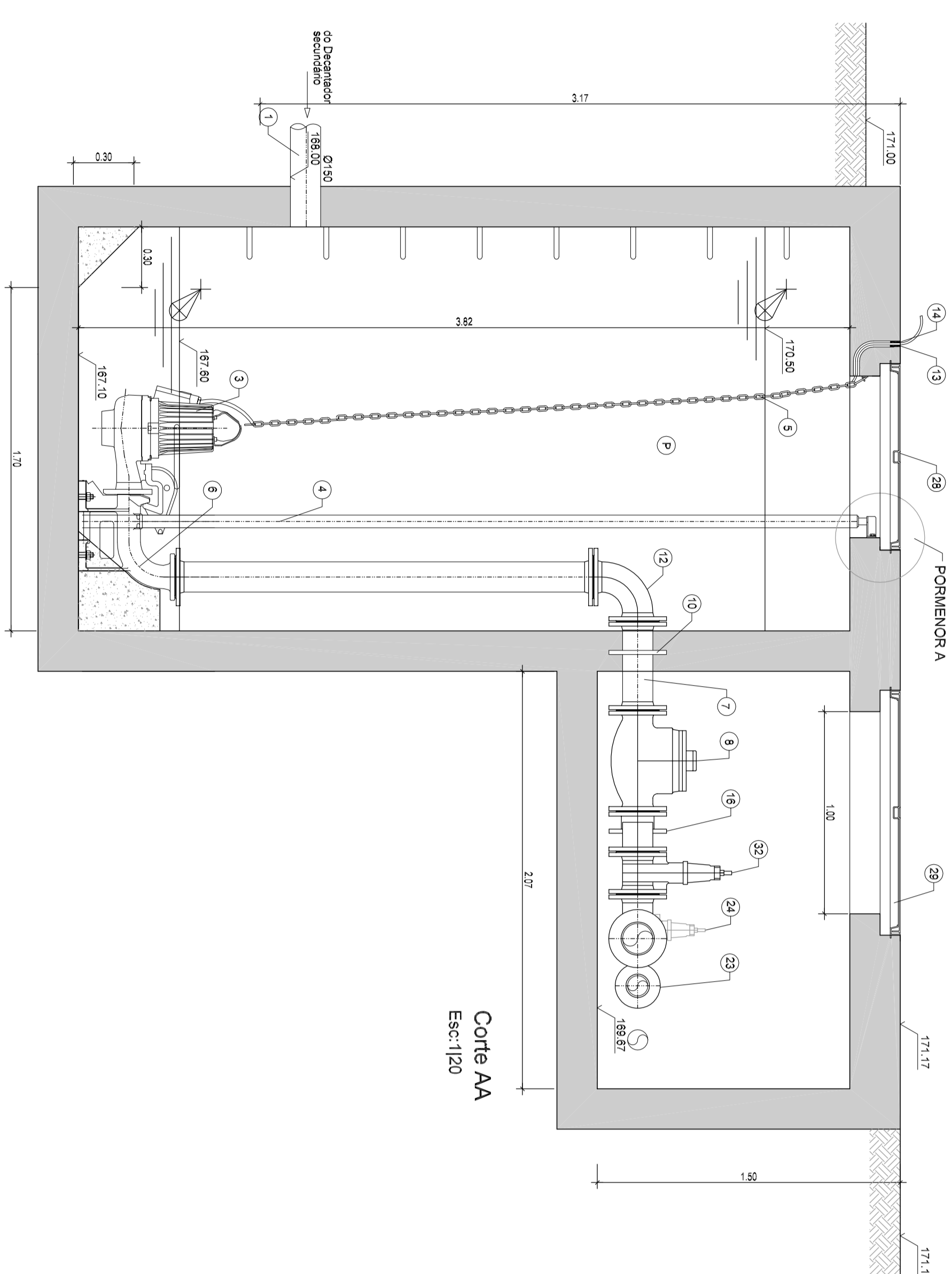
Pormenor de Fixação dos Degraus
Esc: 1/10



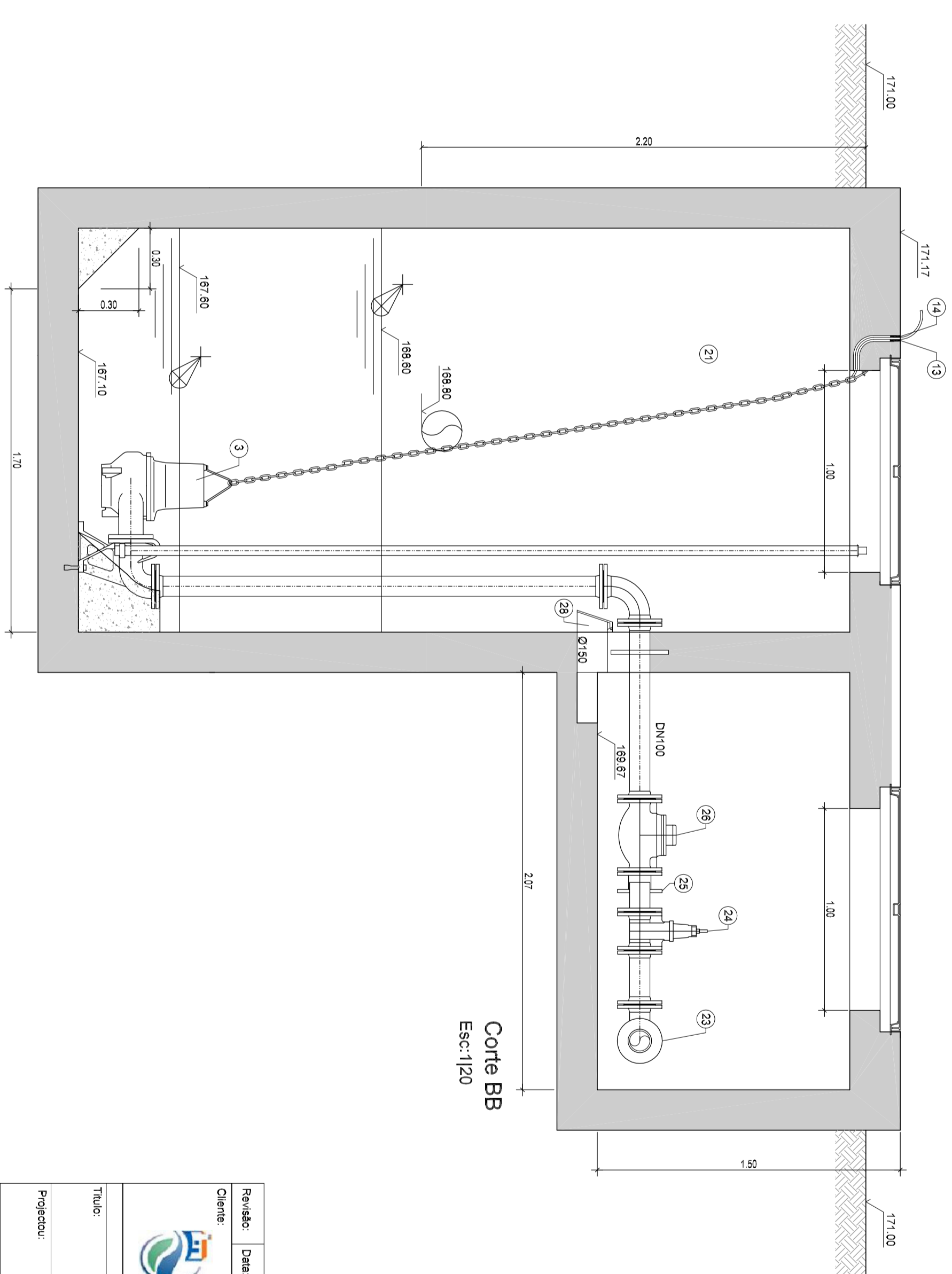
LEGENDA

- P- ESTAÇÃO ELEVATORIAL DE LAMAS
- 1- ENTRADA DE LAMA
 - 2- BARRAS NÍVEL E CODO DE TRANSMISSÃO DE SINAL
 - 3- MOTOR ELÉTRICO
 - 4- HASTE GUIA
 - 5- CORRENTE DE MANUTENÇÃO E CABO DE POTÊNCIA
 - 6- CURVA A 90° Ø150 COM RAYE E SIGANTE AUTOMÁTICO
 - 7- VALVULA DE REFERÊNCIA Ø150 (DO TIPO BOLA)
 - 8- VALVULA DE RECOMANDO Ø150
 - 9- VALVULA DE RECOMANDO Ø150
 - 10- PASSA MANGOS FLANGEDA Ø150
 - 11- CORDOIA ELEVATORIA Ø150
 - 12- ESCORRE COSTAS Ø150
 - 13- TUBO VD 12 ENCAMISEAMENTO DO TIPO DE POTENCIA
 - 14- TUBO VD 12 ENCAMISEAMENTO DO TIPO DE POTENCIA
 - 15- MASTIQUE DE IMPERMEABILIZAÇÃO
 - 16- JUNTA DE DESMONTAGEM Ø150 FLANGEDA
 - 17- TUBO DE RECOMANDO Ø150
 - 18- VALVULA DE RECOMANDO Ø150 FLANGEDA
 - 19- VALVULA DE RECOMANDO Ø80 FLANGEDA
 - 20- CURVA Ø80 FLANGEDA
 - 21- ESTAÇÃO ELEVATORIA DE ESCORRE COSTAS
 - 22- TUBO DE RECOMANDO Ø150
 - 23- TUBO DE RECOMANDO Ø150
 - 24- VALVULA DE RECOMANDO Ø100 FLANGEDA
 - 25- JUNTA DE DESMONTAGEM Ø100 FLANGEDA
 - 26- VALVULA DE REFERENCIA Ø100 (DO TIPO BOLA)
 - 27- DEGRAU REVESTIDO A POLIURETANO
 - 28- VALVULA DE MANE EM PEDAO Ø 150
 - 29- TAMPA Ø150 EM F.D. Ø200x190 (CLASSE D40)
 - 30- TAMPA Ø150 EM F.D. Ø200x1638 (CLASSE D40)

Corte AA
Esc:1/20

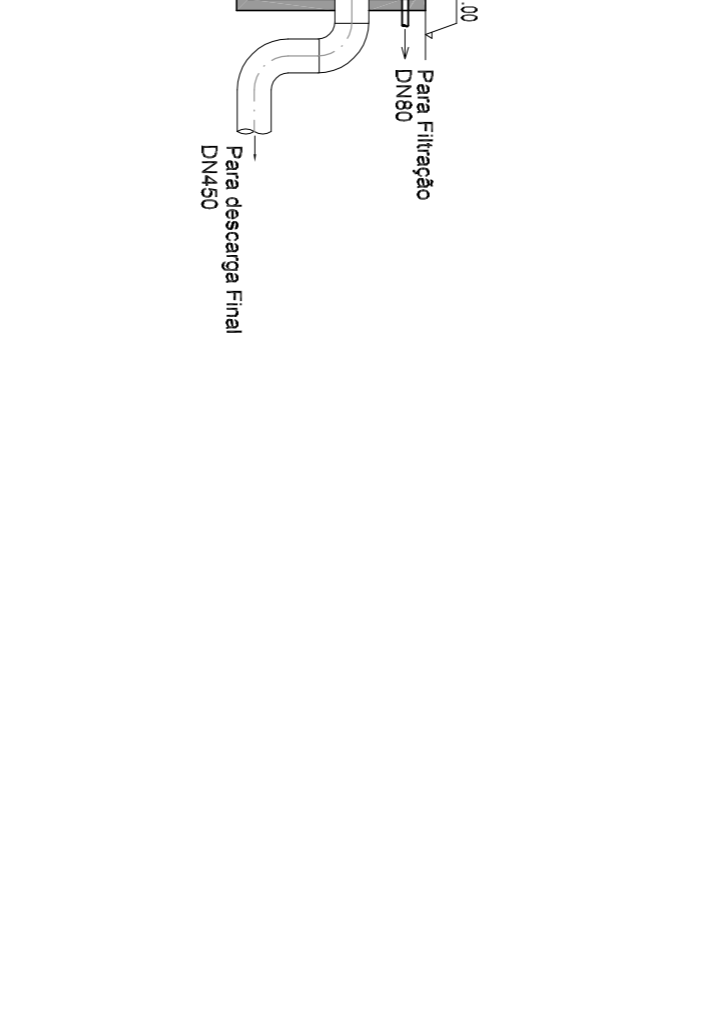
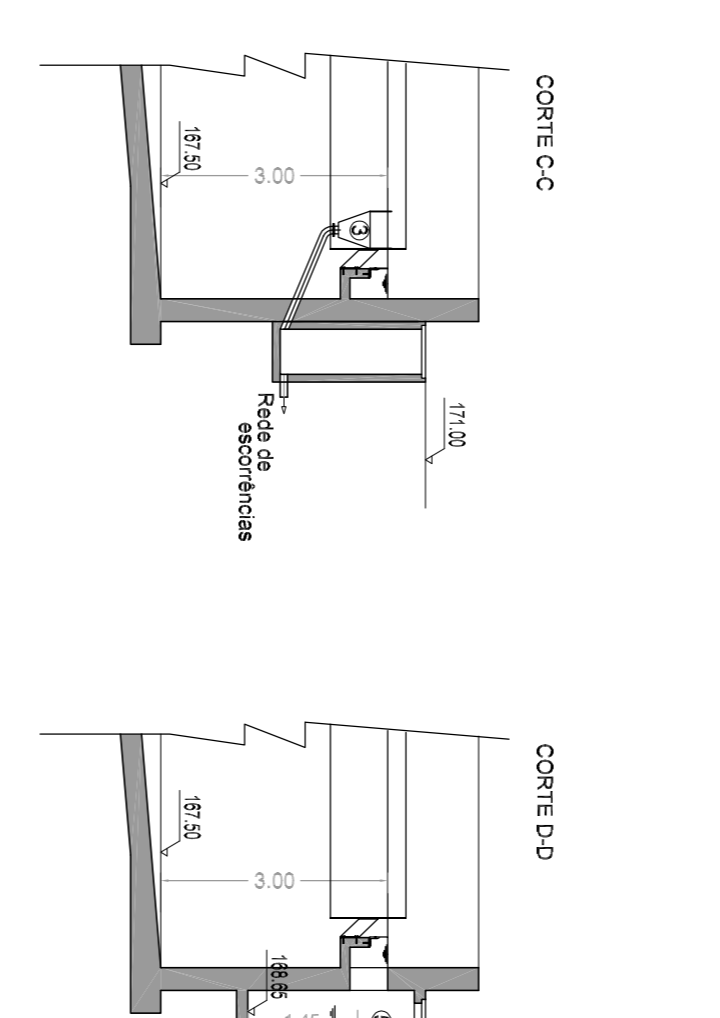
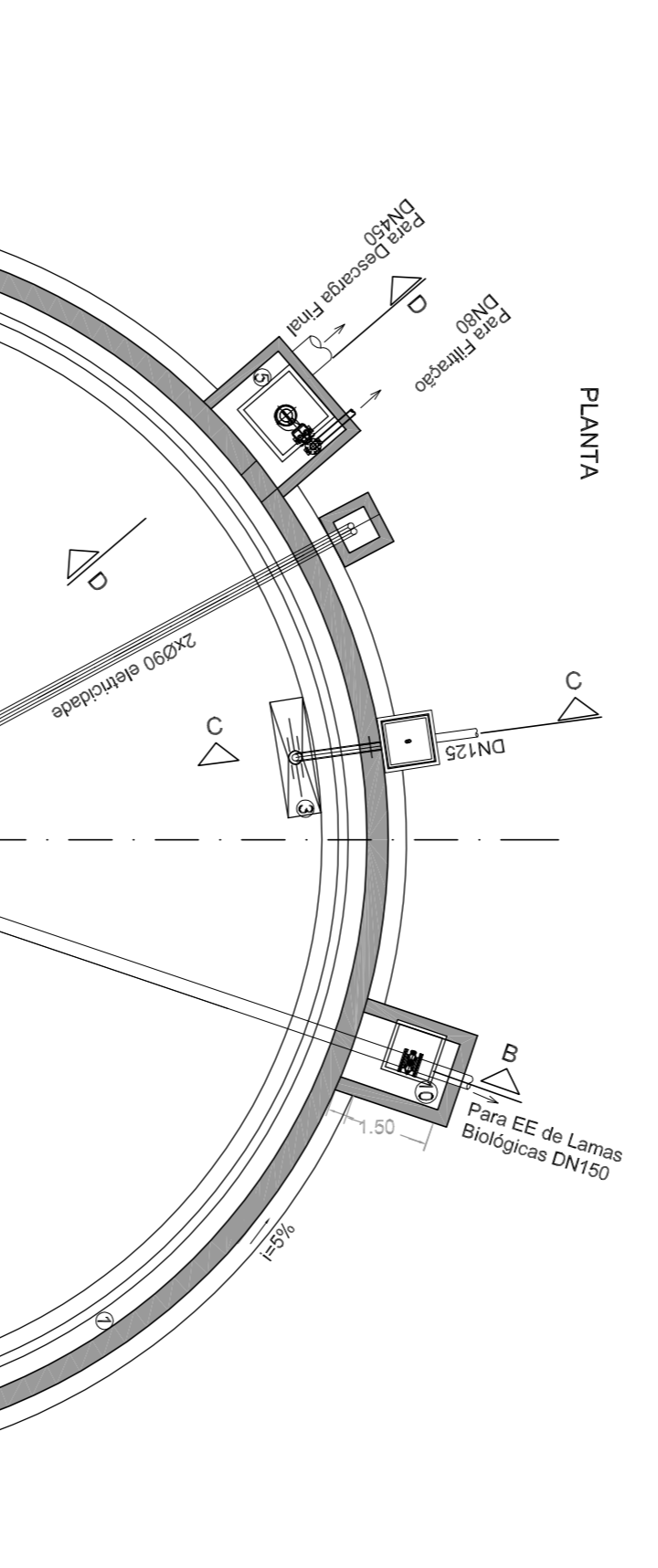
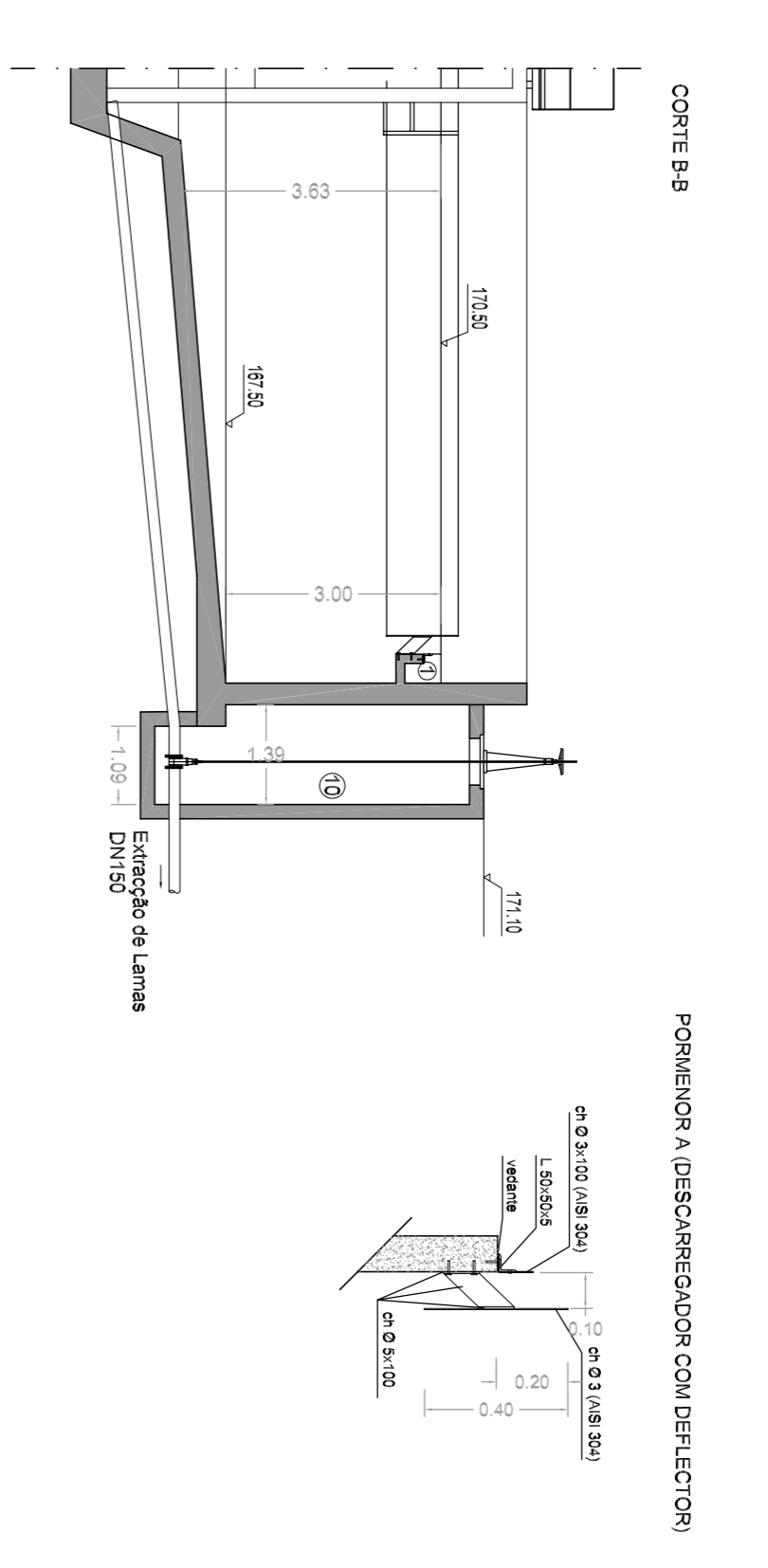
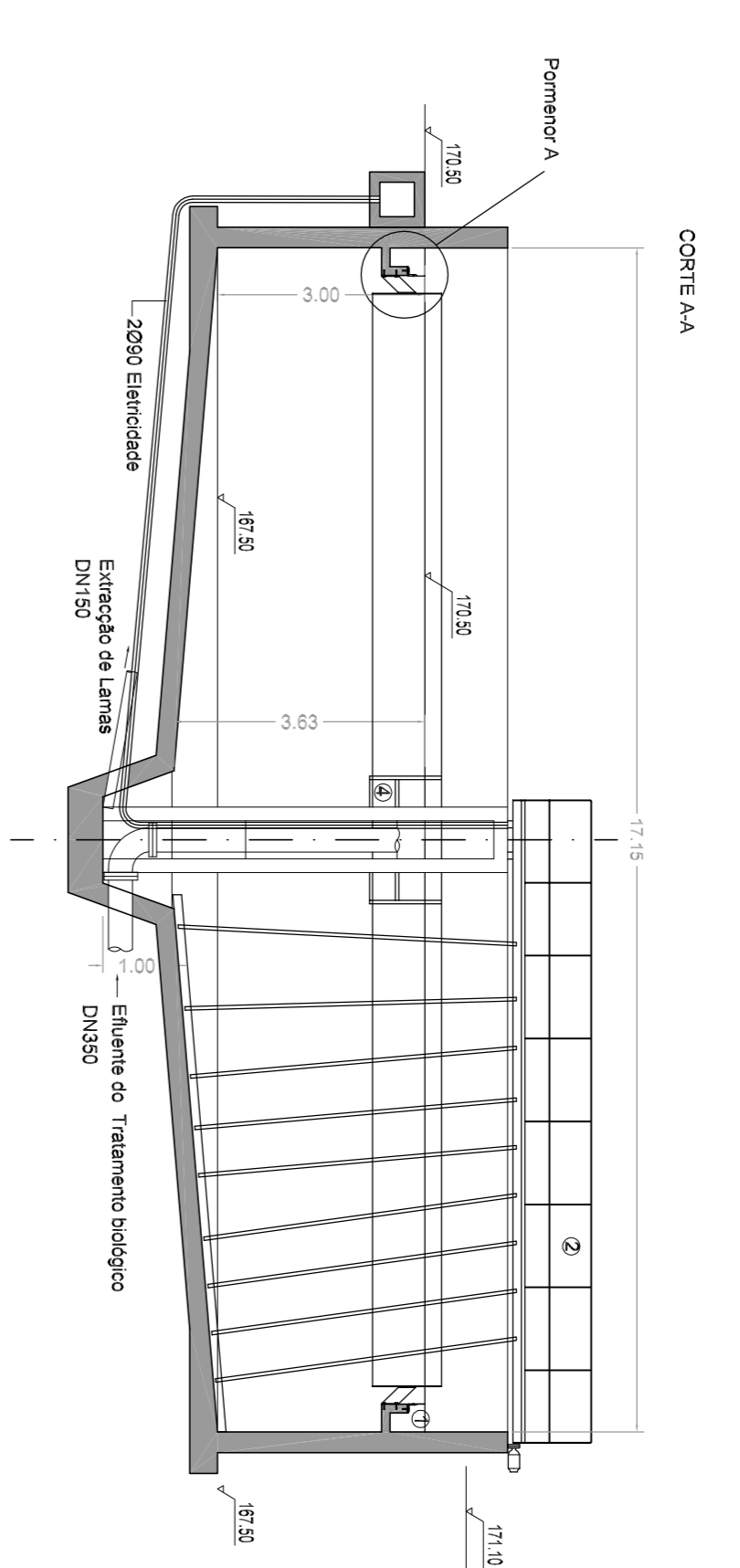


Corte BB
Esc:1/20




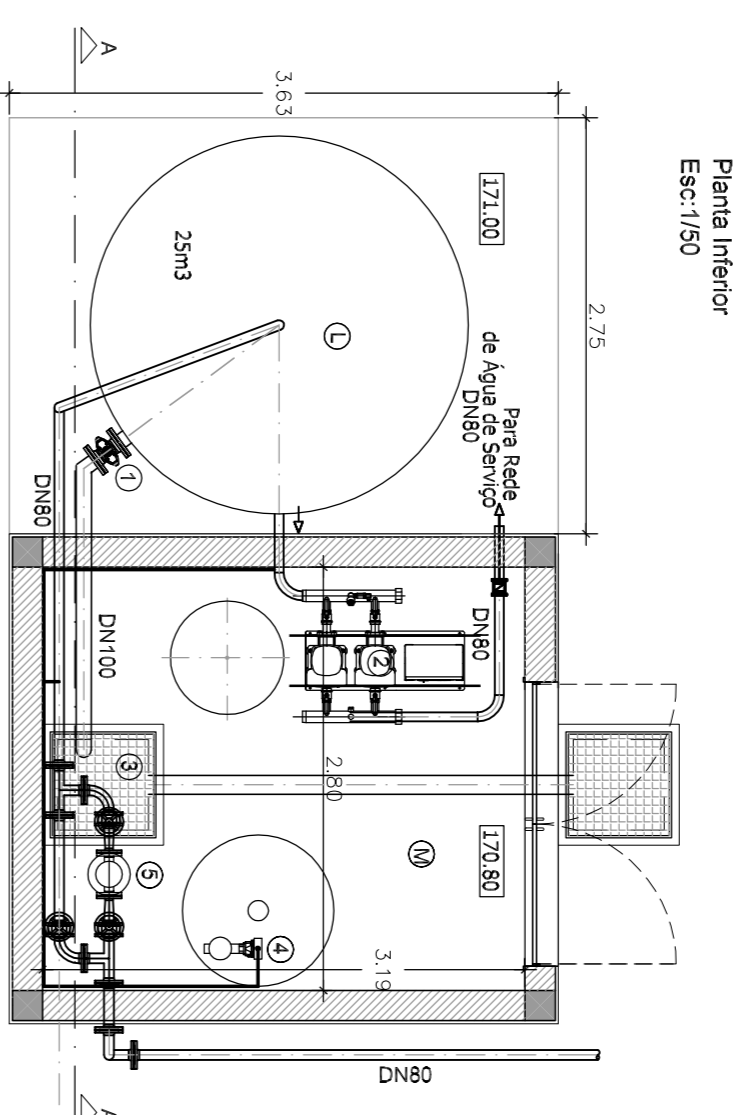
Empreitada de Concepção - Construção de ETAR de Montemor

Projeto: 01
 Fase: 01
 Data: 2013
 Número: 020319-024-10-018
 Escala: 1:50

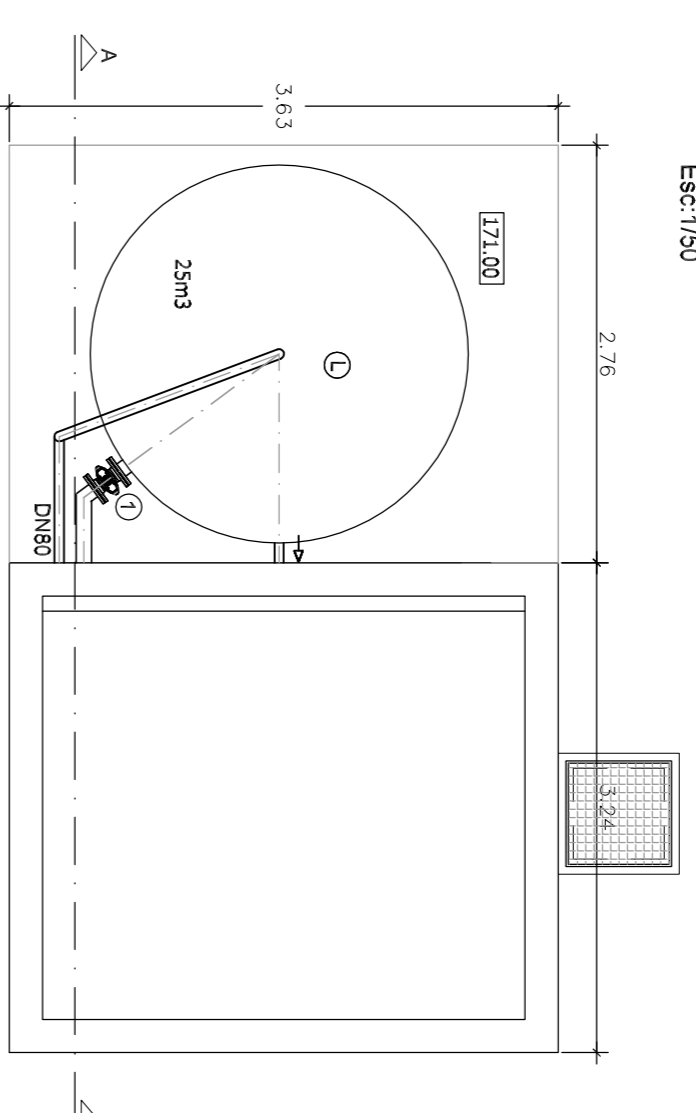


- LEGENDA:**
- 1 - Decantador Secundário
 - 2 - Caixa Periférica
 - 3 - Ponte Radiadora com escada entalçil
 - 4 - Defletor central
 - 5 - Reservatório de armazenamento de água para reutilização
 - 6 - Reservatório de armazenamento de água para reutilização
 - 7 - Contêiner de secumas
 - 8 - Poço de secumas
 - 9 - Bateria solar
 - 10 - Caixa de fibra

Revisão:	Data:	Descrição:	Desenho nº: A09
Cliente:	Conceção:		
			
Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor			
Projeto:	Desenho:	Descrição:	Rev. nº
Desenho:	2015	Definição de Formas Decantador Secundário, Filtro e Corte	1/100
Projeto:	2015	Definição de Formas Decantador Secundário, Filtro e Corte	1/100
Projeto:	2015	Definição de Formas Decantador Secundário, Filtro e Corte	1/100



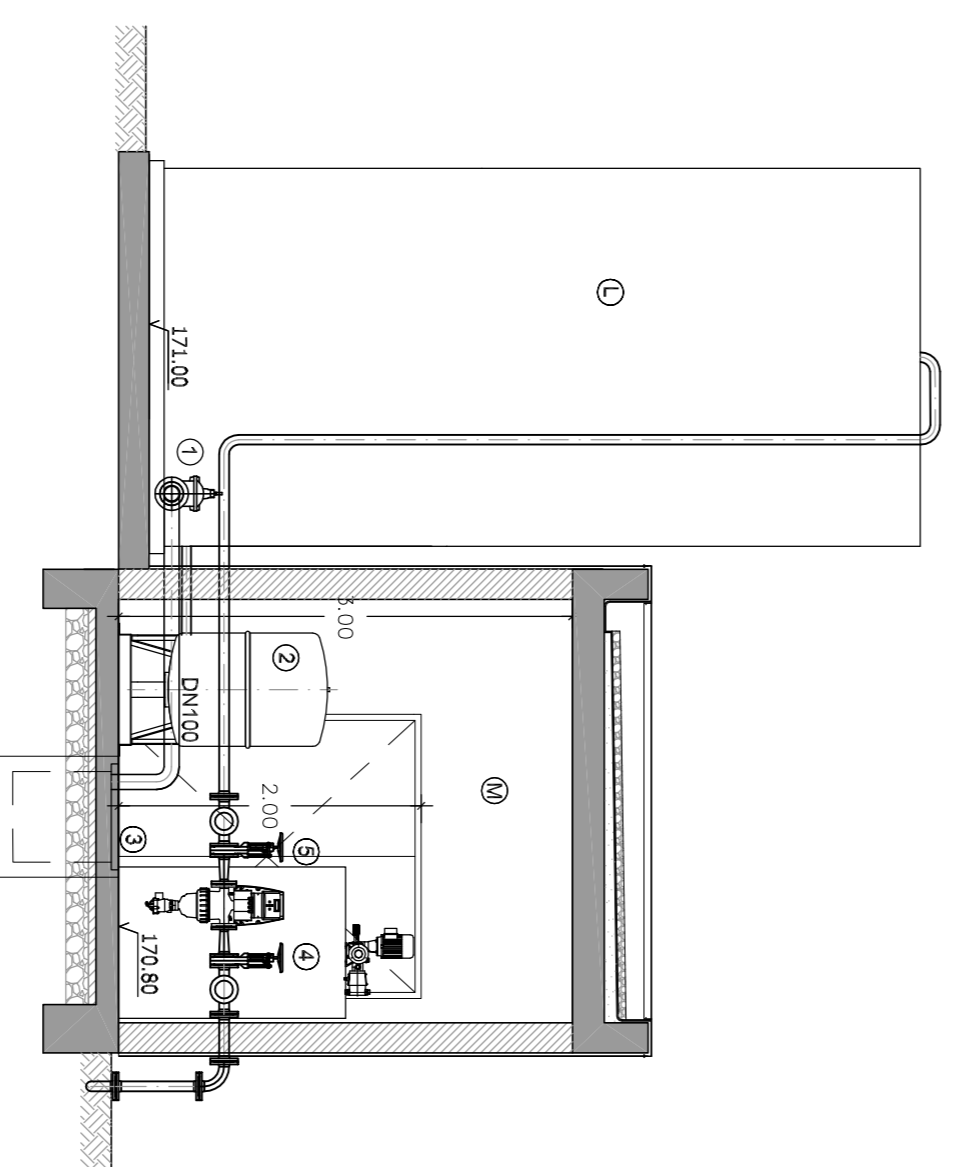
Plano Interior
Esc:1/50




Plano de Cobertura
Esc:1/50

- LEGENDA:**
- L - Reservatório Água Desinfetada
 - 1 - Descarga de lodo do tanque de água desinfetada
 - M - Edifício do Hidroressor
 - 2 - Cilindro Hidroressor
 - 3 - Tanque de armazenamento e dosagem de hipoclorito
 - 4 - Sistema de armazenamento e dosagem de hipoclorito
 - 5 - Sistema de limpeza automático

Corte AA
Esc:1/50

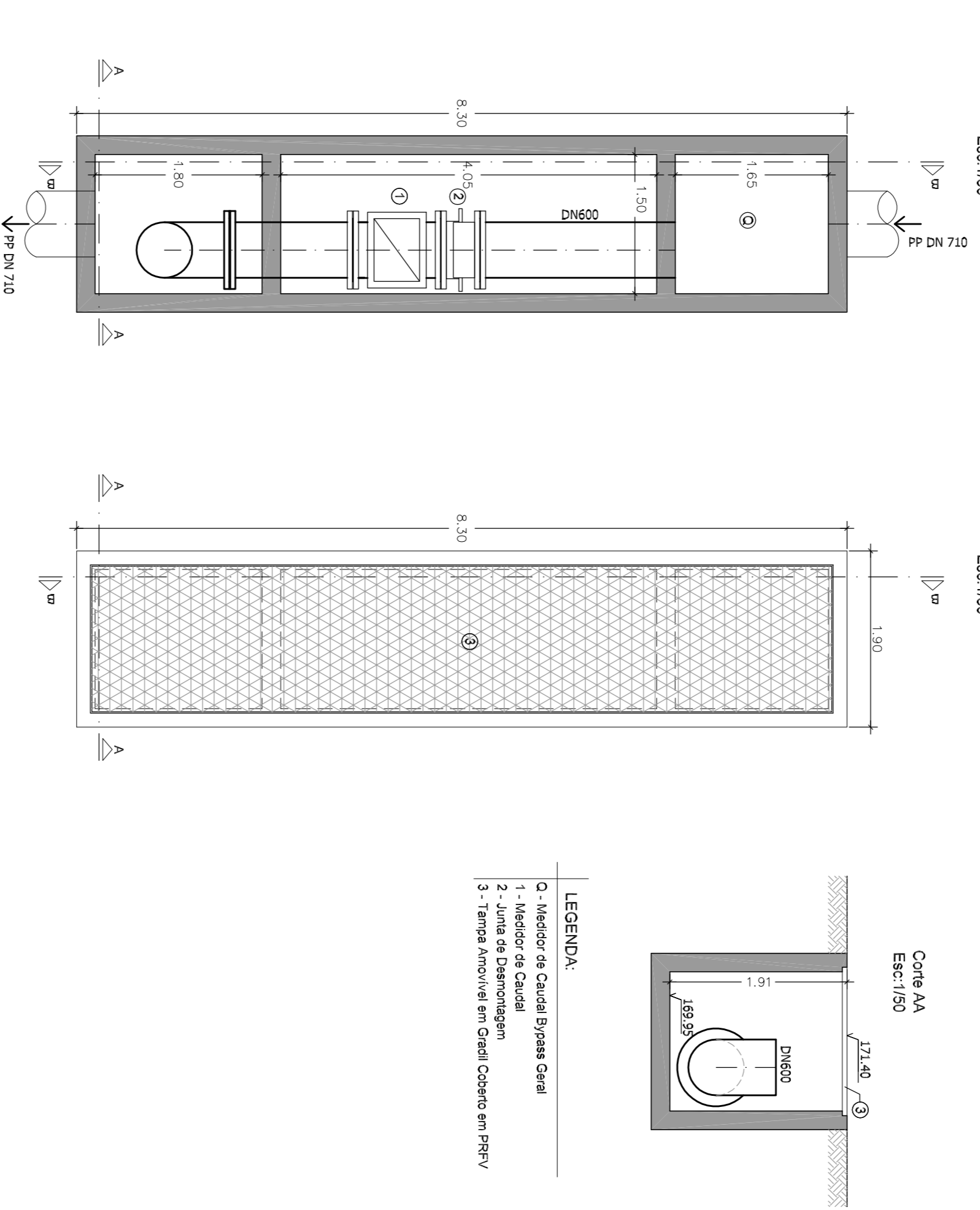


Revisão:	Data:	Descrição:	Conservação:	Desenho nº: A12
Cliente:	 <p>ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO Emp. Lda. do Alentejo</p>			
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projecção:	Desenhador:	Descrição:	Definição de Formas	Rev.: 01
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-HID-012	Procedimento de Água do Serviço - Ramais e Casas	Arquitecto:
				Escala: 1/50

MEDIDOR DE CAUDAL - BYPASS GERAL

Planta Inferior
Esc.:1/50

Planta de Cobertura
Esc.:1/50

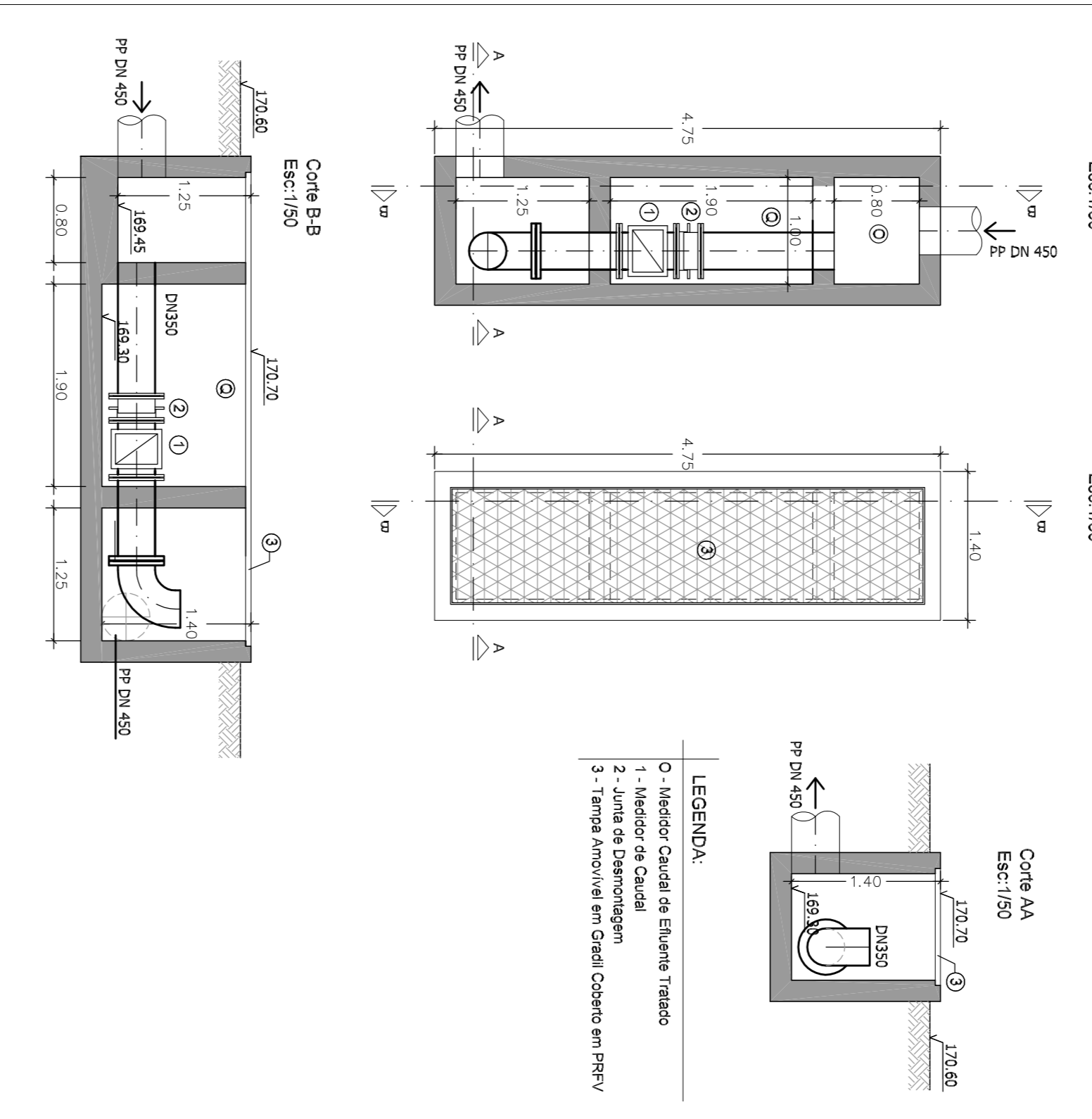


- LEGENDA:**
- 0 - Medidor de Caudal Bypass Geral
 - 1 - Medidor de Caudal
 - 2 - Junta de Desmontagem
 - 3 - Tampa Amovível em Grati Coberto em PPRV


MEDIDOR DE CAUDAL - EXUTOR FINAL

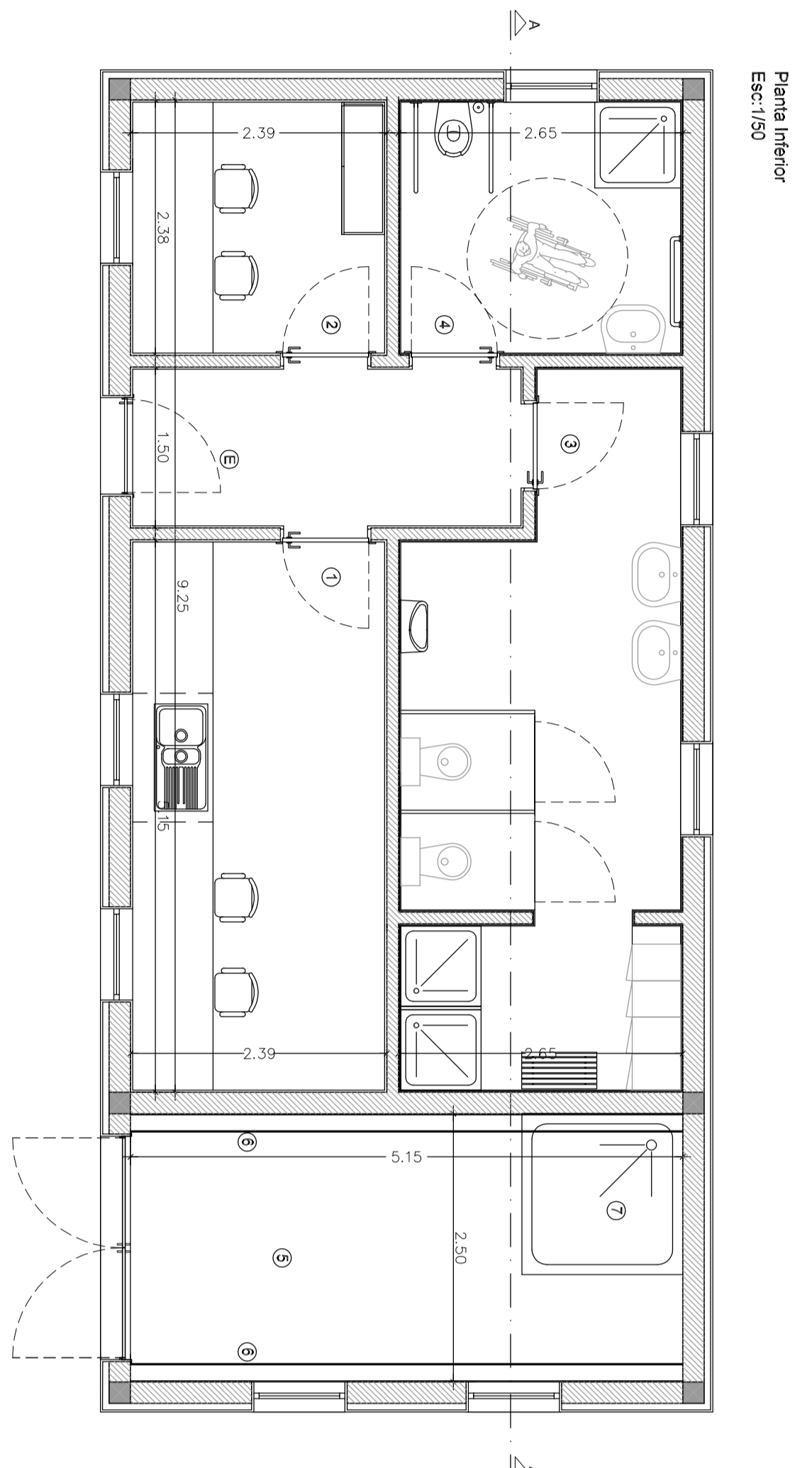
Planta Inferior
Esc.:1/50

Planta de Cobertura
Esc.:1/50

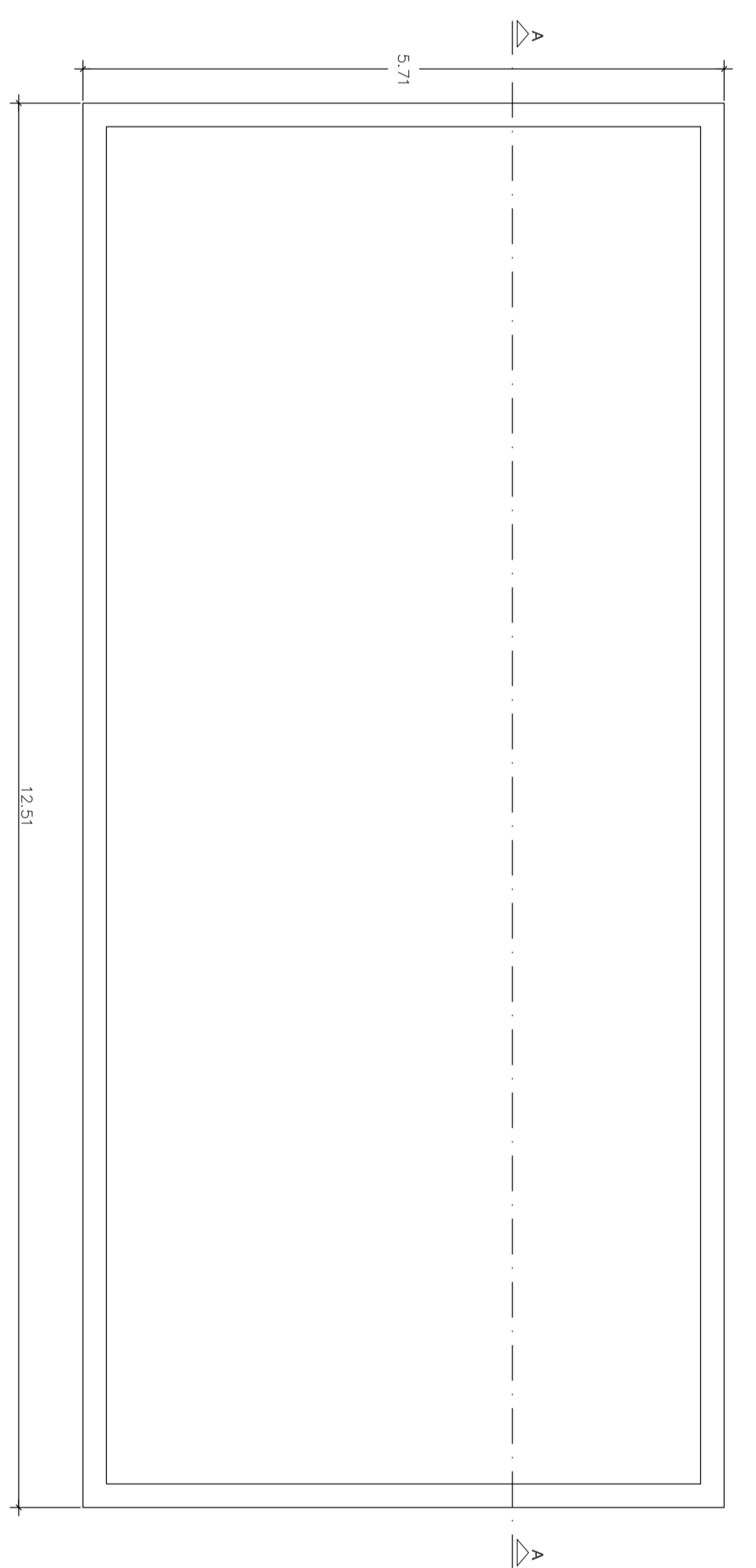


- LEGENDA:**
- 0 - Medidor Caudal de Efluente Tratado
 - 1 - Medidor de Caudal
 - 2 - Junta de Desmontagem
 - 3 - Tampa Amovível em Grati Coberto em PPRV

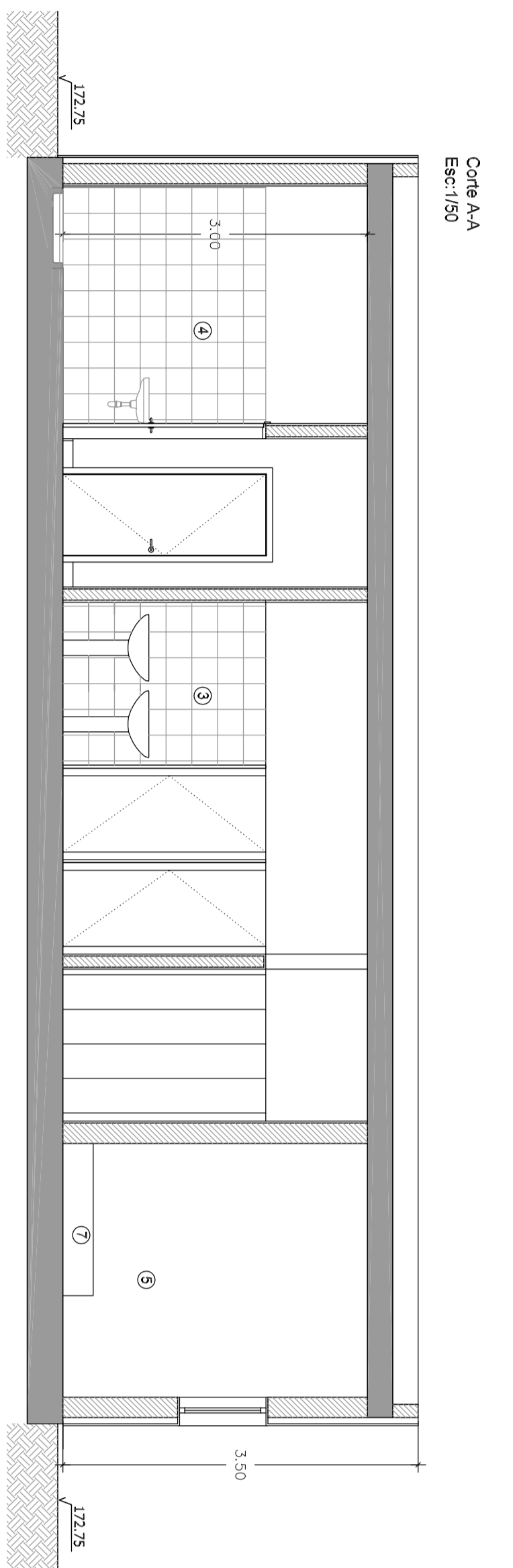
Revisão:	Data:	Descrição:	Constituição:	Desenho nº: A14
				
Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projeto:		Descrição:	Definição de Formas	Rev.: 01
Aprova:		Data:	2015	Arquit.
Número:		022015-CE-HID-014	Escala:	1/50



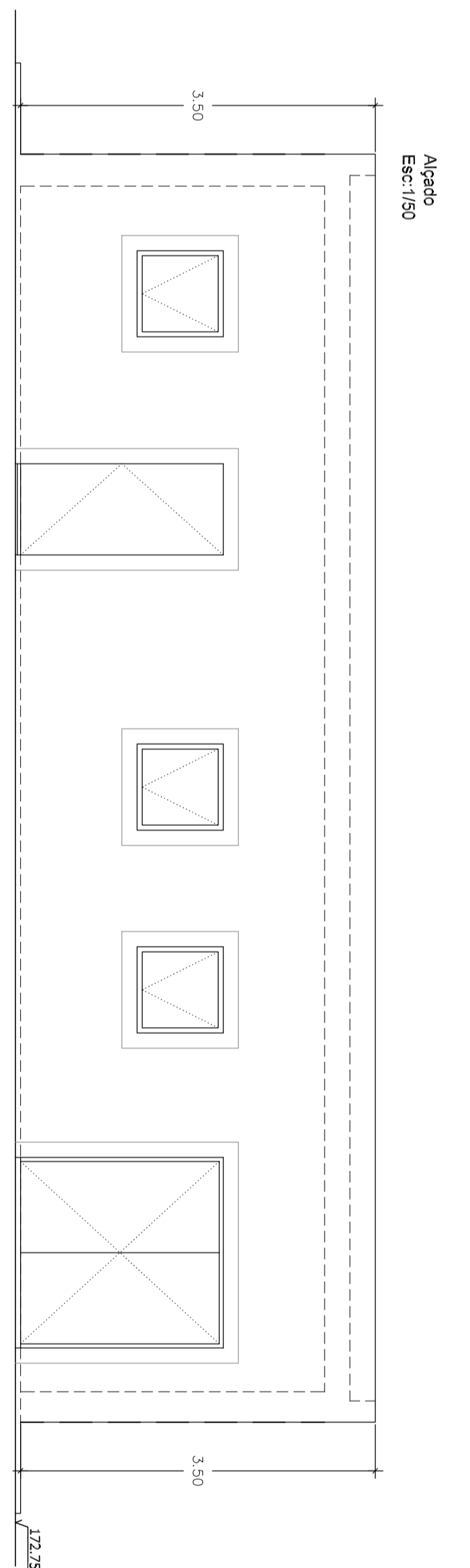
Planta Interior
Escala: 1:50



Planta de caldeira
Escala: 1:50



Câmara de comando
Escala: 1:50



Acesso
Escala: 1:50

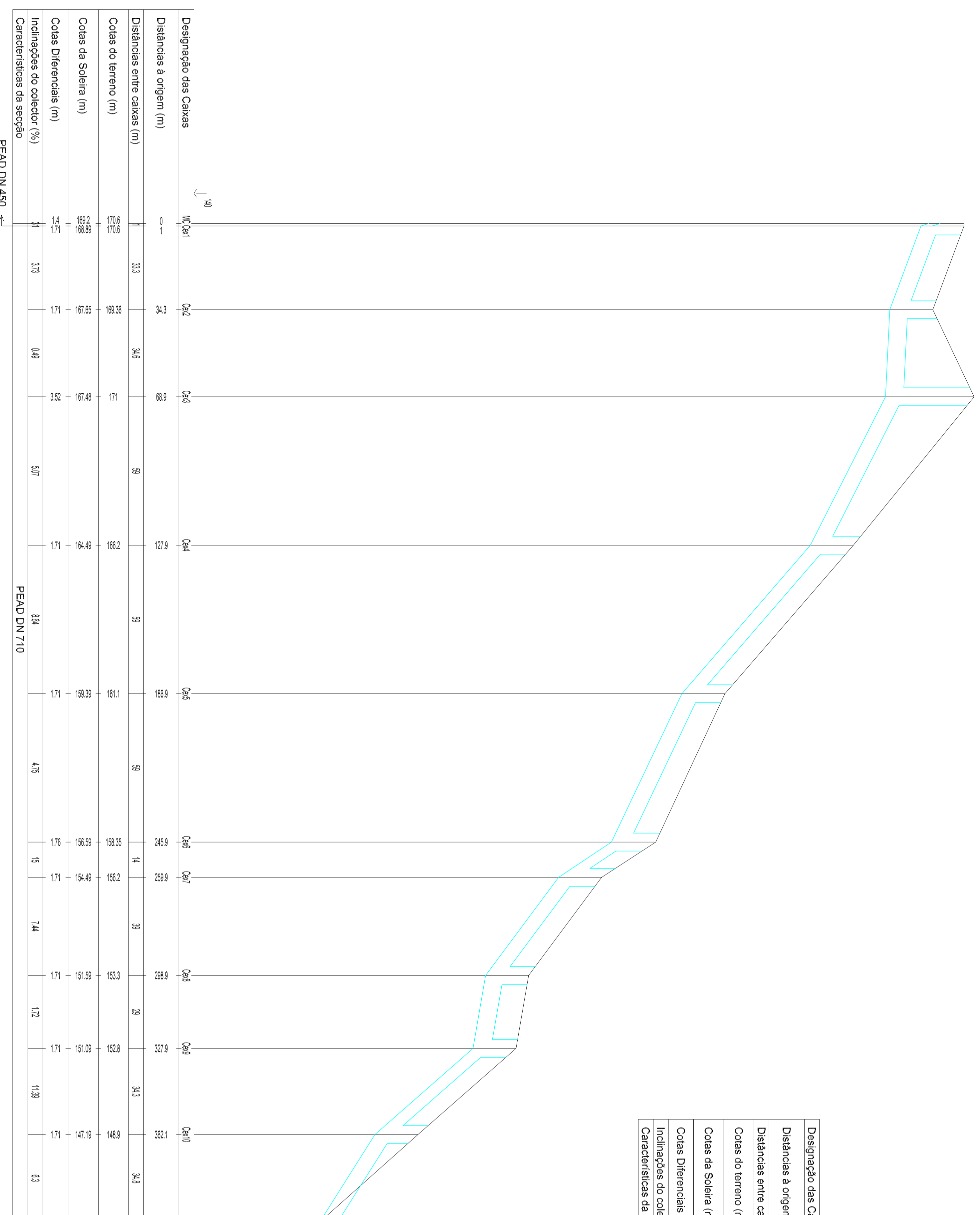
- LEGENDA:
- 1 - Entrada de emergência
 - 2 - Sala de controlo e comando
 - 3 - Sala de caldeira
 - 4 - Distribuidor/ventilador de arrefecimento
 - 5 - Cozinha
 - 6 - Cozinha auxiliar
 - 7 - WC

Projeto:	Empreitada de Concepção-Constuição da ETAR de Montemor	Arq. n.º:	142/06
Desenho:	Planta de Planta	Arq. n.º:	142/06
Execução:	Empreitada de Concepção-Constuição da ETAR de Montemor	Arq. n.º:	142/06
Revisão:	Empreitada de Concepção-Constuição da ETAR de Montemor	Arq. n.º:	142/06
Tipologia:	2015	Nome:	022114-ETAR-C15
Arquiteto:		Escala:	1:50

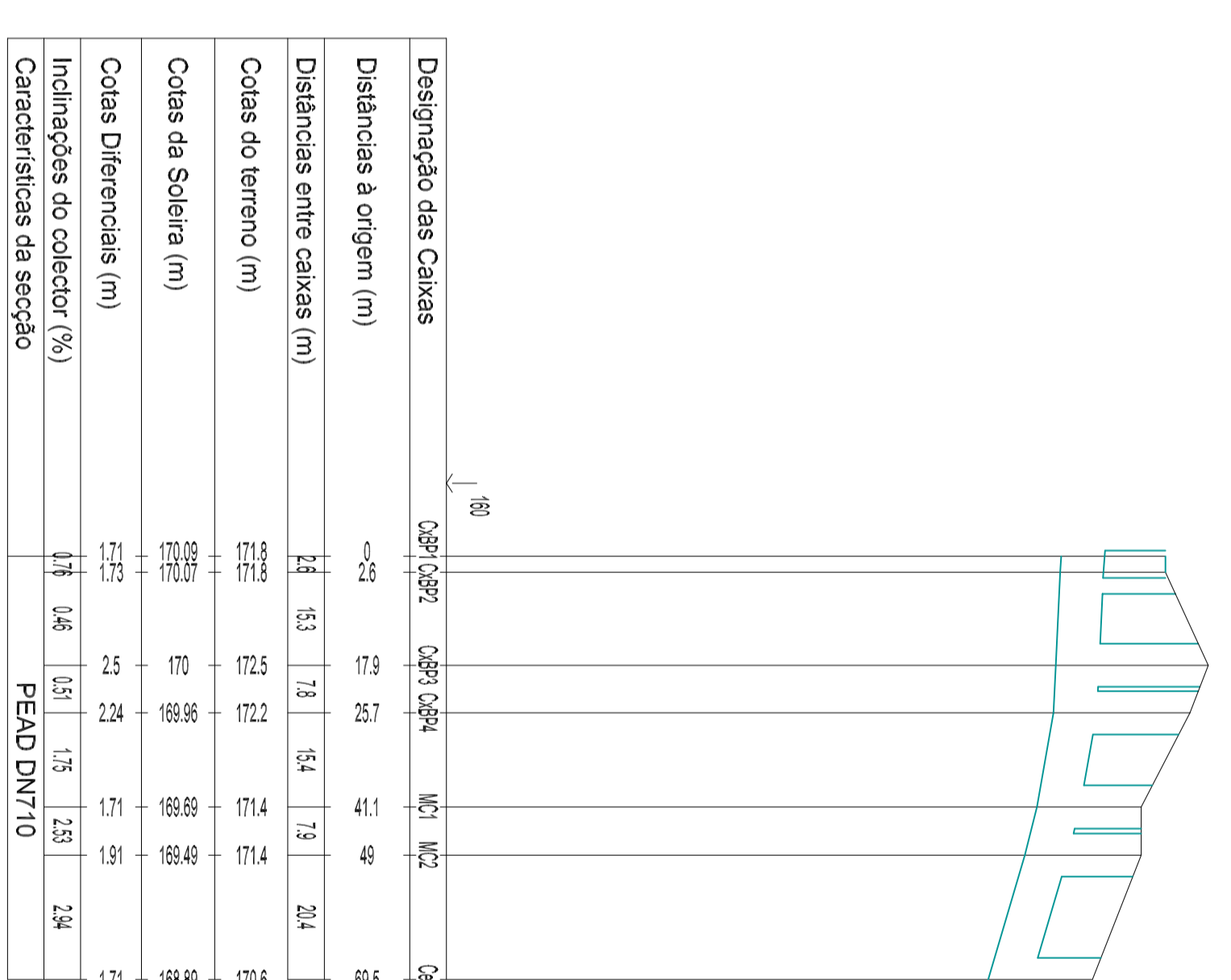


Empreitada de Concepção-Constuição da ETAR de Montemor

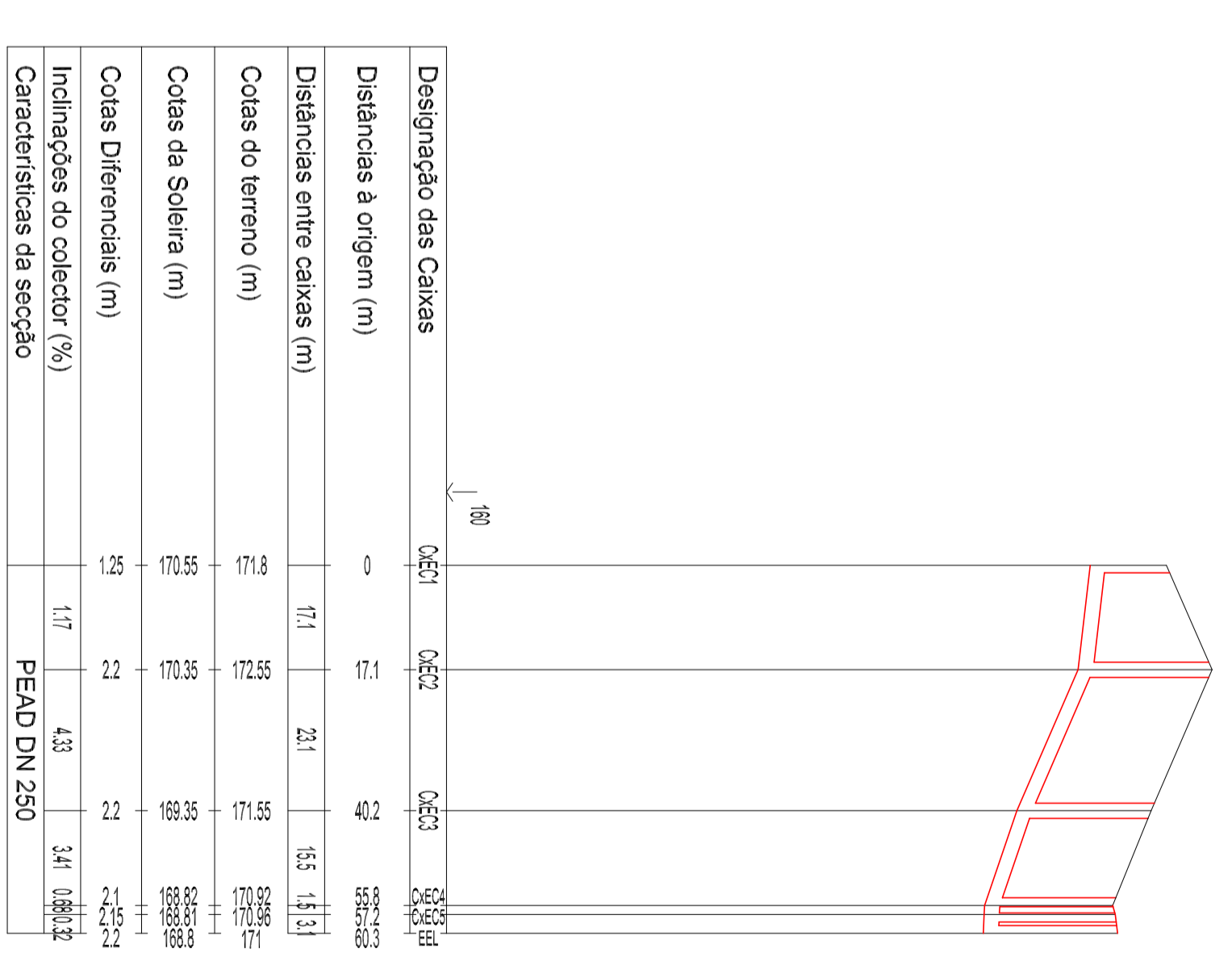
EXUTOR FINAL



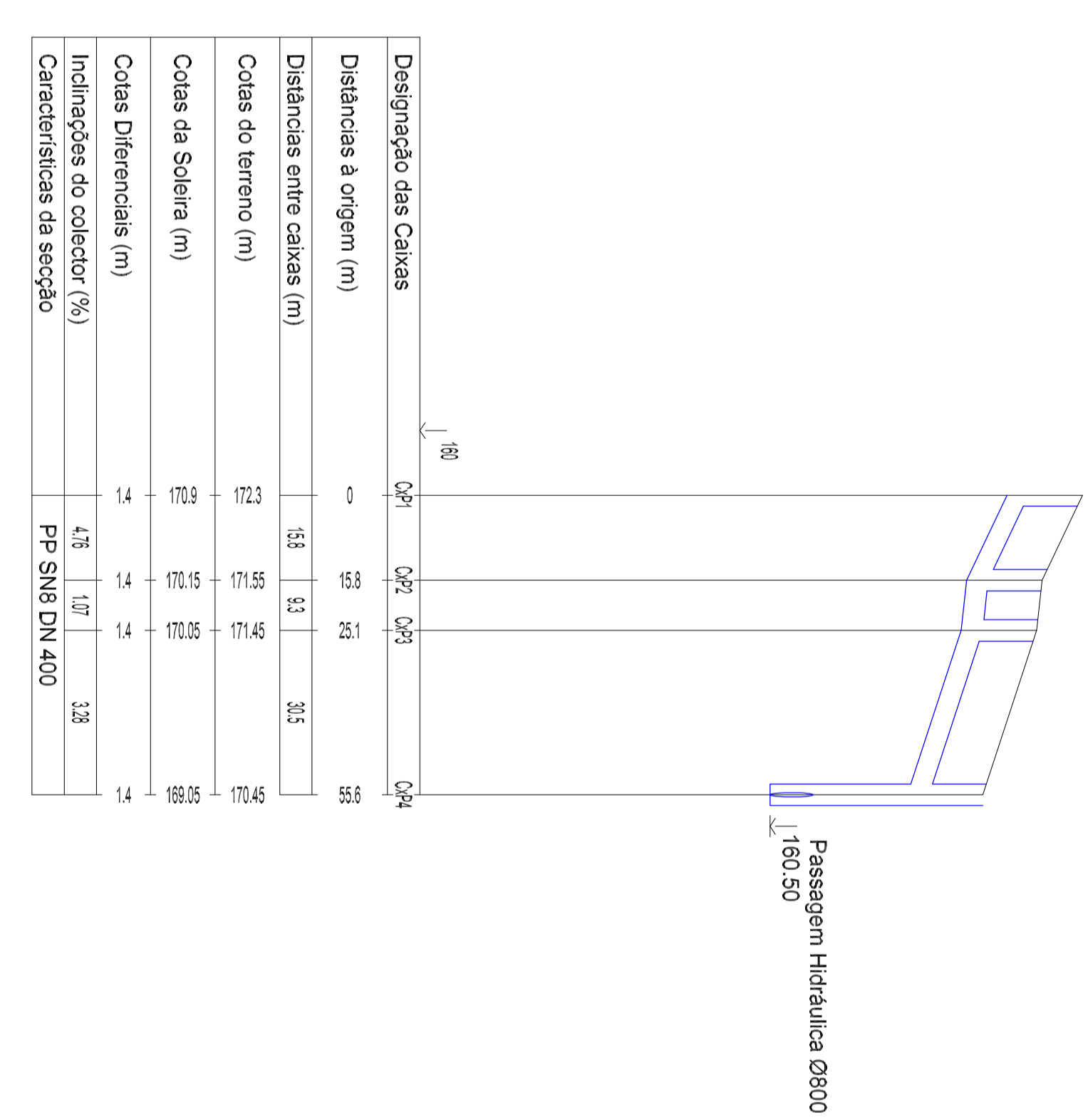
BYPASS-GERAL




ESCORRENÇAS



DRENAGEM DE AGUAS PLUVIAIS



Estado	Distrito	Comarca	Município
Comuna			
			
Título: Empreitada de Concepção - Construção da ETAR de Montemor			
Projeto	Execução	Supervisão	Revisão
Elaborado	Desenhado	Verificado	Assinado
2019	2019	2020	2020

ANEXOS B (DIAGRAMAS DE PROCESSO E PERFIL HIDRÁULICO):

- B00 – Lista de equipamentos.
- B01 – Diagrama processual: Receção de efluente de fossas sépticas.
- B02 – Diagrama processual: Pré-tratamento.
- B03 – Diagrama processual: Reator biológico.
- B04 – Diagrama processual: Decantador secundário.
- B05 – Diagrama processual: Espessador de lamas.
- B06 – Diagrama processual: Desidratação de lamas.
- B07 – Diagrama processual: Preparação de polímero.
- B08 – Diagrama processual: Armazenamento de lamas desidratadas.
- B09 – Diagrama processual: Descarga final do efluente tratado.
- B10 – Diagrama processual: Estação elevatória de escorrências.
- B11 – Diagrama processual: Higienização das lamas.
- B12 – Perfil hidráulico: Fase líquida.
- B13 – Perfil hidráulico gravítico – Linha de energia.

Anexo B00

Lista de equipamentos eletromecânicos

ETAR de Montemor											
Código Equip.	Descrição do equipamento	Spec & Volume	Dimensões (m)					Características			
			L	I	WL	H tot	D (mm)	m³/h	Kg O₂/h	bar	kW
B00	RECEÇÃO DE EFLUENTE DE LIMPA FOSSAS										
T 0001	3mm/desarenador)	AISI 316						40			0,93
C 0001	Contentor de gradados	1100 lts									
C 0002	Contentor de areias	1100 lts									
A 0001	Hidrojator submersível		2,6	2,6	2,75			12		0,3	1,5
P 0001	Bomba submersível							15		0,96	2,2
P 0002	Bomba submersível (reserva)							15		0,96	2,2
	Turco										
B01	PRÉ-TRATAMENTO										
T 0101	Caixa de Admissão		1	1							
T 0102	com grade manual 10mm (tempo retenção 3min)	AISI 304	10,5	1,25				162			1,48
T 0103	Concentrador de gorduras	AISI 304						8			1
K 0101	Soprador							8		0,1	0,25
K 0102	Soprador (reserva em armazém)							8		0,1	0,25
CC 0101	Contentor de gorduras	1100 lts									
	Contentor de gorduras (reserva)	1100 lts									
CC 0102	Contentor de gradados	5m³									
	Contentor de gradados (reserva)	5m³									
CC 0103	Contentor de areia	5m³									
CC 0103	Contentor de areia (reserva)	5m³									
B02	REATOR BIOLÓGICO ANÓXICO/AREJADO										
MX 0201	Agitador. Seletor 1		5,3	6	6						3
MX 0202	Agitador. Seletor 2		5,3	11,75	6						4,5
MX 0203	Agitador. Tanque arejado		17,95	17,95	6						10
MX 0204	Agitador. Tanque arejado		17,95	17,95	6						10
P 0201	Bomba recirculadora de nitratos							600		0,1	5
B03	AR DE PROCESSO										
K 0301	Soprador de arejamento							2350	200	0,6	75
K 0302	Soprador de arejamento (reserva)							2350	200	0,6	75
F 0301	Ventilador de exaustão		8,4	4,4	4,05			1496,88		0,1	0,3
K 0303	Compressor de usos gerais	RAC=24lts						11,4		8	1,5
A 0301	Grelha de arejamento								100		
A 0302	Grelha de arejamento								100		
	Diferencial										
	Ar condicionado na sala dos quadros eléctricos										
B04	DECANTADOR SECUNDÁRIO							17150			
PR 0401	Ponte raspadora	AISI 304						8575			0,55
B05	RECIRCULAÇÃO DE LAMAS										
P 0501	Bomba de recirculação de lam. Submersível							86		0,8	4
P 0502	Bomba de recirculação de lam. Submersível (reserva)							86		0,8	4
	Turco										
B06	LAMAS EM EXCESSO										
P 0601	Bomba de extração de lam. Submersível							9		0,9	1,5
P 0602	Bomba de extração de lam. Submersível (reserva)							9		0,9	1,5
B07	ESPESSAMENTO DAS LAMAS										
T 0701	Espessador gravítico				3			5550			
PR 0701	Grade de mistura	AISI 304			3			5550			1,1
B 08	DESIDRATAÇÃO DAS LAMAS										
P 0801	Bombas de parafuso de lam. espessadas							6,06		2	1,18
P 0802	Bombas de parafuso de lam. espessadas (reserva)							6,06		2	1,18
P 0803	Bombas de parafuso de lam. desidratadas com malaxador							0,76		2	0,82
P 0804	Bombas de parafuso de lam. desidratadas (reserva em armazém)							0,76		2	0,82
T 0801	Centrifuga	152KgMS/h a 2,5%									22
	Diferencial										
B09	PREPARAÇÃO DE POLÍMERO										
T 0901	Unidade de preparação de polímero	1500 lts									3,2
T 0902	Painel de diluição em linha							1,36			
P 0901	Bomba doseadora de polímero							1,36		2	0,85
P 0902	Bomba doseadora de polímero (reserva)							1,36		2	0,85
P 0903	Bomba doseadora de polímero							1,36		2	0,85

Lista de Instrumentação

ETAR de Montemor

Código Equip.	Descrição do instrumento	Caract.	Descrição	Gama de valores	Localização
B00	RECEÇÃO DE EFLUENTE DE LIMPA FOSSAS				
FC 0001	Medidor de caudal eletromagnético	DN150	40m3/h		T0001
LS 0001	Interruptor de nível. Bóia		nível mínimo		B00
LC 0001	Medidor de nível contínuo. Hidroestático			0-5m	B00
FC 0002	Medidor de caudal eletromagnético	DN100	5m3/h		P0001/P0002
PI 0001	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	P0001/P0002
SC 0001	Variador de frequência			25-100%	P0001
SC 0002	Variador de frequência			25-100%	P0002
B01	PRÉ-TRATAMENTO				
LS 0101	Interruptor de nível. Bóia		nível máximo		T0103
FC 0101	Medidor de caudal eletromagnético	DN350	162m3/h		T0103
PI 0101	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	K0101
B02	REATOR BIOLÓGICO ANÓXICO/AREJADO				
PR 0201	Medidor de potencial Redox			-100mv - +100mv	B02
PR 0202	Medidor de potencial Redox			-100mv - +100mv	B02
PR 0203	Medidor de potencial Redox			-100mv - +100mv	B02
LS 0201	Interruptor de nível. Bóia		nível mínimo		B02
O2 0201	Medidor de oxigénio			0 – 10mg/l	B02
B03	AR DE PROCESSO				
PI 0301	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	K0301
PI 0302	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	K0302
FC 0301	Medidor de caudal eletromagnético	DN300	2350m3/h		K0301/K0302
B04	DECANTADOR SECUNDÁRIO				
B05	RECIRCULAÇÃO DE LAMAS				
FC 0501	Medidor de caudal eletromagnético	DN150	85m3/h		P0501/P0502
LC 0501	Medidor de nível contínuo. Ultra-sónico			0-6m	B05/B06
B06	LAMAS EM EXCESSO				
FC 0601	Medidor de caudal eletromagnético	DN100	9m3/h		P0601/P0602
B07	ESPESSAMENTO DAS LAMAS				
LS 0701	Interruptor de nível. Bóia		nível mínimo		B07
LS 0702	Interruptor de nível. Bóia		nível máximo		B07
B 08	DESIDRATAÇÃO DAS LAMAS				
FC 0801	Medidor de caudal eletromagnético	DN65	3,45m3/h		P0801/P0802
LC 0801	Medidor de nível contínuo. Ultra-sónico			0-1m	P0803
PS 0801	Indicador de pressão. Pressostato			1bar vacuum – 100bar	P0803
SC 0801	Variador de frequência			25-100%	P0801
SC 0802	Variador de frequência			25-100%	P0802
B09	PREPARAÇÃO DE POLÍMERO				
LC 0901	Medidor de nível contínuo. Hidroestático			0-2m	T0901
PI 0901	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	P0901/P0902
PI 0901	Indicador de pressão . Manómetro			1bar vacuum – 100bar	P0903
SC 0901	Variador de frequência			25-100%	P0901
SC 0902	Variador de frequência			25-100%	P0902
SC 0903	Variador de frequência			25-100%	P0903
B10	ARMAZENAMENTO DAS LAMAS DESIDRATADAS				
LS 1001	Interruptor de nível		nível máximo		T1001
LS 1002	Interruptor de nível		nível mínimo		T1001
LC 1001	Medidor de nível contínuo. Ultra-sónico			0-5m	T1001
B11	DESCARGA FINAL DO EFLUENTE TRATADO				
LS 1101	Interruptor de nível. Bóia		nível mínimo		T1101
LS 1102	Interruptor de nível. Bóia		nível mínimo		T1102
LC 1101	Medidor de nível contínuo. Ultra-sónico			0-5m	T1103
FC 1101	Medidor de caudal eletromagnético	DN80	20m3/h		HD1101
FC 1102	Medidor de caudal eletromagnético	DN250	162m3/h		T1101

Lista de Instrumentação

ETAR de Montemor

Código Equip.	Descrição do instrumento	Caract.	Descrição	Gama de valores	Localização
FC 1103	Medidor de caudal eletromagnético	DN550	500m3/h		B11
B12	ESTAÇÃO ELEVATORIA DE ESCORRENCIAS				
FC 1201	Medidor de caudal eletromagnético	DN100	20m3/h		P1201/P1202
LC 1201	Medidor de nível contínuo. Ultra-sónico			0-6m	B12
SC 1201	Variador de frequência			25-100%	P1201
SC 1202	Variador de frequência			25-100%	P1202
B13	HIGIENIZAÇÃO DAS LAMAS (2ª fase)				
LS 1301	Interruptor de nível – palhetas		nível máximo		T1301
LS 1302	Interruptor de nível – palhetas		nível mínimo		T1301
LS 1303	Interruptor de nível – palhetas		nível alarme		T1301
LC 1301	Medidor de nível contínuo.Radar			0-5m	T1301
PS 0801	Indicador de pressão. Pressostato			1bar vacuum – 100bar	T1301

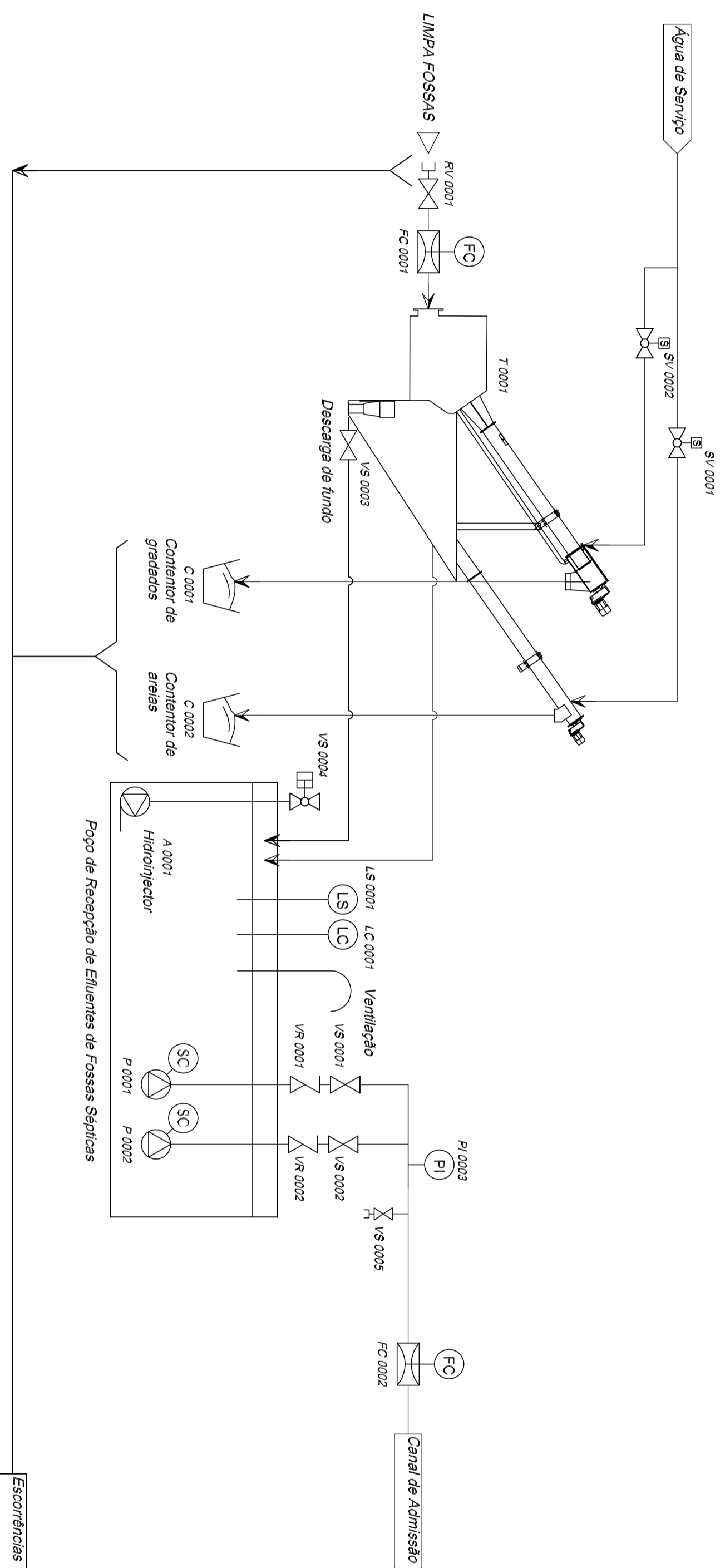
Lista de válvulas						
ETAR de Montemor						
Código Válvula	Descrição da válvula	Circuito		Dados		
				DN	PN	Operação
B00	RECEÇÃO DE EFLUENTE DE LIMPA FOSSAS					
RV 0001	Válvula de ligação rápida. Y – 2 tipos	Limpa-Fossas	T0001	150	10	manual
VR 0001	Válvulas de retenção. Bola	P0001	T0101	100	10	
VR 0002	Válvulas de retenção. Bola	P0002	T0101	100	10	
VS 0001	Válvula de seccionamento. Cunha	P0001	T0101	100	10	manual
VS 0002	Válvula de seccionamento. Cunha	P0002	T0101	100	10	manual
VS 0003	Válvula de seccionamento. Cunha	T0001	Desc. fundo	100	10	manual
VS 0004	Válvula de seccionamento. Borboleta	A0001		100	10	Pneumática
VS 0005	Válvula de seccionamento. Macho esférico + ligação storz	Água de Serviço	P0001/P0002	1"	10	manual
SV 0001	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0001	25	10	
SV 0002	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0001	25	10	
B01	PRÉ-TRATAMENTO					
VS 0101	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0101	T0102	350	10	Pneumática / Modulante
VS 0102	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0102	B02	350	10	manual
VS 0103	Válvula de seccionamento. Cunha	T0102	Desc. fundo	100	10	manual
VS 0104	Válvula de seccionamento. Cunha	T0103	Escorrências	100	10	manual
VS 0105	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0102	By-pass	350	10	manual
VS 0106	Válvula de seccionamento. Punho	K0101	T0102	25	10	manual
SV 0101	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0102	25	10	
SV 0102	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0102	25	10	
B02	REATOR BIOLÓGICO ANÓXICO/AREJADO					
VS 0201	Válvula de seccionamento. Borboleta	B01	B02	350	10	Pneumática
VS 0202	Válvula de seccionamento. Borboleta	B01	B02	350	10	Pneumática
B03	AR DE PROCESSO					
VS 0301	Válvula de seccionamento. Borboleta	K0301	B02	300	10	manual
VS 0302	Válvula de seccionamento. Borboleta	K0302	B02	300	10	manual
VS 0303	Válvula de seccionamento. Borboleta	K0301/K0302	B02	200	10	manual
VS 0304	Válvula de seccionamento. Punho	Ácido Fórmico	B02	25	10	manual
VS 0305	Válvula de seccionamento. Borboleta	K0301/K0302	B02	200	10	manual
VS 0306	Válvula de seccionamento. Punho	Ácido Fórmico	B02	25	10	manual
VS 0307	Válvula de seccionamento. Macho esférico	B02	Purga	25	10	manual
VS 0308	Válvula de seccionamento. Macho esférico	B02	Purga	25	10	manual
VR 0301	Válvula de retenção	K0301	B02	300	10	
VR 0302	Válvula de retenção	K0302	B02	300	10	
B04	DECANTADOR SECUNDÁRIO					
VS 0403	Válvula de seccionamento. Cunha	B04	B05	150	10	manual
B05	RECIRCULAÇÃO DE LAMAS					
VS 0501	Válvula de seccionamento. Cunha	P0501	B02	150	10	manual
VS 0502	Válvula de seccionamento. Cunha	P0502	B02	150	10	manual
VR 0501	Válvula de retenção.	P0501	B02	150	10	
VR 0502	Válvula de retenção.	P0502	B02	150	10	
B06	LAMAS EM EXCESSO					
VS 0601	Válvula de seccionamento. Cunha	P0601	T0701	100	10	manual
VS 0602	Válvula de seccionamento. Cunha	P0602	T0701	100	10	manual
VR 0601	Válvula de retenção.	P0601	T0701	100	10	
VR 0602	Válvula de retenção.	P0602	T0701	100	10	
B07	ESPESSAMENTO DAS LAMAS					
RV 0702	Válvula de ligação rápida	B07	Limpa-fossas	100	10	manual
VS 0701	Válvula de seccionamento. Cunha	B07	B08	100	10	manual
B 08	DESIDRATAÇÃO DAS LAMAS					
VS 0801	Válvula de seccionamento. Punho	Água de Serviço	B08	32	10	manual
VS 0802	Válvula de seccionamento. Cunha	P0803	B10	150	10	manual

Lista de válvulas


ETAR de Montemor

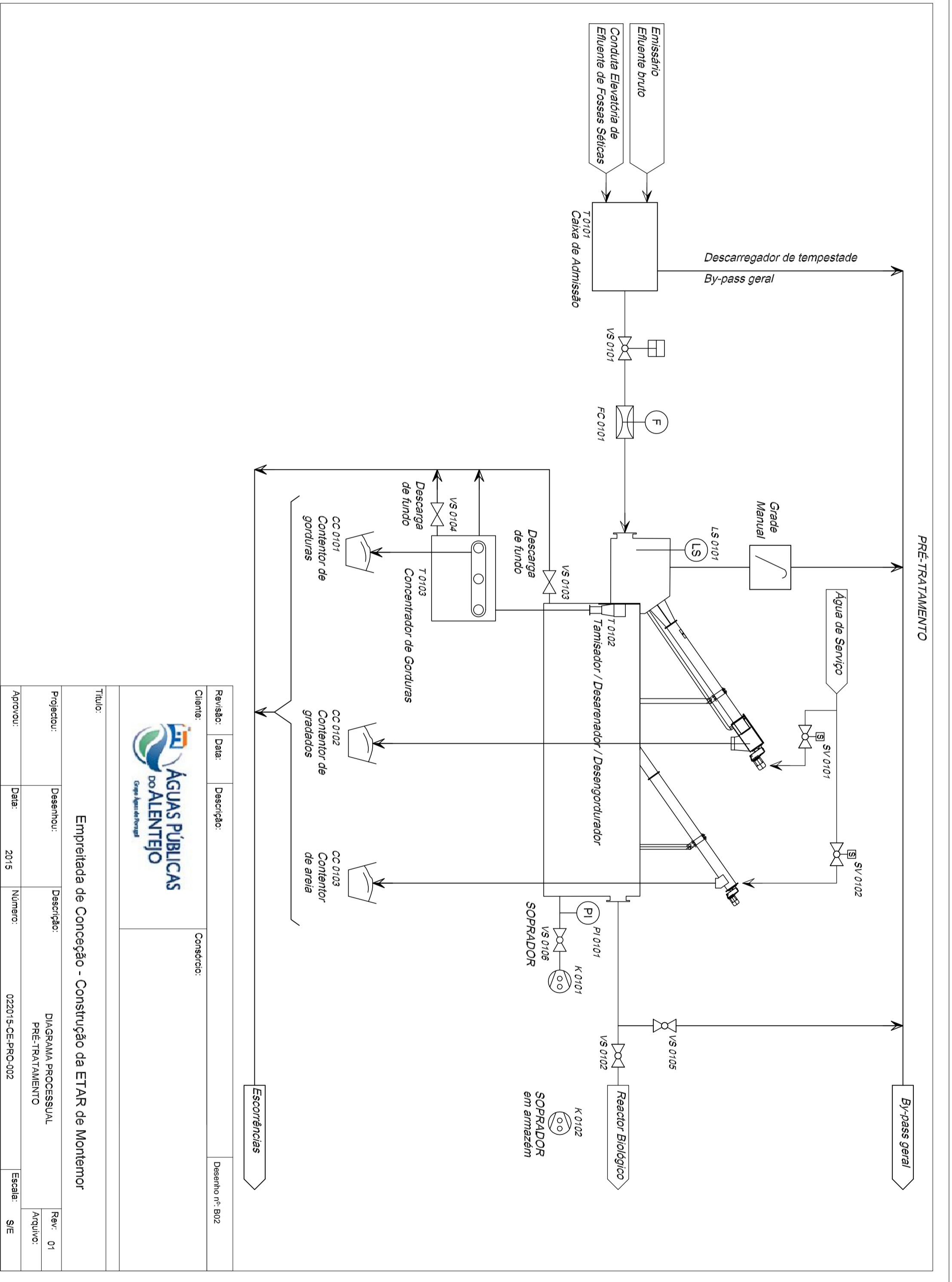
Código Válvula	Descrição da válvula	Circuito		Dados		
				DN	PN	Operação
VS 0803	Válvula de seccionamento. Cunha	B07	P0801	80	10	manual
VS 0804	Válvula de seccionamento. Cunha	P0801	T0801	65	10	manual
VS 0805	Válvula de seccionamento. Cunha	B07	P0802	80	10	manual
VS 0806	Válvula de seccionamento. Cunha	P0802	T0801	65	10	manual
SV 0801	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	P0801/P0802	25	10	
SV 0802	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	P0803	25	10	
B09	PREPARAÇÃO DE POLÍMERO					
SV 0901	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0901	25	10	
SV 0902	Válvula de água de serviço. Solenóide	Água de Serviço	T0902	25	10	
VS 0901	Válvula de seccionamento. Punho	T0901	P0901	3/4"	10	manual
VS 0902	Válvula de seccionamento. Punho	P0901	T0902	3/4"	10	manual
VS 0903	Válvula de seccionamento. Punho	T0901	P0902	3/4"	10	manual
VS 0904	Válvula de seccionamento. Punho	P0902	T0902	3/4"	10	manual
VS 0905	Válvula de seccionamento. Punho	T0901	P0903	3/4"	10	manual
VS 0906	Válvula de seccionamento. Punho	P0903	T0902	3/4"	10	manual
VS 0907	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0902	P0801/P0802	3/4"	10	manual
VS 0908	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0902	T0801	3/4"	10	manual
VS 0909	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0902	T0801	3/4"	10	manual
VS 0910	Válvula de seccionamento. Borboleta	T0902	P0803	3/4"	10	manual
VR 0901	Válvula de retenção	P0901	T0902	3/4"	10	
VR 0902	Válvula de retenção	P0902	T0902	3/4"	10	
VR 0903	Válvula de retenção	P0903	T0902	3/4"	10	
VR 0904	Válvula de retenção	T0902	P0801/P0802/T0801	3/4"	10	
VR 0905	Válvula de retenção	T0902	P0803	3/4"	10	
B10	ARMAZENAMENTO DAS LAMAS DESIDRATADAS					
VS 1001	Válvula de seccionamento. Borboleta	P0803	T1001	150	10	Pneumática
VS 1002	Válvula de seccionamento. Borboleta	P0803	Escorrências	150	10	Pneumática
B11	DESCARGA FINAL DO EFLUENTE TRATADO					
VS 1101	Válvula de seccionamento. Cunha.	P1101	F1101	80	10	manual
VS 1102	Válvula de seccionamento. Borboleta	P1101	T1103	80	10	manual
VS 1103	Válvula de seccionamento. Borboleta	P1101	F1101	80	10	manual
VS 1104	Válvula de seccionamento. Borboleta	F1101	T1103	80	10	manual
VS 1105	Válvula de seccionamento. Borboleta	F1101	Escorrências	80	10	manual
VS 1106	Válvula de seccionamento. Borboleta	T1103	Escorrências	80	10	manual
VS 1107	Válvula de seccionamento. Borboleta	Água de Serviço	T1103	25	10	manual
VS 1108	Válvula de seccionamento. Borboleta	HID1108	Água de Serviço	80	10	manual
VS 1109	Válvula de seccionamento. Borboleta	T1102	T1103	80	10	manual
VR 1101	Válvula de retenção	P1101	F1101	80	10	
VR 1102	Válvula de pé	T1103	HID1101	80	10	
VR 1103	Válvula de maré	T1101	Descarga final	550	10	
B12	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESCORRÊNCIAS					
VS 1201	Válvula de seccionamento. Cunha.	P1201	B02	100	10	manual
VS 1202	Válvula de seccionamento. Cunha.	P1201	B02	100	10	manual
VR 1201	Válvula de retenção	P1201	B02	100	10	
VR 1202	Válvula de retenção	P1201	B02	100	10	
B13	HIGIENIZAÇÃO DAS LAMAS (2ª fase)					

RECEÇÃO DE LIMPA FOSSAS



Escurricias

Revisão:	Data:	Descrição:	Construtor:	Desenho nº: B01
Cliente:		 <p>ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO</p>		
<p>Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor</p>				
Projector:	Desenhou:	Descrição:	Rev: 01	Arquivo:
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-PRO-001	Escala: S/E	
		RECEÇÃO DE EFLUENTE DE FOSSAS SÉTICAS		

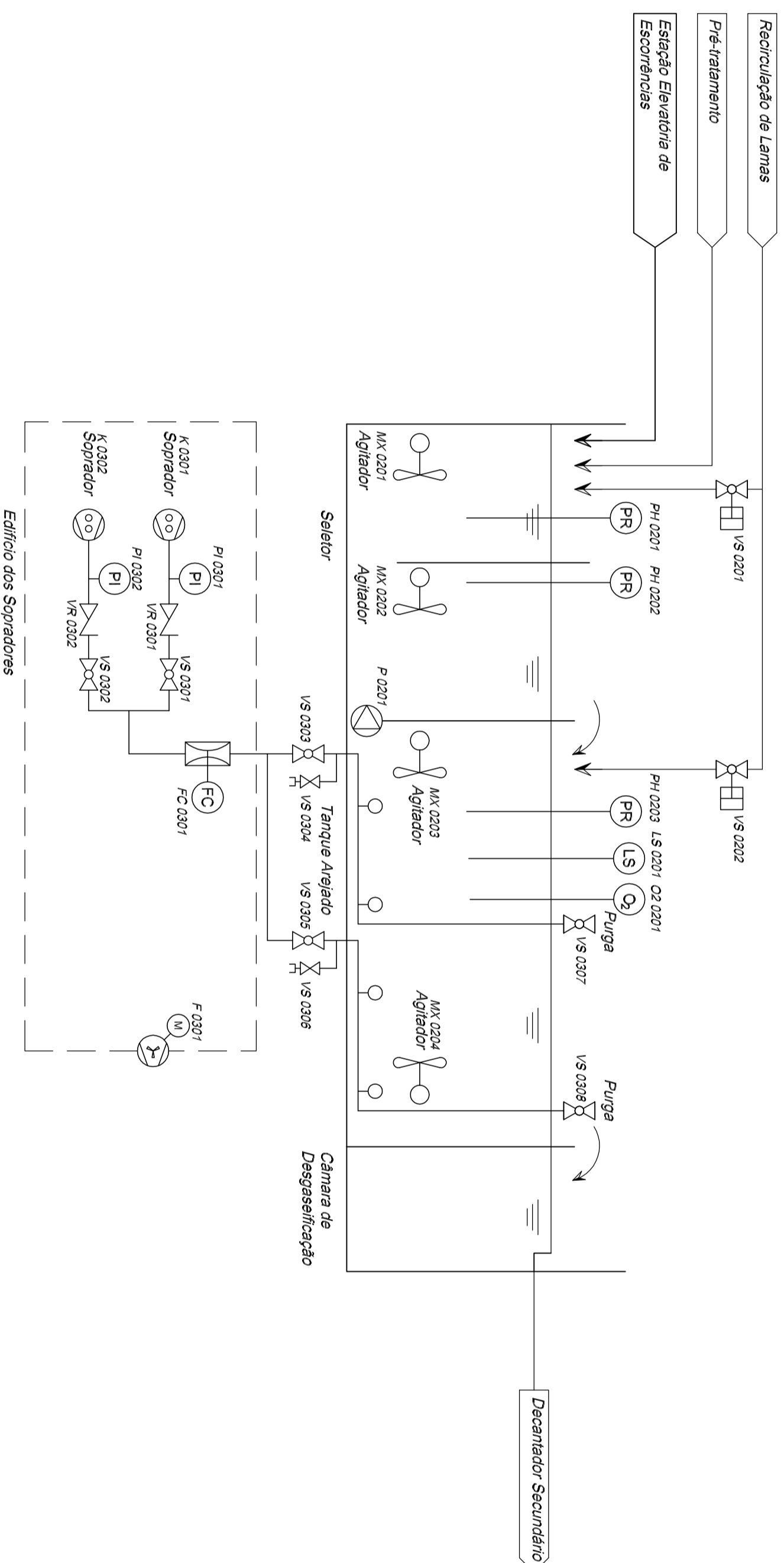



Revisão:	Data:	Descrição:	Construtor:	Desenho nº: B02
Cliente:				



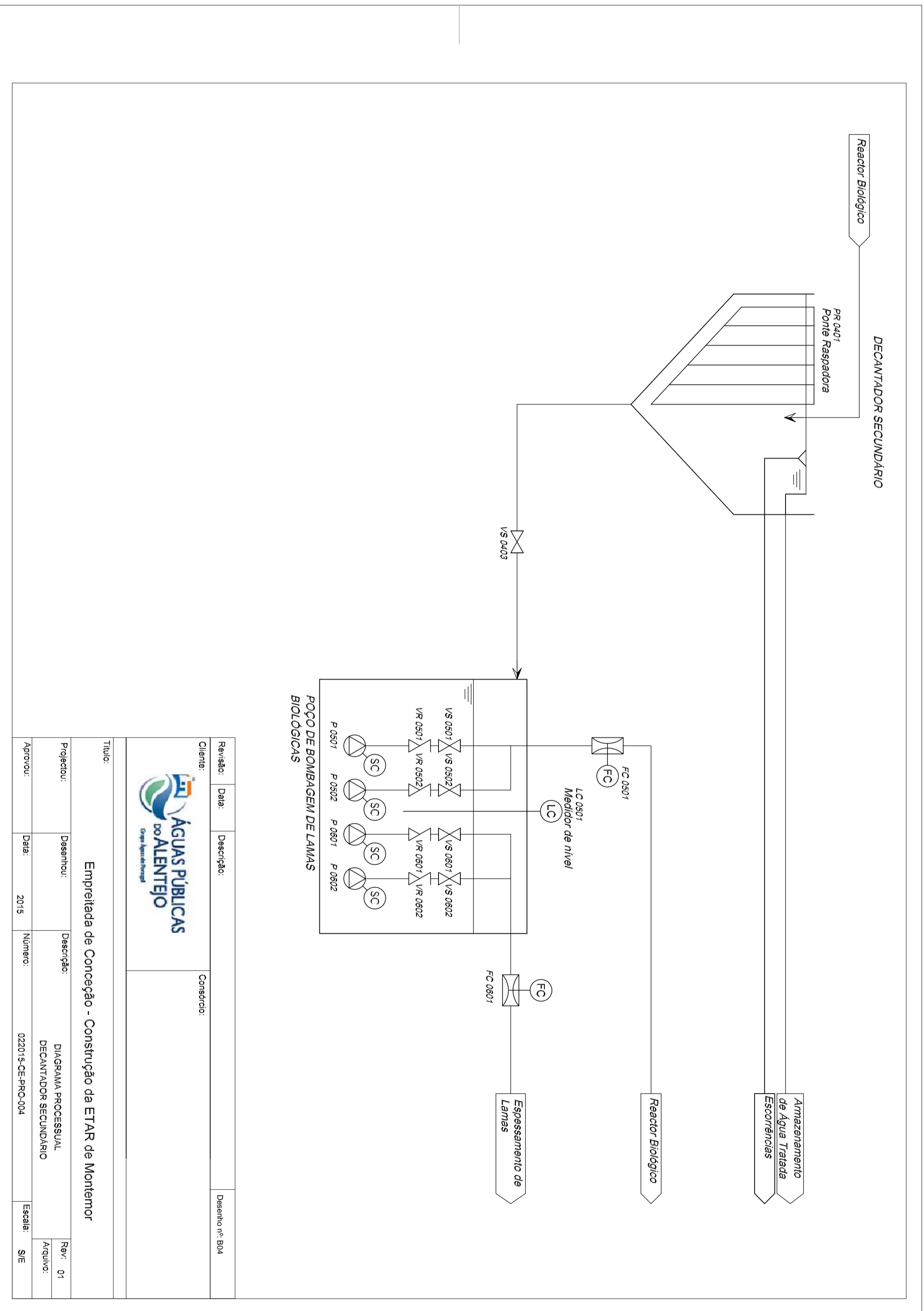
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projector:	Desenhou:	Descrição:	DIAGRAMA PROCESSUAL PRÉ-TRATAMENTO	
Aprovou:	Data: 2015	Número:	022015-CE-PRO-002	Escala: S/E
			Rev: 01	Arquivo:


REACTOR ANOXICO/REJADO



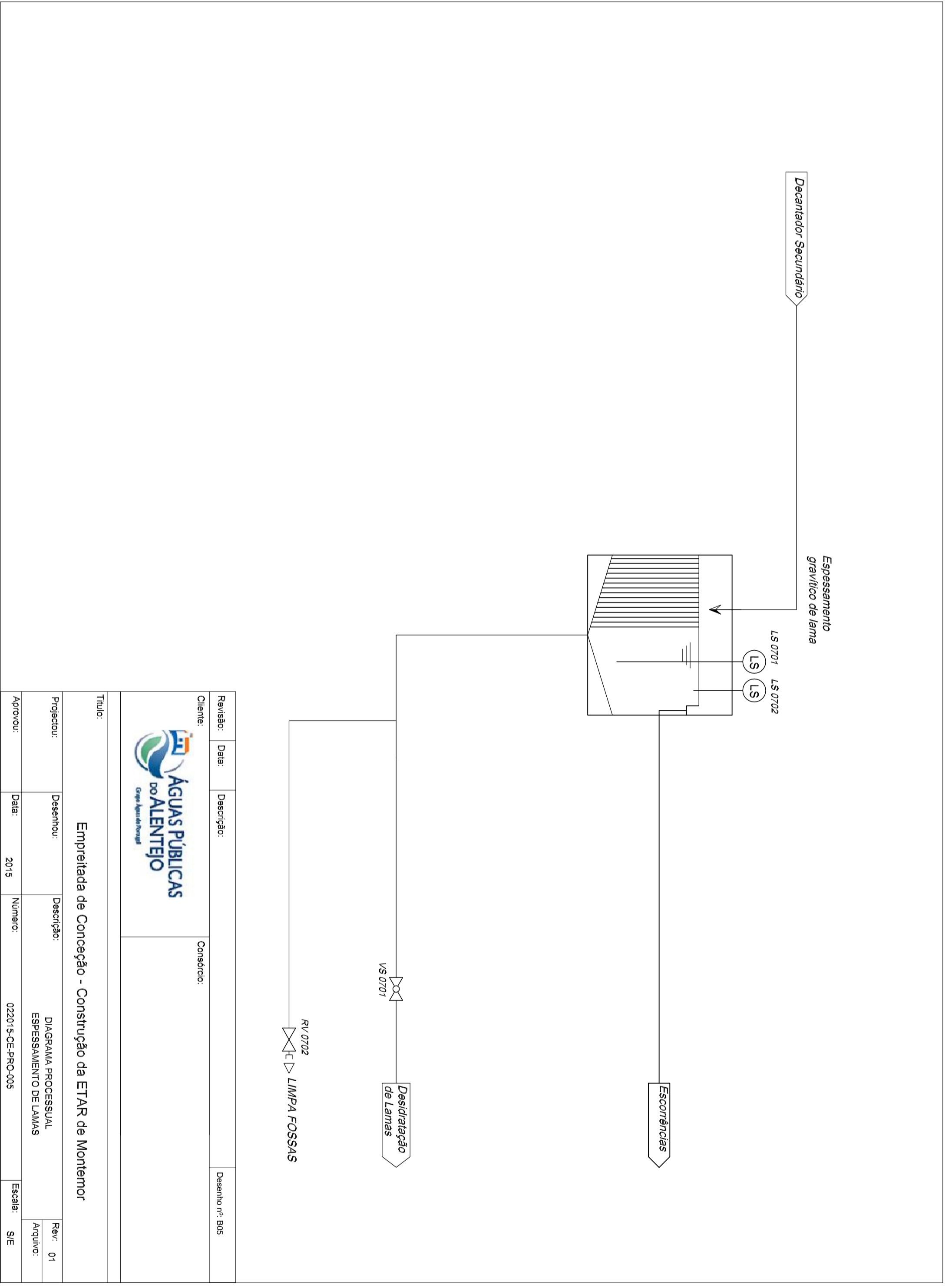
Revisão:	Data:	Descrição:	Consórcio:	Desenho nº: B03
Cliente:  Grupo Águas do Alentejo				


Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projector:	Desenhou:	Descrição:	Rev. 01	Arquivo:
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-PRC-003	Escala: S/E	

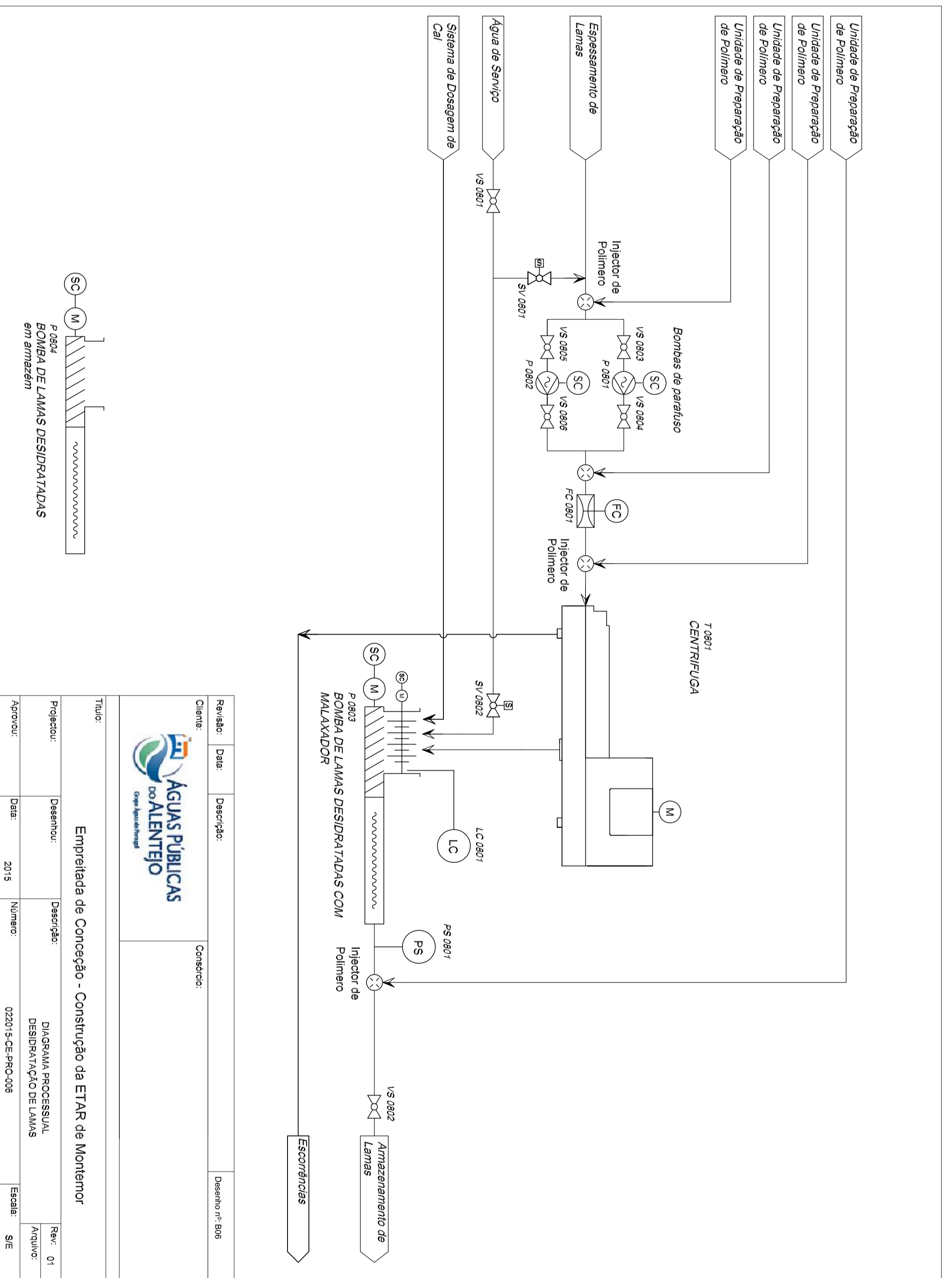



Revisão:	Data:	Descrição:	Construção:	Desenho n.º: B04
Cliente:	 ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO <small>Orgão Municipal de Abastecimento</small>			

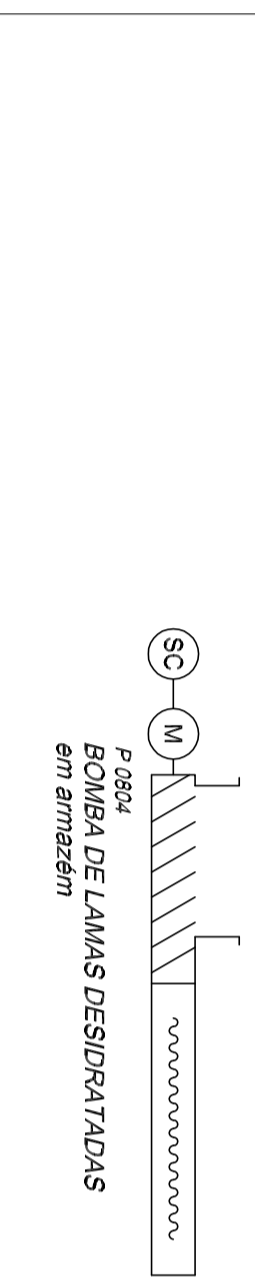
Título:				
Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projecto:	Desenho:	Descrição:	Rev.:	01
Approva:	Data:	2015	Número:	022015-CE-PRO-004
				Arquivo:
				Escala:
				S/E

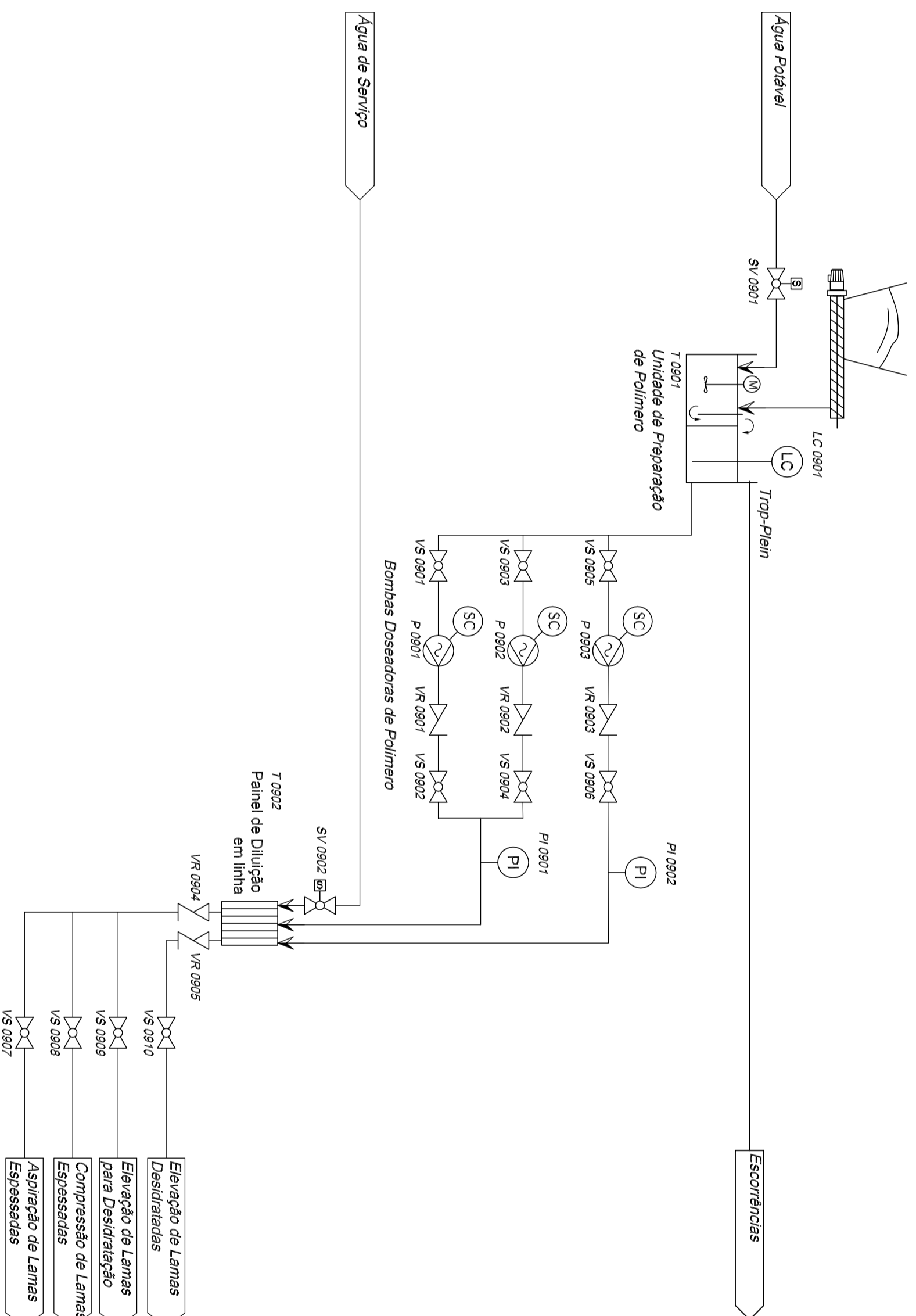



Revisão:	Data:	Descrição:	Condição:	Desenho nº:	B05
Cliente:  Grupo Águas do Alentejo					
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor					
Projector:	Desenhou:	Descrição:	DIAGRAMA PROCESSUAL ESPESAMENTO DE LAMAS		Rev.: 01
Aprovou:	Data:	Número:	022015-CE-PRC-005		Arquivo:
	2015				Escala: S/E

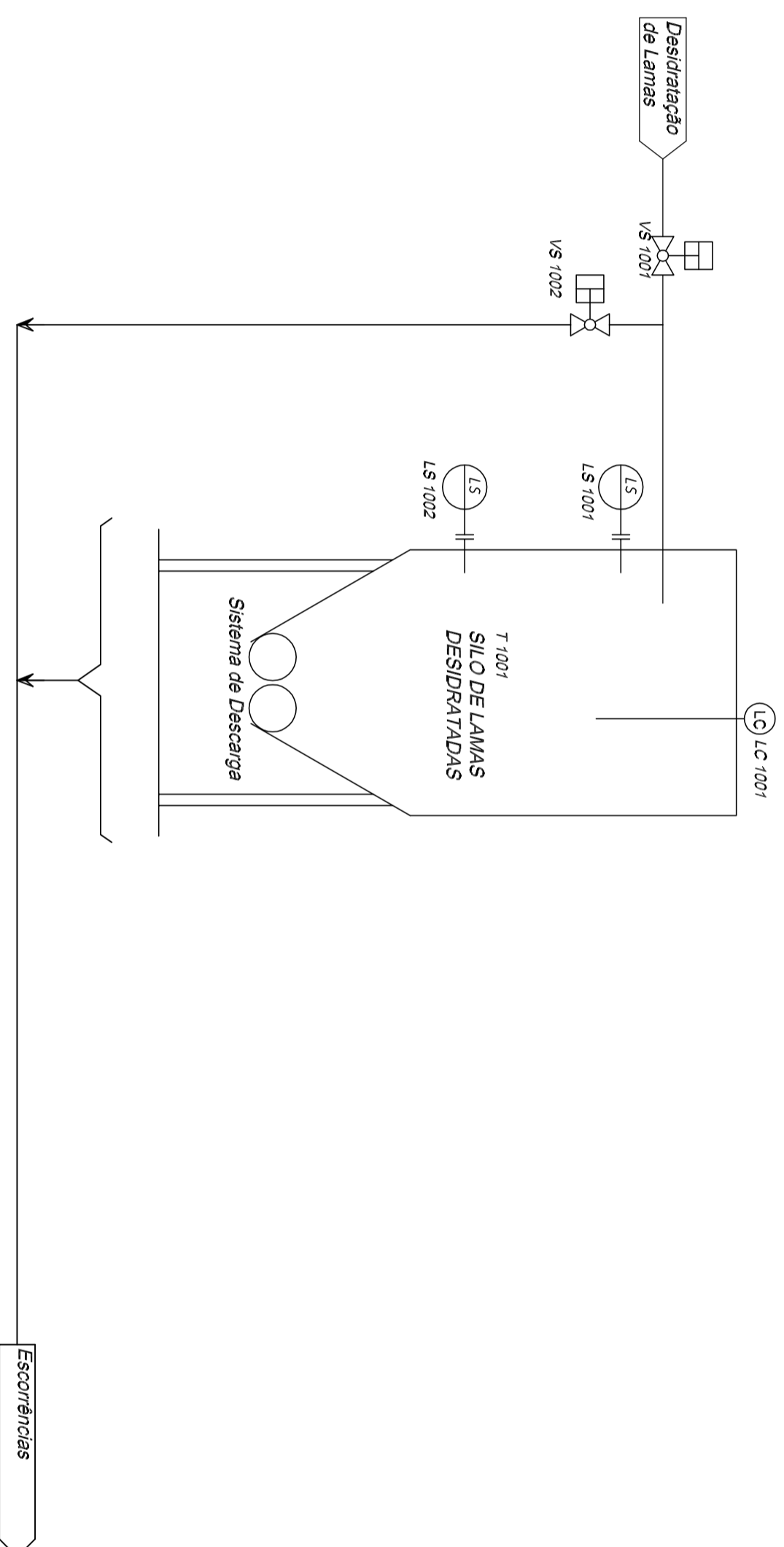



Revisão:	Data:	Descrição:	Consortio:	Desenho nº: B06
Cliente:		 ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO <small>Comunidade Intermunicipal</small>		
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projecto:	Desenho:	Descrição:	Rev: 01 Arquivo:	
Aprovou:	Data:	Número:	Escala: S/E	
	2015	022015-CE-PRO-006		

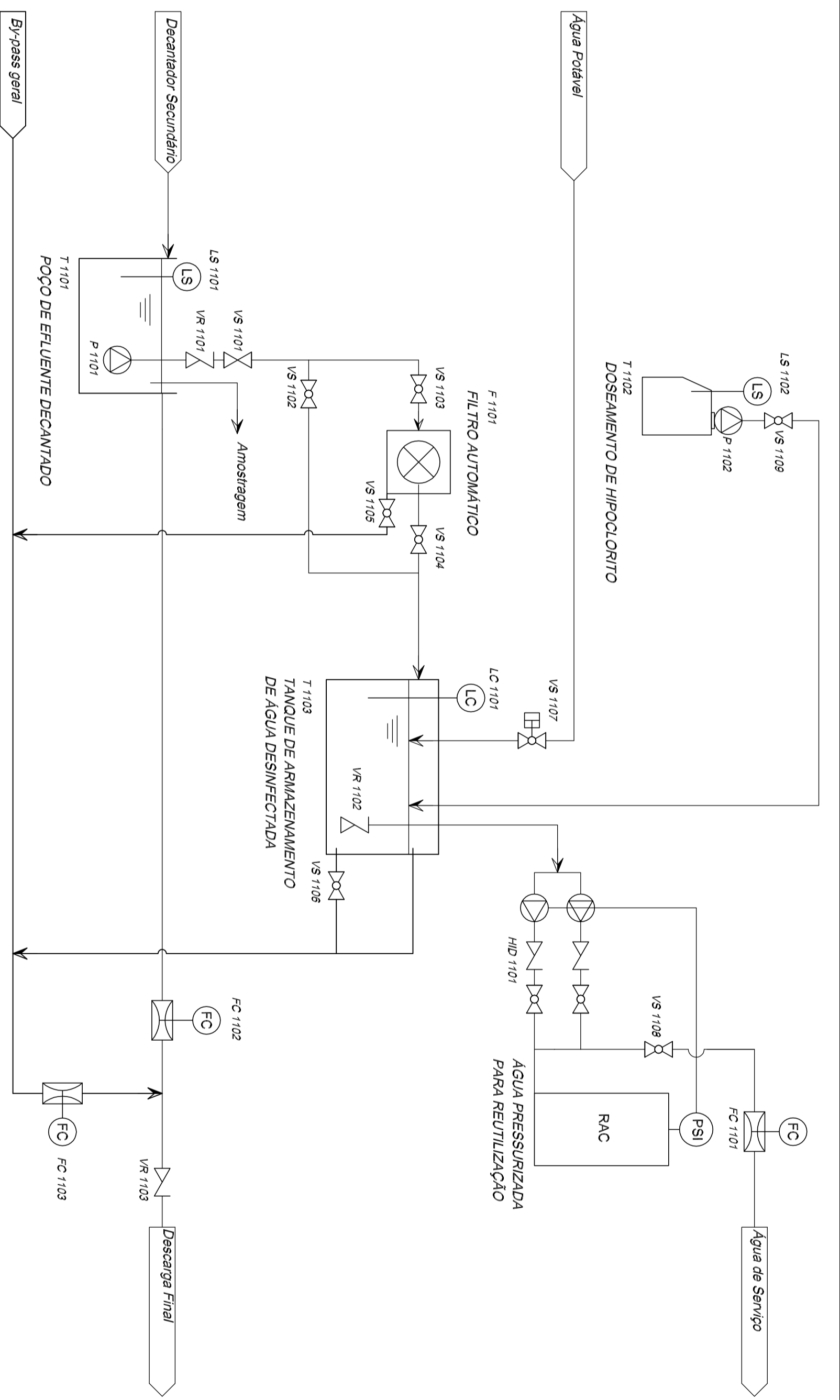




Revisão:	Data:	Descrição:	Consórcio:	Desenho nº: B07
 ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO <small>Comunidade Intermunicipal</small>				
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projecção:	Desenhou:	Descrição:	Rev: 01	
Aprovou:	Data:	Número:	Arquivo:	
	2015	022015-CE-PRO-007	Escala:	S/E
		DIAGRAMA PROCESSUAL		
		PREPARAÇÃO DE POLÍMERO		

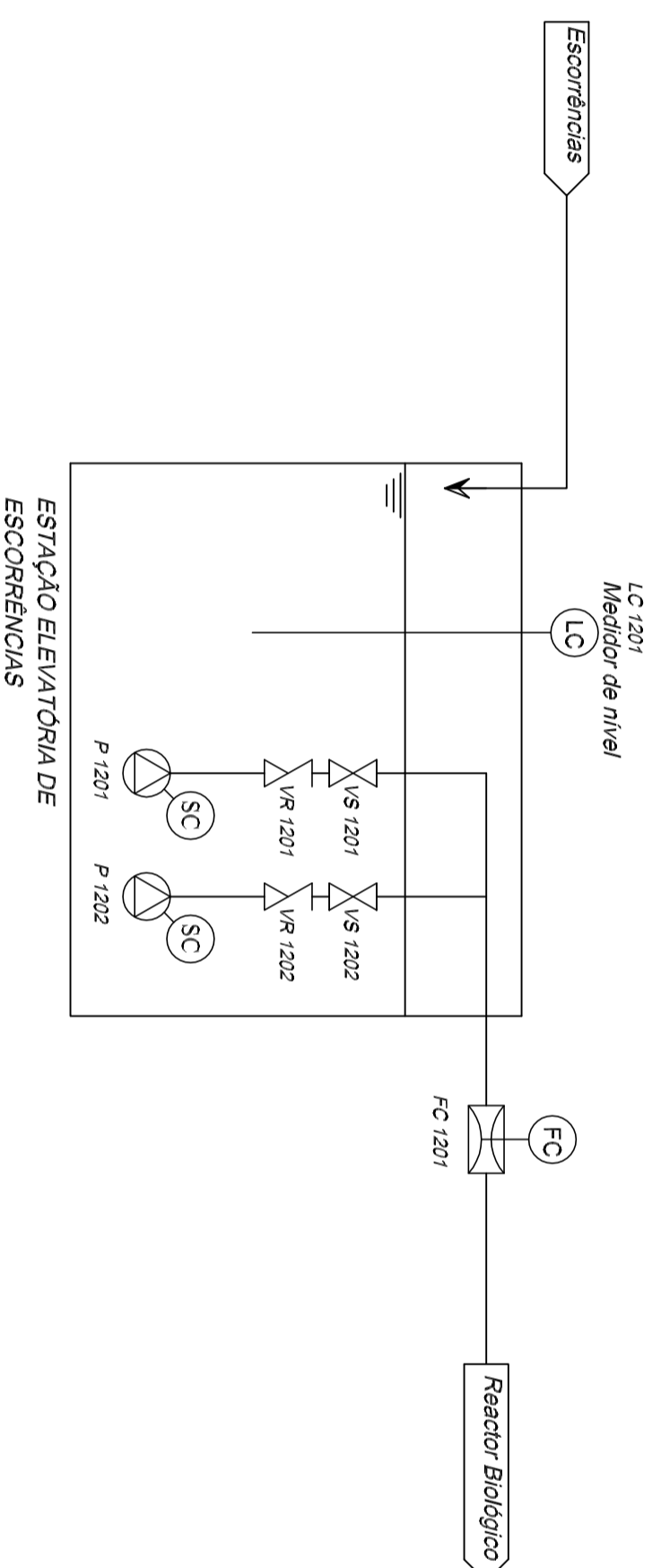


Revisão:	Data:	Descrição:	Construtor:	Desenho nº: B08
<p>  ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO <small>Organismo Autónomo</small> </p>				
<p> Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor </p>				
Projetou:	Desenhou:	Descrição:	DIAGRAMA PROCESSUAL ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESLAMATADAS	Rev: 01
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-PRO-008	Arquivo:	Arquivo:
				Escala: S/E




Revisão:	Data:	Descrição:	Consórcio:	Desenho nº: B09
Cliente: AGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO <small>Comp. Municipal de Engenharia</small>				

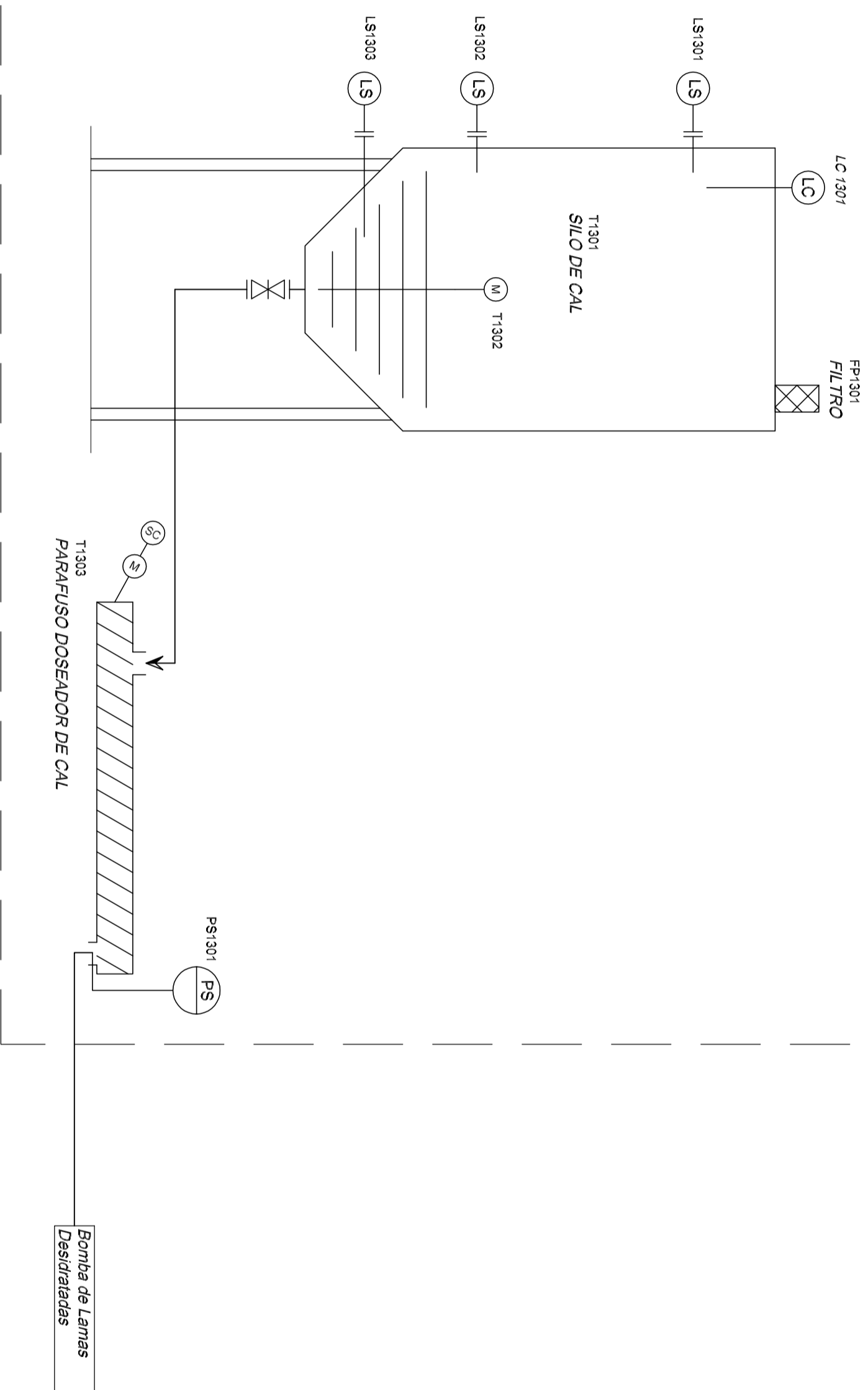
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projeção:	Desenhou:	Descrição:	Rev.: 01	Arquivo:
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-PRO-009	Escala: S/E	




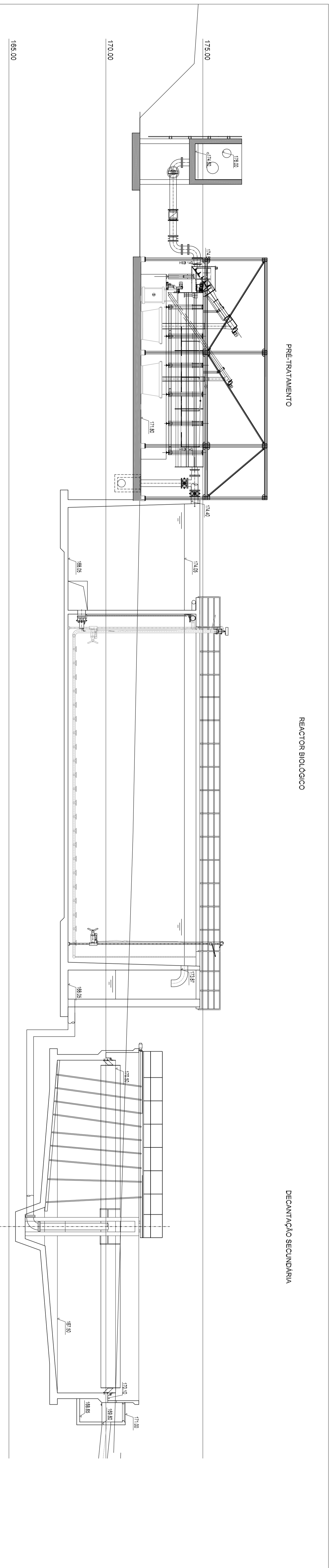
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE
ESCORRÊNCIAS

Revisão:	Data:	Descrição:	Condição:	Desenho nº: B10
Cliente:		 <p>ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO Gestão Águas do Alentejo</p>		
Título: Empreitada de Conceção - Construção da ETAR de Montemor				
Projecto:	Desenhou:	Descrição:	Rev.: 01	Arquivo:
Aprovou:	Data: 2015	Número: 022015-CE-PRO-010	Escala: S/E	

HIGIENIZAÇÃO DAS LAMAS (2ª FASE)

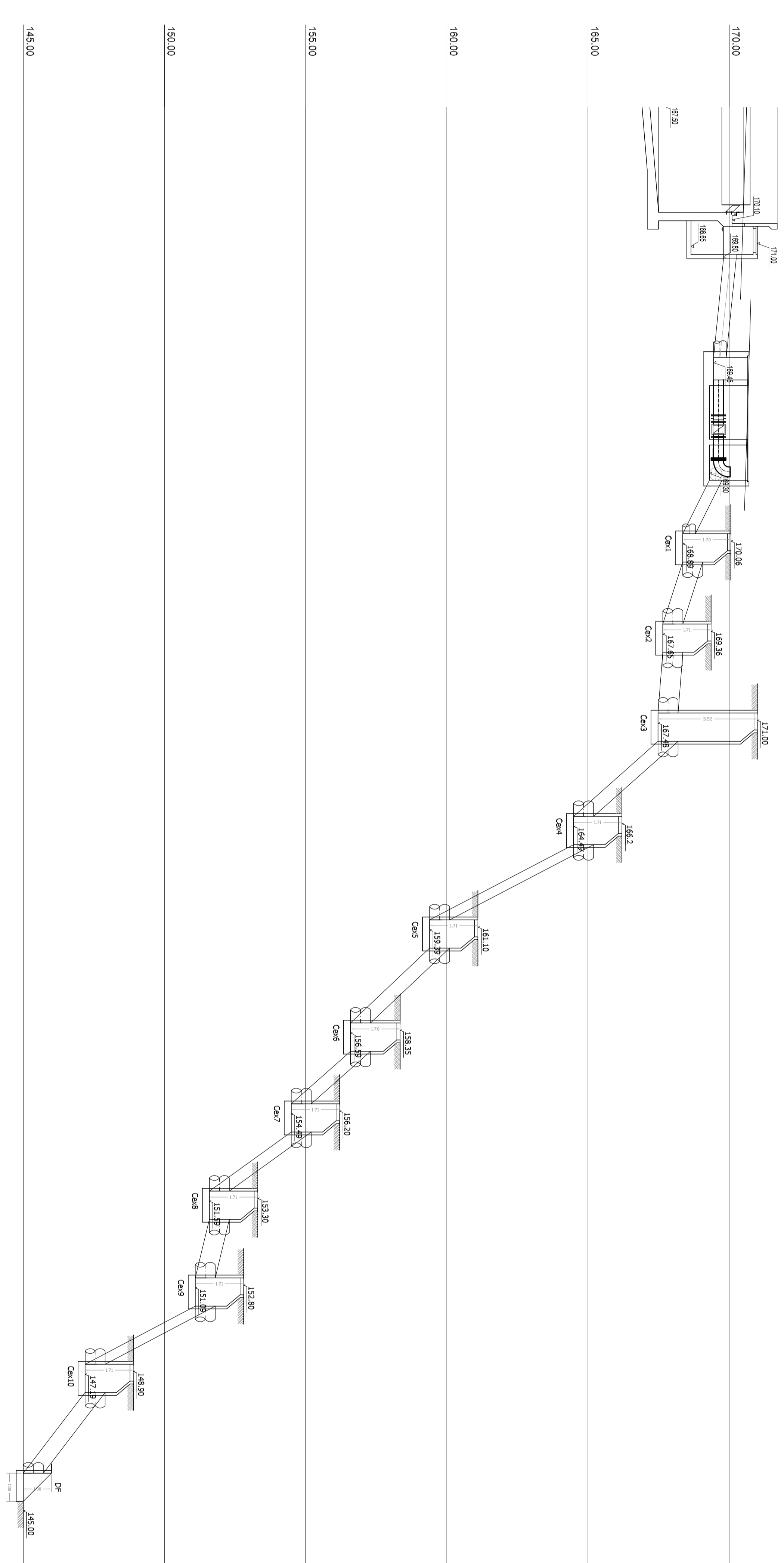


Revisão:	Data:	Descrição:	Consortório:	Desenho nº: B11
Cliente:		 AGUAS PUBLICAS DO ALENTEJO <small>Empresa Municipal de Abastecimento</small>		
Título: Empreitada de Concepção - Construção da ETAR de Montemor				
Projectou:	Desenhou:	Descrição:	Rev: 01	Arquivo:
Aprovou:	Data: 2015	Numero: 022015-CE-PRO-011	Escala: S/E	
		DIAGRAMA PROCESSUAL HIGIENIZAÇÃO DAS LAMAS		




MEDICIÓN FINAL

DESCARGA FINAL



Fecha	Descripción	Elaborado por	Revisado por

		Empresa de Gestión - Contrata la obra de Ingeniería	
Proyecto	Departamento	Director	Fecha
2019			01
Número	Parte Inicial - Fase I		Revisión
0001-2019-012			01
Título			Escala
			3E

