

NÃO FOTOCOPIAR



Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda

RELATÓRIO DE PROJECTO

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Filipe Alexandre Domingos Ruas
Junho | 2010



Índice

1-Introdução	4
1.1 - Desenvolvimento do Estágio	4
1.2 - Estrutura do Estágio	4
2 - Caracterização da Empresa	5
3 - Desenvolvimento.....	6
3.1 - Tratamento de Águas Residuais	6
Pré-Tratamento	6
Tratamento Primário	11
Tratamento Secundário	11
Tratamento Terciário	13
3.2 - Sistema de Tratamento Compacto	14
4 - Actividades desenvolvidas	16
4.1 - Introdução	16
4.2 - ETAR compacta por Fluxo Ascendente	17
4.2.1 - Descrição do sistema de Tratamento Biológico de Águas Residuais domésticas por Fluxo Ascendente	17
Tratamento Preliminar.....	18
Equalização.....	18
Tratamento Biológico por Lamas Activadas.....	18
Tratamento Biológico por Leito percolador	20
Decantação Secundária.....	21
4.2.2 - Dimensionamento da ETAR Compacta, por Fluxo Ascendente	22
Dados do Protótipo:.....	22
Parâmetros de cálculo de Lamas activadas:.....	23
1- Cálculo dos Caudais e População:.....	23
2- Cálculo da Carga Orgânica e Rendimento do TA:	25
3- Verificação dos parâmetros do TA:	26
4- Recirculação das lamas:.....	27
5- Oxigénio requerido no TA.....	28
6- Verificação dos parâmetros do Leito Percolador de Alta Carga:	34



7- Cálculo das Cargas orgânicas e rendimento do LP:.....	35
8- Cálculo da Recirculação ao LP:.....	36
9- Verificação dos parâmetros do LP com recirculação:	37
10- Verificação dos parâmetros do Decantador Secundário.....	38
4.2.3 - Monitorização do protótipo da ETAR compacta de Fluxo Ascendente	39
4.3 - ETAR compacta de Lavagem de Automóveis	42
4.3.1 - Descrição do sistema de tratamento da ETAR.....	42
4.3.2 - Monitorização da ETAR de Lavagem Auto	43
4.4 - Tratamento de Lixiviados através da Fotodepuração.....	46
4.4.1 - Formação de Lixiviados	46
4.4.2 - Fotocatálise	47
4.4.3 – Equipamentos de um sistema fotocatalítico	48
1. Novo Reactor de Fotocatálise – Fotoreactor de catalisador fixo.....	49
4.5 - Propostas Técnico-Comerciais.....	51
4.5.1 - Empreitada da ETAR das minas de Aljustrel.....	52
4.5.2 - Execução da Remodelação da ETAR de Avis.....	52
Conclusão.....	53
Bibliografia.....	54



Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de grade mecânica	7
Figura 2 - Exemplo de Grelha de corrente	7
Figura 3 - Exemplo de Grelha Estática	8
Figura 4 - Exemplo de Grelha rotativa	8
Figura 5 – Unidade de tamisação	9
Figura 6 - Perfil de Desarenador de Pista	9
Figura 7 - Exemplo de decantador primário	11
Figura 8 - Exemplo de sistema de desinfecção por UV	13
Figura 9 - Exemplo de sistema de tratamento por osmose inversa	13
Figura 10 - Exemplo de ETAR compacta	14
Figura 11 - Sistema de MBBR	15
Figura 12 - Protótipo de ETAR compacta por Fluxo Ascendente	18
Figura 13 - Tanque de arejamento.	19
Figura 14 - Representação do <i>Ecofuro</i>	19
Figura 15 - Leito Percolador.	20
Figura 16 - Elementos de fixação microbiana (<i>Bio-Pac SF#30</i>).	20
Figura 18 - Pressões de trabalho para o <i>Ecofuro</i>	29
Figura 19 - Esquema da ETAR Lavagem Auto.....	42
Figura 19 - Colectores Parabólicos Compostos na Plataforma Solar de Almería	49
Figura 20 - Planta de Fotoreactor	49
Figura 21 - Ângulo de reflexão ao longo da superfície do Fotoreactor	50
Figura 22 - Lista de equipamento.....	51
Figura 23 - Mapa de quantidades parcial da ETAR da Lavaria Industrial.....	52
Figura 24 - Mapa de quantidades parcial da empreitada da ETAR de Avis.	52

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de cálculo para Lamas Activadas.....	23
Tabela 2 - Parâmetros de dimensionamento do Leito Percolador	34
Tabela 3 - Valores Limites de Emissão aplicados a descargas de águas residuais	40
Tabela 4 - Caudal afluente à ETAR de Lavagem Auto.....	43
Tabela 5 - Valores de Oxigénio Dissolvido.....	44



1-Introdução

1.1 - Desenvolvimento do Estágio

Como estagiário no departamento de ambiente da empresa Martifer Inox, foi-me dada a oportunidade de adquirir conhecimentos multidisciplinares. Apresentaram-me os projectos que decorriam, assim como os objectivos que o departamento de ambiente se propõe atingir.

As actividades desenvolvidas no decorrer do estágio são de índole teórica, no que respeita aos estudos de dimensionamento de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) compactas, de projectos relacionados com o tratamento de águas residuais e projectos de inovação, assim como de índole prática, através da monitorização diária da carga orgânica e oxigénio dissolvido e caudal de uma ETAR compacta de fluxo ascendente e de uma ETAR de Lavagem Automóvel. O projecto da Estação de Tratamento de Águas Residuais Compacta por fluxo ascendente foi alvo de diversas modificações. Foi proposto realizar-se uma modificação estrutural com o intuito de melhorar a eficiência de tratamento da mesma. Deste modo, houve a necessidade de um redimensionamento para possibilitar em termos teóricos aferir a eficiência de tratamento. A ETAR de Lavagem Automóvel é um tipo de estação de tratamento compacta. O tipo de efluente a tratar tem características muito particulares, ou seja, resulta de águas utilizadas em locais de lavagem automóvel. Previamente à construção da ETAR da empresa, a ETAR de Lavagem Automóvel foi instalada temporariamente na empresa para o tratamento do respectivo efluente. Esta ETAR também foi sujeita a monitorização

Para além da investigação o gabinete de ambiente da empresa Martifer Inox tem uma componente de projecto, no qual são analisados projectos de implementação de ETAR, e os componentes de tratamento de águas residuais, tais como, silos de lamas.

1.2 - Estrutura do Estágio

O estágio foi realizado na empresa Martifer Inox no âmbito do tratamento das águas residuais, neste sentido no presente documento faz-se uma breve introdução ao tratamento de águas residuais no Capítulo 3. As actividades desenvolvidas ao longo dos seis meses de estágio são enunciadas no Capítulo 4, nomeadamente a actividade relacionada com a Estação de Tratamento de Águas Residuais por fluxo ascendente (Ponto 4.2), assim como para a ETAR destinada ao tratamento de águas residuais provenientes da lavagem automóvel (Ponto 4.3). Incluído nas actividades desenvolvidas ao longo do estágio o Ponto 4.4, referente ao tratamento de águas residuais provenientes de aterros sanitários (lixiviados), surge numa componente de investigação. No Ponto 4.5 faz-se uma breve referência à componente comercial do gabinete de ambiente nomeadamente, análise de projectos de obras públicas no âmbito do tratamento de águas residuais, desenvolvimento de soluções de tratamento e respectiva orçamentação.



2 - Caracterização da Empresa

A Martifer II Inox, S.A. está sediada em Dornelas, concelho de Sever do Vouga. Foi fundada em 1982 com a designação social de Manuel Tavares Martins. A 3 de Fevereiro de 1996 deu-se a aquisição da Martins & Coutinho – Construções em Aço Inox, Lda., pelo Grupo Martifer.

Decorrido o ano de 2006, verifica-se um aumento do capital social e transformação em sociedade anónima a 16 de Novembro. Neste data a empresa toma a forma jurídica de sociedade anónima, passando a designar-se por Martins & Coutinho – Construções em Aço Inox, S.A.

A 7 de Março de 2007, dá-se a alteração ao contrato da sociedade passando a empresa a designar-se por Martifer II Inox, S.A., cujo objecto de actividade consiste na construção em aço inox, projecto, produção e montagem de perfis em aço inox, execução e comercialização de equipamentos para a indústria, importação e exportação, designadamente caldeiras em aço inox, serralharia civil, execução e montagem de estruturas e construções em aço inox e metálicas, indústria de construção civil e obras públicas.

A Martifer SGPS é a empresa mãe de um grupo de aproximadamente 120 empresas, divididas por quatro segmentos básicos de actividade: Construção, Equipamentos para a Energia, Biocombustíveis e Energia Eléctrica.

Desde o ano de 1996 que, a empresa Martins & Coutinho, Lda., hoje Martifer II Inox, se dedica ao fabrico e montagem de serralharias e construções metálicas, sediada em Sever do Vouga, com o objectivo de responder e aproveitar as exigências e sinergias do Grupo Martifer que passou a actuar no segmento das serralharias em aço inox e serralharias em ferro, sendo capaz de construir estruturas metálicas de grande complexidade, passando a fazer do grupo Martifer, potenciando um crescimento exponencial desta, com um aumento progressivo de colaboradores, área e capacidade industrial.

Esta empresa, iniciou a sua actividade em 23 de Agosto de 1982 com três pessoas ao serviço e uma área de 200 m², tendo como principais actividades, o fabrico de caldeiras, instalações sanitárias, guardas e portões, termoacumuladores, cubas para vinho, equipamento hoteleiro e depósitos industriais.

Sendo a inovação um dos valores que alicerçam o Grupo, a Martifer procurou avaliar as suas actividades de inovação, fazendo uma reflexão sobre metodologias de suporte à mesma. No que respeita à Martifer II Inox, S.A., considera-se a um nível mais amplo do conceito, o desenvolvimento constante de novas soluções por via da concepção, execução e montagem, a cada novo projecto que a Martifer integra, uma vez que cabe a esta o seu desenvolvimento. Futuramente, e fruto do presente projecto, e no seguimento da linha orientadora por que se pauta o Grupo Martifer, a inovação está patente pelo desenvolvimento próprio de novos produtos/soluções pela via da Investigação de Desenvolvimento.



3 - Desenvolvimento

3.1 - Tratamento de Águas Residuais

Os efluentes líquidos ou esgotos, antes de serem descarregados no meio hídrico, são tratados em ETAR – Estações de Tratamento de Águas Residuais.

As Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são sistemas complexos capazes de reproduzir de uma forma semelhante os processos naturais de depuração de água, mas com capacidade de tratar grandes volumes de água num tempo e espaço reduzidos. Contudo, é necessário conhecer as características das águas residuais para se poder optar por um sistema eficiente, dado que as etapas de tratamento são diversas e podem ou não ser utilizadas em conjunto.

O tratamento de águas residuais numa ETAR pode consistir em quatro fases, designadas tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Irá ser descrito cada um dos processos de tratamento acima mencionados.

Pré-Tratamento

O tratamento preliminar ou designado Pré-tratamento consiste na primeira fase do tratamento de águas residuais, compreendendo a obra de entrada. A obra de entrada é, ou poderá ser, constituída por duas grades (gradagem), um desarenador, um desgordurador e um canal Parshall (Azevedo, 2010). A aplicação de uma segunda grade é justificada pela eventual necessidade de utilização em canal de recurso ou designado *bypass*.

Existem três conceitos inseridos no Pré-tratamento, Gradagem, Desengorduramento e Desarenação.

Gradagem

O Pré-tratamento, integrado no tratamento físico de águas residuais é responsável pela remoção dos sólidos grosseiros, material dificilmente degradável e de algumas lamas a montante da ETAR. O efluente é sujeito a gradagem também para tornar mais eficiente o tratamento posterior, assim como, evitar o dano ou colmatação dos equipamentos que se encontram a jusante, por exemplo bombas hidráulicas. É de referir que nesta etapa de tratamento não existe remoção da carência química de oxigénio, apenas ocorre filtração do efluente.

As soluções existentes no mercado relativamente ao processo de gradagem passam por equipamentos de filtração primária constituídos por grades ou grelhas capazes de impedir a passagem de sólidos. As grades de retenção mecânica (Figura 1), são sistemas simples de gradagem, podem ser inseridos em canal já existente e são constituídos por barras com espaçamentos que



podem estar compreendidos entre 15 e 40 mm. O material sólido presente na água residual é retido pelas grades. O processo de limpeza ocorre através de uma escova rotativa, no qual remove o material retido por arraste e o deposita no respectivo contentor. Poder-se-á aplicar para tratamento de águas residuais domésticas ou industriais, seja no sector animal, ou alimentar (*website Cosme, 2010*).



Figura 1 - Exemplo de grade mecânica [1]

As grelhas de corrente (Figura 2), recolhem o material em suspensão através de uma corrente com espaçamento entre barras de 3 a 10 mm (*website Cosme, 2010*) ou de 15 a 40 mm dependendo da aplicação. A grelha ascende e transportam o material retido verticalmente para o topo, onde é armazenado num recipiente. Este tipo de equipamento pode ser aplicado directamente em canal aberto.

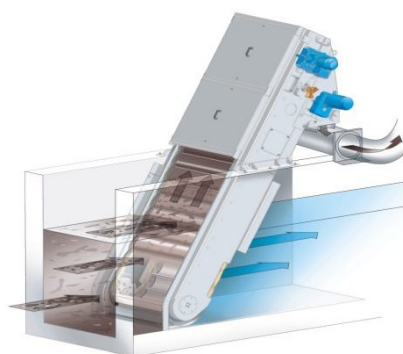


Figura 2 - Exemplo de Grelha de corrente [1]

A Grelha estática (Figura 3) é um sistema que efectua a filtração fina do efluente por gravidade. O filtrado é recolhido para o interior, enquanto os sólidos permanecem no exterior.

A água a tratar é descarregada para um tanque de recepção, seguidamente é sujeita a um elemento filtrante que dependendo do modelo pode ter espaçamentos de 0,5 a 3 mm. O ângulo do elemento filtrante pode ser ajustado consoante o tipo de material a filtrar (*website Cosme, 2010*).



Figura 3 - Exemplo de Grelha Estática [1]

A Grelha rotativa (Figura 4) consiste num tambor giratório pelo qual o efluente é filtrado. O efluente é distribuído num recipiente com a mesma largura do tambor rotativo. Através do movimento de rotação os sólidos são removidos do efluente enquanto este trespassa o tambor, ou seja, os sólidos permanecem no exterior do tambor. O processo de limpeza consiste num sistema de jactos de água no interior do tambor capazes de remover restos agregados ao tambor filtrante. Este sistema de filtragem pode ser aplicado em descargas de efluente doméstico ou industrial (*website Cosme, 2010*).



Figura 4 - Exemplo de Grelha rotativa [1]

As Unidades de tamisação (Figura 5), são capazes de remover por gradagem (espaçamento 6 – 10 mm) os sólidos grosseiros, fazer o transporte destes, desidratar as lamas resultantes e realizar a própria armazenagem.

Usualmente são instalados directamente em canal. O constituinte de gradagem é fabricado em chapa perfurada de modo a reter os sólidos presentes no efluente. Os sólidos retidos são transportados através de um parafuso sem-fim até uma câmara de compactação localizada antes do ponto de descarga (*website Cosme, 2010*).

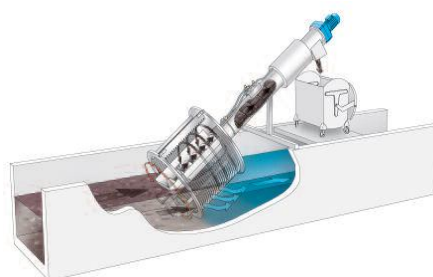


Figura 5 – Unidade de tamisação [2]

Desarenação

As operações unitárias de desarenação e desengorduramento têm como finalidade remover as areias e gorduras existentes na água residual, respectivamente. A instalação de um descarregador tipo Parshall permite controlar a velocidade a montante, sendo uma das formas mais utilizadas em ETAR para criar mistura hidráulica (Azevedo, 2010).

No processo de pré-tratamento poder-se-á aplicar a etapa de desarenação. A remoção da areia torna-se necessária para diminuir os inconvenientes provocados pela sedimentação da areia nos tanques de decantação e de digestão e nos processos de compactação nos depósitos das tremonhas e descargas das lamas (Catálogo Ecoplants, 2010).

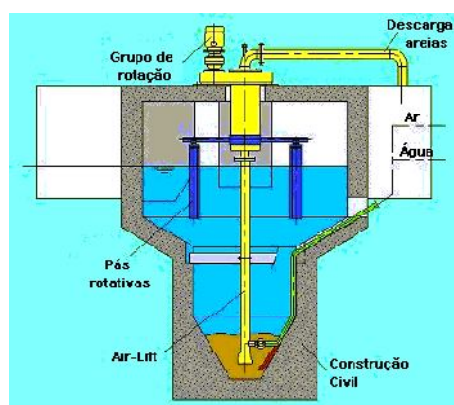


Figura 6 - Perfil de Desarenador de Pista [3]

Desengorduramento

As Águas Residuais Industriais em conformidade com a legislação vigente, sofrem obrigatoriamente um pré-tratamento a montante da descarga, que se destina a remover os contaminantes que não são admitidos para descarga quer em solo, água ou colectores. Isto porque podem provocar alterações da qualidade ambiental do meio receptor e problemas de operação ou de manutenção nos sistemas de tratamento. Mais especificamente, esse pré-tratamento consiste na separação de óleos ou gorduras alimentares e na separação de féculas (indústria hoteleira, cantinas



industriais e outras), e ainda na separação de hidrocarbonetos (indústria automóvel, indústria de transportes e outras) (*website* Interagua, 2010).

O funcionamento do equipamento de desengorduração baseia-se num fenómeno de flotação que é promovido em conjugação com um tempo de retenção adaptado para o caudal de ponta existente. Este fenómeno permite a separação das gorduras e possibilita a sua posterior remoção (*website* OMS, 2010).

A flotação consta em separar misturas heterogéneas sólidas com densidades diferentes através de um fluido com uma densidade intermédia, que no caso a mais comum e mais utilizada, é a água. As partículas a serem flotadas tornam-se hidrofóbicas pela adição dos produtos químicos apropriados. Ao fazerem-se passar bolhas de ar através da mistura as partículas que se pretendem recolher ligam-se ao ar e deslocam-se para a superfície, onde se acumulam sob a forma de espuma (Wikipédia, 2010).

Os Separadores de gorduras podem ser fabricados em polietileno de alta densidade, por sistema de rotomoldagem, que conjuga a alta resistência química e mecânica com o peso reduzido dos equipamentos. Nos separadores de gorduras, podem ocorrer dois processos distintos de separação, consoante o modelo e fabricante. Os materiais sedimentáveis, como areias, vão assentar e acumular-se no fundo do separador, ao passo que as gorduras, uma vez que têm uma densidade inferior à densidade da água, vão ascender e acumular-se na superfície da lâmina de água. Ao nível central do separador encontra-se o efluente, devidamente clarificado e pronto para ser descarregado (ECOalcance, 2010).

O processo de pré-tratamento revela-se fundamental num sistema de tratamento de águas residuais, pois através da remoção dos sólidos grosseiros previne-se o dano de equipamentos e aumenta-se o rendimento dos órgãos a jusante. Deste modo, o pré-tratamento deverá estar associado sempre que possível a uma ETAR convencional ou compacta.



Tratamento Primário

O tratamento primário consiste na remoção dos sólidos em suspensão através da sua deposição por acção da gravidade. Este tratamento é normalmente efectuado em decantadores onde a velocidade transmitida ao efluente é controlada de forma a permitir a deposição da matéria sólida no fundo dos órgãos para posterior remoção. O fluido é sujeito a dois processos distintos mas indissociáveis, coagulação e floculação. Na coagulação ocorre destabilização de coloides, através da eliminação da dupla camada eléctrica, de modo a permitir a floculação, ou seja, o transporte e choque entre coloides promovendo a agregação de partículas de maiores dimensões, chamados flocos, que através do ganho de densidade precipitam. Para promover a decantação o fundo do decantador tem um perfil cónico.

A acumulação de matéria com maior densidade no fundo do decantador primário obriga à aplicação de um equipamento específico denominado, ponte raspadora de fundo (Figura 7). O raspador de fundo tem como função remover por arrastamento o material que precipita. A designação de ponte raspadora de tracção central ou tracção periferia depende da aplicação do motorotor, este poderá ser aplicado no centro do decantador ou na periferia.



Figura 7 - Exemplo de decantador primário [4]

Tratamento Secundário

O tratamento secundário é um processo biológico, realizado por bactérias (aeróbias e anaeróbias), responsáveis pela degradação dos compostos orgânicos. Contrastando com os antecedentes, o tratamento secundário tem à sua disposição várias tecnologias que funcionam sobre princípios semelhantes, destacando-se os sistemas aeróbios intensivos, quer por biomassa (microrganismos) suspensa (lamas activadas), quer por biomassa fixa (leitões percoladores e discos biológicos), e os sistemas aquáticos por biomassa suspensa (lagunagem) (Azevedo, 2010).

Lamas Activadas

No sistema de lamas activadas o efluente do tratamento preliminar é encaminhado do decantador primário para o tanque de arejamento, geralmente com recirculação permanente. No



tanque de arejamento é injectado oxigénio no líquido (processo de arejamento) para permitir o crescimento dos microrganismos levando ao consumo da matéria orgânica e dos nutrientes contidos na água. A adição de oxigénio é também importante como meio de remoção de alguns poluentes como o Ferro, Manganês e Dióxido de carbono, assim como na oxidação química, eliminando compostos orgânicos que resistem aos processos biológicos. Serve também como meio de repor os níveis de oxigénio na água residual antes de rejeitá-la para o meio receptor. O efluente é então conduzido para o decantador secundário e a partir daí parte do efluente é descarregado numa linha de água e outra parte constitui a recirculação ao tanque de arejamento. A eficiência do tratamento é optimizada no caso da recirculação de lamas para o tanque de arejamento ser efectuada do fundo do decantador secundário, pois a matéria orgânica encontra-se concentrada e, assim, aumenta a concentração de biomassa no tanque de arejamento, possibilitando aos microrganismos uma nova oportunidade para degradarem a matéria orgânica (Azevedo, 2010).

Leitos Percoladores

No sistema de leitos percoladores, após o tratamento preliminar e primário, o efluente entra num distribuidor rotativo e vai criar no leito um filme biológico constituído por um aglomerado de bactérias que fazem a decomposição da matéria orgânica. Quando o efluente é escoado pode ser feita a recirculação em torno do leito percolador ou a descarga no meio receptor. É realizada a recirculação do efluente tratado do decantador secundário ao leito percolador para aumentar a eficiência do sistema, impedir a criação de cheiros ou a morte do filme biológico.

Discos Biológicos

Os biodiscos ou discos biológicos são a evolução natural dos leitos percoladores. Trata-se de um sistema que recorre também a processos biológicos aeróbios de degradação da matéria orgânica, em filme fixo, à semelhança dos leitos percoladores. O filme está preso ao disco mas para aumentar a área de contacto, juntam-se vários discos em paralelo de reduzida espessura, com rugosidade, para permitir uma maior aderência dos microrganismos. Os discos mergulham parcialmente num canal com água residual, enquanto giram, o que garante que os microrganismos estão alternadamente em contacto com o ar e com matéria orgânica (Azevedo, 2010).

Lagunagem

A lagunagem é, de todos os processos, o que mais se aproxima da simulação das condições naturais. A água residual atravessa uma série de lagoas (anaeróbias, facultativas e de maturação – remoção de organismos patogénicos), onde os processos são idênticos aos que se dão nos meios aeróbios e anaeróbios. As lagoas arejadas são uma técnica intermédia que conjuga características da lagunagem e das lamas activadas. No entanto, a técnica de lagunagem não é muito utilizada, o que talvez se explique pelo facto de necessitar de grandes áreas e de estar muito dependente das condições naturais, para além da emissão de odores. Como vantagens há a referir a simplicidade e economia da construção e manutenção da unidade (Azevedo, 2010).

Leitos de Macrofitas

O presente tipo de tratamento de águas residuais, faz uso da flora para depuração do afluente. Os Leitos de Macrofitas subdividem-se em diferentes tipos de acordo com as espécies de plantas a utilizar, ou seja, Macrofitas aquáticas flutuantes, submersas ou emergentes.



Os tipos de plantas aplicáveis nos leitos de macrófitas vão deste, *Íris*, *Juncus*, *Phragmites*, *Scirpus* e *Typha*. As plantas macrófitas assimilam essencialmente compostos de Carbono, Azoto e Fósforo existentes no afluente e proporciona suporte físico para o desenvolvimento de microrganismos. Neste tipo de tratamento existem micro – áreas aeróbias e anaeróbias onde ocorrem processos de nitrificação e desnitrificação. (Seco *et al*, 2008)

Tratamento Terciário

O tratamento terciário torna-se indispensável no caso de o meio receptor onde é efectuada a descarga de efluente tratado ser um meio sensível, isto é, sujeito a eutrofização (enriquecimento excessivo de algas devido à introdução de nutrientes - azoto e fósforo - provenientes da água residual), necessitando então que seja efectuada a remoção de nutrientes da água residual (Azevedo, 2010).

O tratamento terciário consiste no tratamento de desinfecção e controlo de nutrientes, para eliminar bactérias e vírus. Existem disponíveis no mercado para tratamento terciário sistemas de desinfecção (Figura 8) por ultravioletas (UV), filtros de areia, filtros de carvão activado, membranas de microfiltração, membranas de osmose inversa (Figura 9). A aplicação destes processos de tratamento é obrigatória quando a libertação das águas residuais ocorre em zonas sensíveis, definidas pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 172/2001, de 26 de Maio e revisto posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho (*Website da Quercus*).



Figura 8 - Exemplo de sistema de desinfecção por UV [5]



Figura 9 - Exemplo de sistema de tratamento por osmose inversa [6]

3.2 - Sistema de Tratamento Compacto

O conceito ETAR Compacta constitui no mercado do tratamento de águas residuais uma solução simples e económica para aglomerados populacionais mais reduzidos, conjuntos comerciais ou indústrias e em zonas não servidas por colector geral municipal. Como o próprio nome indica tem a particularidade de ser um sistema de reduzidas dimensões comparativamente aos sistemas convencionais. Nestes sistemas todo o tratamento pode efectuar-se dentro de um só tanque, que pode ser compartimentado. Nestes sistemas poderá ser associado a montante um sistema de gradagem e a jusante um decantador secundário.

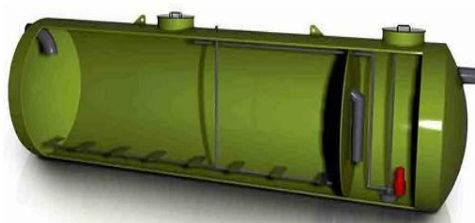


Figura 10 - Exemplo de ETAR compacta [7]

Um sistema compacto de tratamento pode consistir num tratamento biológico por arejamento, pois esta é uma técnica adequada para o tratamento de baixos caudais, tanto pelo rendimento óptimo que se consegue no grau de depuração, como pela simplicidade de funcionamento e manutenção das instalações (*website*: Urso, 2010).

Os sistemas do tipo Reactor Descontínuo Sequencial (“Sequence Batch Reactor” - SBR) apresentam a particularidade de promoverem todas as fases do tratamento biológico (arejamento e decantação) no mesmo tanque e, simultaneamente, permitirem a criação de condições aeróbias e anaeróbias que favorecem a eliminação de azoto através de processos de nitrificação e desnitrificação (Ferreira *et al.*, 2009).

O processo de tratamento do tipo Reactor Biológico com Leito Móvel (“Moving Bed Biological Reactor” – MBBR) consiste num tanque séptico (Figura 11) com um meio de fixação de bactérias para aumentar a área de contacto do efluente residual com as bactérias (biofilme). O processo dá-se em meio aeróbio. Existem difusores que injectam oxigénio no tanque e permitem a mistura da água residual com o biofilme (*website*: Bord Na Móna, 2010).

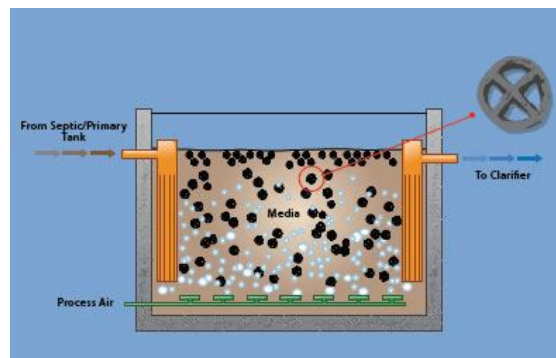


Figura 11 - Sistema de MBBR [8]

Comparativamente às ETAR convencionais, as ETAR compactas apresentam algumas vantagens, tais como, fácil instalação e manutenção podendo estas, segundo alguns fabricantes, atingir eficiências de tratamento até 97% (*website*: Almaqua, 2010) e fácil operacionalidade do equipamento. Para ETARs cujos equipamentos são enterrados o impacto visual é nulo.



4 - Actividades desenvolvidas

4.1 - Introdução

A 10 de Agosto de 2009 iniciei funções na empresa Martifer II Inox, S.A. Foi-me apresentada a empresa assim como o departamento de Ambiente e algumas actividades que nele se exercem. O período da minha admissão na empresa coincidiu com uma fase de desenvolvimento de projectos relacionados com a criação de soluções para o tratamento de águas residuais. Neste sentido, foi-me apresentado um protótipo de ETAR compacta para aplicar a uma população de 500 habitantes equivalentes. Após o protótipo de ETAR ter sido sujeito a testes, foi decidido executar algumas alterações estruturais. Procedi à monitorização desta ETAR, deportando posteriormente os dados obtidos ao gabinete de ambiente para avaliação da viabilidade da mesma. O período de monitorização da ETAR durou aproximadamente dois meses. Após este período, apresentaram-se os resultados e inclusive foi proposto à administração da empresa tomar uma decisão final quanto às acções futuras.

Ainda no âmbito do tratamento de águas residuais, foram-me apresentados outros projectos, tais como, ETAR da Martifer Inox, no qual foi reestruturada para funcionar como um sistema MBBR. Para além desta, realizámos a monitorização a um protótipo de ETAR para efluentes provenientes de Lavagem Automóvel, em que o processo de depuração da água residual ocorre através de arejamento e decantação.

Para além da investigação, o gabinete de ambiente tem uma componente relacionada com elaboração de propostas técnico-comerciais no âmbito das águas residuais. Neste sentido foi-me dada a oportunidade de criar alguma capacidade de resposta neste tipo de funções, ou seja, adquirido o projecto eram analisadas as peças escritas e peças desenhadas.



4.2 - ETAR compacta por Fluxo Ascendente

4.2.1 - Descrição do sistema de Tratamento Biológico de Águas Residuais domésticas por Fluxo Ascendente

O protótipo de ETAR (Figura 12), construído em aço inox, foi colocado numa localidade pertencente ao concelho de Sever do Vouga. Este protótipo de ETAR, teve como objectivo o tratamento das águas residuais domésticas provenientes dessa localidade.

O nome ETAR de fluxo ascendente provém do movimento vertical a que o efluente é sujeito para entrar na ETAR. Nesta ETAR, de fluxo ascendente o efluente é sujeito ao movimento ascendente até ao tanque de reacção onde será sujeito ao processo de arejamento.

Os processos de tratamento que ocorrem nesta ETAR são os seguintes:

- Tratamento Preliminar
- Equalização
- Tratamento Biológico por Lamas Activadas
- Tratamento Biológico por Leito Percolador
- Decantação Secundária.

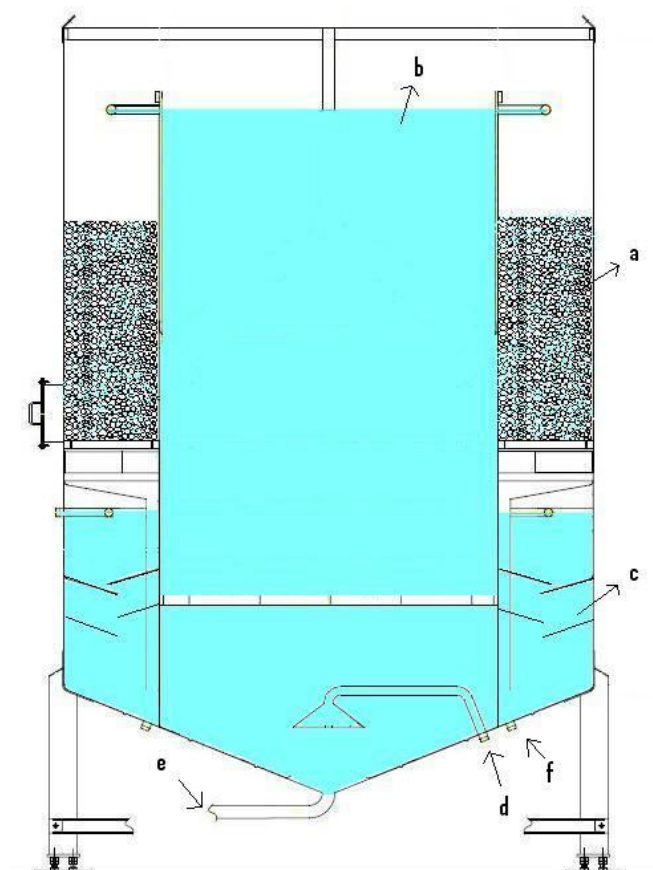


Figura 12 - Protótipo de ETAR compacta por Fluxo Ascendente (a - Leito Percolador; b - Tanque de Arejamento; c - Decantador Secundário lamelar; d - Entrada da água residual; e - Saída de lamas; f - Saída de lamas do decantador)

Tratamento Preliminar

O efluente antes de se deslocar para o módulo de ETAR Compacta, sofre uma gradagem, com vista à remoção dos sólidos de grandes dimensões. A gradagem é realizada através de uma grade de limpeza manual.

Equalização

Após a gradagem do efluente, este é bombeado, por auxílio de uma bomba submersível, para uma caixa de equalização. Caixa esta que serve para equalizar o caudal, para que a bomba de superfície possa bombear o efluente para o tanque de lamas activadas a um caudal constante. À saída da bomba de superfície existe um caudalímetro, para contabilizar o caudal.

Tratamento Biológico por Lamas Activadas

O efluente tem como primeiro tratamento biológico o processo de Lamas Activadas em baixa carga. O efluente sofre tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa,



em que os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica, encontram-se em suspensão. Esta suspensão dos flocos biológicos é criada pelo sistema de arejamento. Este sistema por um lado, cria a movimentação e mistura da água residual afluyente com os flocos biológicos e, por outro lado, fornece o oxigénio necessário aos microrganismos aeróbios para degradarem a matéria orgânica e transformarem a amónia em nitratos (Figura 13).



Figura 13 - Tanque de arejamento.

O sistema de arejamento é constituído por quatro dispositivos designados *Ecofuros* (Figura 14). São instalados em círculo e com uma inclinação de 45°, relativamente ao seu eixo. O objectivo é proceder ao fornecimento de oxigénio ao reactor biológico e, ao mesmo tempo, proceder à mistura do todo o conteúdo existente no tanque de arejamento. A injeção será realizada a uma profundidade de 3 metros e a uma pressão de 2 bar. A esta pressão, os *Ecofuros* produzem uma agitação de 2 metros de diâmetro em relação ao seu eixo e obtida a 2 metros de distância. O modelo utilizado é o *IF-H11*.

O *Ecofuro* é instalado num circuito de recirculação do efluente, no tanque de arejamento de lamas activadas. A pressão de recirculação do efluente é de 2 bar. Existe um manómetro inserido na tubagem a montante da electrobomba para controlo da respectiva pressão.



Figura 14 - Representação do *Ecofuro*

O efluente é injectado sob pressão pela entrada frontal (A). O ar é captado por sucção pela entrada lateral (B), devido à circulação do efluente. O ar juntamente com o efluente sai misturado por centrifugação, pela saída (C), com transferência do oxigénio do ar para o efluente.



Existe ainda recirculação de lamas do decantador secundário para o tanque de arejamento, com o objectivo de manter a população microbiana constante.

Tratamento Biológico por Leito percolador

Após o primeiro estágio de tratamento, o efluente é conduzido para o leito percolador (Figura 15). Este efluente sai pela parte de cima do tanque de arejamento, para uma tubagem perfurada, que dispersa o efluente pelo leito percolador. Antes de passar para o leito percolador o efluente passa por umas anteparas no tanque de arejamento, com o objectivo de impedir a saída de biomassa e sobrenadantes do tanque de arejamento, e impedir a colmatção do leito percolador.



Figura 15 - Leito Percolador.

O leito percolador é constituído por elementos de fixação microbiana (material plástico em polipropileno).

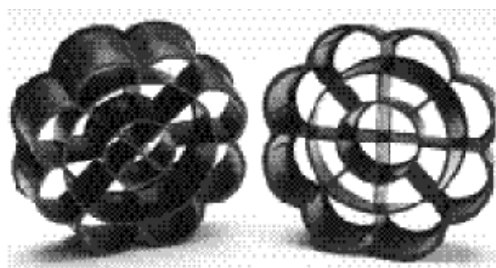


Figura 16 - Elementos de fixação microbiana (*Bio-Pac SF#30*).

Características do meio filtrante:

- Área Superficial específica: $98.425 \text{ m}^2\text{m}^{-3}$
- Carga Hidráulica mínima: $6.112 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}$



O arejamento do leito percolador é natural, isto é, este apresenta umas aberturas na sua parte inferior, que servem como aberturas de ventilação.

Decantação Secundária

Posteriormente o efluente resultante do segundo estágio de tratamento é conduzido, por gravidade, para o Decantador Secundário, onde é realizada a etapa de sedimentação das partículas de sólidos e de decantação (separação da fase sólida da fase líquida). Existe nesta etapa, recirculação de uma parte do efluente tratado e clarificado ao leito percolador, com o objectivo de aumentar a eficiência do sistema, impedir a criação de maus cheiros, impedir a morte do biofilme e manter a carga hidráulica correcta no leito percolador. Existirá ainda, como já referido, uma recirculação de lamas do decantador secundário para o tanque de arejamento, com o objectivo de manter a população microbiana constante. No entanto, o controlador não é programável para os tempos de recirculação do leito percolador e recirculação de lamas para o tanque de arejamento, apenas é mantida a recirculação do leito percolador em detrimento da recirculação ao tanque de arejamento. O efluente clarificado e tratado é enviado para o meio receptor.



4.2.2 - Dimensionamento da ETAR Compacta, por Fluxo Ascendente

Para incrementar a eficiência da ETAR compacta, foi proposto rearranjar a estrutura interna da ETAR, nomeadamente aumentar o volume do tanque de reacção. Neste sentido recalculou-se os parâmetros de dimensionamento para antever os possíveis resultados da ETAR em termos de cargas orgânicas e numa fase posterior controlar-se o sistema através de parâmetros variáveis, caudais, tempo de retenção e tempo de arejamento.

Dados do Protótipo:

Tanque de Arejamento

- Área (A_{TA}): 4.52 [m²]
- Altura (H_{TA}): 4.319 [m]
- Volume (V_{TA}): 19.54 [m³]

Leito Percolador

- Área (A_{LP}): 6.524 [m²]
- Altura (H_{LP}): 2 [m]
- Volume (V_{LP}): 13.05 [m³]

Decantador Secundário

- Área (A_{DS}): 6.524 [m²]
- Altura (H_{DS}): 1.191 [m]
- Volume (V_{DS}): 7.77 [m³]



Parâmetros de cálculo de Lamas activadas:

Apresentam-se os parâmetros de cálculo (Tabela 1) a ter em consideração no dimensionamento de um sistema de Lamas Activadas. No caso prático sob estudo trata-se de um sistema de Lamas Activadas em Baixa Carga. Os seguintes valores são extraídos do Manual do Curso de Actualização em Engenharia Sanitária.

Tabela 1 - Parâmetros de cálculo para Lamas Activadas

Sistema de Lamas Activadas									
Parâmetros	MS	MVS		Factores de Carga		Lamas Excesso		O ₂ Requerido	
		β		fm	fv	a	b	a'	b'
Sistemas	[kg/m ³]	%	[kg/m ³]	[kg CBO/kgMVS.dia]	[kg CBO/m ³]				
Baixa Carga	4,0 - 8,0	60 - 70	2,5 - 5,5	0,03 - 0,135	$\leq 0,3$	0,60	0,05	0,55	0,06
Média Carga	2,0 - 4,0	70	1,4 - 2,8	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	0,57	0,05	0,50	0,08
Alta Carga	0,2 - 0,5	70	0,14 - 0,35	1,5 - 5,0	1,2 - 2,40	0,55	0,07	0,40	0,10

1- Cálculo dos Caudais e População:

Através dos parâmetros acima indicados é possível determinar caudais e população equivalente. A determinação dos caudais e população equivalente permite-nos aferir a capacidade de tratamento do protótipo de ETAR.

- **Para Baixa Carga**

Carga Volumica (fv): 0.2 [kg CBO₅.m⁻³.dia⁻¹]

(valor tabelado assumido)

Tempo de Retenção (Tr): 16 horas

(Valor tabelado assumido – Varia entre 16-24 horas)

Capitação (Cap): 150 [L.hab⁻¹.dia⁻¹]

(Valor tabelado assumido)

Factor de afluência (fa): 1.0

(Valor tabelado assumido)

Os parâmetros a determinar são os seguintes:

- Carga eliminada no Tanque de Arejamento (Ce) [kg.m⁻³.dia⁻¹]

- Caudal afluyente (Q) [m³]

- Caudal de ponta (Qp) [m³]

$$fv = \frac{Ce}{V} \quad (1.1)$$



Sabe-se o volume do Tanque de Arejamento (TA)

- Volume do TA (V_{TA}): 19.54 [m³]

Como a carga volúmica, tem que ser menor ou igual a 0.3, segundo os valores tabelados na Tabela 1, assume-se carga Volúmica (f_v): 0.2 [kg CBO₅.m⁻³.dia⁻¹]

Aplicando os respectivos valores na Equação 1.1, resulta a carga eliminada no Tanque de arejamento, $C_e = 3.908$ [kg CBO₅.dia⁻¹]

Ou seja, por dia serão eliminados **3.908 [kg CBO₅.dia⁻¹], no Reactor Biológico**

Através da equação do tempo de retenção é possível determinar o caudal:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad (1.2)$$

- Tempo de Retenção (Tr): 16 horas

- Volume do TA (V_{TA}): 19.54 [m³]

Do qual resulta; **$Q = 1.22$ [m³.h⁻¹] ⇔ $Q = 29.31$ [m³.dia⁻¹]**

Ou seja, teremos um caudal de tratamento de $Q = 1.22$ [m³.h⁻¹]

Assumindo os seguintes valores, é obtida a População equivalente para o respectivo caudal:

- Capitação de 150 [L.hab⁻¹.dia⁻¹]

- Factor de afluência (f_a): 1.0

$$Q = Cap \times Pop \times f_a \quad (1.3)$$

Do qual resulta; **Pop = 195 [hab]**

Para determinar o caudal de ponta (Equação 1.4) é necessário conhecer o factor de ponta (Equação 1.5) e a População.

$$Q_p = Q \times f_p \quad (1.4)$$

$$f_p = 1.5 + \frac{60}{\sqrt{Pop}} \quad (1.5)$$

Por 1.4 e 1.5 resulta: **$f_p = 5.8$; $Q_p = 7.1$ [m³.h⁻¹]**



2- Cálculo da Carga Orgânica e Rendimento do TA:

Através dos valores da carga orgânica a eliminar no TA e dos valores pretendidos à saída da ETAR, é possível determinar o rendimento teórico que a ETAR terá na depuração da água residual.

Os seguintes parâmetros permitem determinar a carga orgânica afluyente ao TA (COaTA) [kg CBO₅.dia⁻¹]

- Capacitação Afluyente (CA): 60 [g.hab⁻¹.dia⁻¹]

- População equivalente, Pop = 195 [hab]

$$COa = \frac{Pop \times 60}{1000} \quad (2.1)$$

Resulta: COaTA = **11.72 [kg CBO₅.dia⁻¹]**

Ou seja, por dia chega ao TA, **11.72 [kg CBO₅.dia⁻¹]**

Para determinação do rendimento do TA (ϵ_{TA}) aplica-se a equação 2.2, ou seja, sabe-se a carga orgânica afluyente ao TA (COaTA) através da equação 2.1 e a $C_e = 3.908$ [kg CBO₅.dia⁻¹] através de 1.1.

$$\epsilon = \frac{COa - COe}{COa} \quad (2.2)$$

Sabemos que Carga a eliminar é a diferença entre a carga afluyente e efluyente do TA, $C_e = COa - COe$
 $\Leftrightarrow C_e = 3.908$ [kg CBO₅.dia⁻¹]

$$\epsilon = \frac{3.908}{11.72} \times 100 = 33.6\%$$

Deste modo obtemos um rendimento no TA de 33.6 % (Muito Longe dos 85-90 % de eficiência, para lamas activadas).



3- Verificação dos parâmetros do TA:

- $\beta = 0.65$ (Valor tabelado assumido)

A fracção volátil dos sólidos em suspensão (MVS) [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] e o factor de carga mássica (C_m) [$\text{kg CBO}_5\cdot\text{kg MVS}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$], são parâmetros a verificar para a determinação das Lamas em excesso (L.E) [$\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$].

Tem-se igualmente em conta os seguintes valores:

- Concentração de sólidos totais no reactor (MS) = 5 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] (Valor tabelado assumido)

- Idade das Lamas (Θ_e) = 30 dias (Valor tabelado assumido)

Para determinar o MVS tem-se:

$$\beta = \frac{MS}{MVS} \quad (3.1)$$

Do qual resulta, **MVS = 3.25 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]**; **Através da Figura 14 está dentro dos parâmetros.**

O factor de carga mássica é determinado por:

$$C_m = \frac{C_e}{MVS \times V} \quad (3.2)$$

Do qual resulta, **$C_m = 0.06 [\text{kg CBO}_5\cdot\text{kg MVS}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}]$** ; **Está dentro dos parâmetros (Figura 14).**

Para determinação da quantidade diária de lamas produzidas, utiliza-se a equação 3.3:

$$\Theta_e = \frac{V \times MVS}{L.E} \quad (3.3)$$

Do qual resulta, **L.E = 2.12 [$\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$]**



4- Recirculação das lamas:

Para determinar a quantidade de lamas a recircular de lamas ao Tanque de Arejamento é necessário determinar a Razão de recirculação (R).

Os parâmetros seguintes são valores tabelados no CAES e, no qual, ajudar-nos-ão a determinar o caudal de recirculação de lamas (Q_r).

- Concentração de Lamas recirculadas (CR) = 10 [kg.m⁻³]

- Índice de Mohlman (IM) = 100 [m³.g⁻¹] (Valor tabelado assumido)

(Assumido de modo a ter-se uma correcta sedimentalidade das lamas)

$$CR = \frac{10^6}{IM} \quad (4.1)$$

Do qual resulta, CR = 10000 [g.m⁻³] = 10 [kg.m⁻³]

$$R = \frac{1}{\frac{CR}{MS} - 1} \quad (4.2)$$

Do qual resulta, R = 1

Através de 4.3 é determinado o caudal diário de lamas a recircular.

$$R = \frac{Q_r}{Q} \quad (4.3)$$

Do qual resulta, **$Q_r = 29.31$ [m³.dia⁻¹] de lamas a serem recirculadas, do fundo do Decantador Secundário, para o Tanque de Arejamento.**



5- Oxigénio requerido no TA

A determinação do Oxigénio requerido (O_r) [$\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$] para depuração da água residual permite, através do sistema de arejamento *Ecofuros*, aferir a pressão de trabalho.

Para aplicação da equação 5.2 é necessário calcular o Peso dos sólidos voláteis em suspensão (P_{svs}) [kg].

Factor relacionado com a síntese do material celular (a') = $0.55 \text{ [kgO}_2\cdot\text{kg CBO}^{-1}\text{]}$

Factor de respiração endógena (b') = $0.06 \text{ [kgO}_2\cdot\text{kg sv}^{-1}\text{]}$

$$P_{svs} = MVS \times V \quad (5.1)$$

$$P_{svs} = 63.505 \text{ [kg]}$$

$$O_r = a'Ce + b'P_{svs} \quad (5.2)$$

$$O_r = 1.12 \text{ kg O}_2\cdot\text{h}^{-1}; \text{ Com factor de segurança, } O_r = 1.12 \times 2 = 2.24 \text{ kg O}_2\cdot\text{h}^{-1}$$

A Carga de Azoto Afluyente [$\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$] calcula-se através do produto da capitação de Azoto pela População, $Pop = 195$ habitantes. Assume-se uma Capitação de Azoto = $12 \text{ [g}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}\text{]}$.

$$\text{Carga de Azoto Afluyente} = (195 \times 12) / 1000$$

$$\text{Resulta, Carga de Azoto} = 2.34 \text{ [kg}\cdot\text{dia}^{-1}\text{]}$$

$$O_2\text{requerido para a nitrificação é de: } 4.5 \times 2.34 = 10.53 \text{ kg O}_2\cdot\text{d}^{-1};$$

$$\text{Ou seja, } O_2\text{requerido para a nitrificação} = 0.44 \text{ kg O}_2\cdot\text{h}^{-1}.$$

$$O_2\text{requerido para a nitrificação, com factor de segurança: } 0.44 \times 2 = 0.88 \text{ kg O}_2\cdot\text{h}^{-1}.$$

O Oxigénio Total obtém-se através da soma do Oxigénio requerido (O_r) com o Oxigénio requerido para a nitrificação.

$$\text{Oxigénio Requerido Total, é de: } 2.24 + 0.88 = 3.12 \text{ kg O}_2\cdot\text{h}^{-1}.$$



O sistema de arejamento aplicado no protótipo de ETAR consiste em *Ecofuros* instalados no Tanque de Arejamento, que fornecem oxigénio para depuração da água residual. Considerando o sistema de arejamento por *Ecofuros* tem-se em consideração os seguintes dados, obtidos através do fornecedor.

Considerando a Pressão de Trabalho (Diferencial de pressão) de 2.0 bar temos que a agitação à saída do *Ecofuro* é de 2 metros de diâmetro em **relação ao eixo e obtido a 2 metros de distância**

O efeito é ainda obtido a 10 metros de distância e com um diâmetro de 4 metros

Oxigénio Requerido Total é de: $2.24 + 0.88 = 3.12 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$

Com base na Figura 18, o valor mais próximo é $3.550 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$, ou seja, ao aplicar uma pressão de trabalho **de 2 bar**, bastava um *Ecofuro*, para fornecer o Oxigénio Suficiente. Por razões de mistura são necessários dois *Ecofuros* dado o diâmetro e a altura do tanque de arejamento.

Sendo assim iremos calcular a pressão da bomba necessária e o respectivo caudal.

Rendimentos Ecofur IF H11

Diferencial de pressão entrada/saída (bar)	Pressão vacuo* (-bar)	Caudal líquido** (m ³ /hora)	Caudal gás*** (m ³ /hora)	Transf. massa C ₂ (kg/hora)
0.2	-0.10	2.62	1.16	0.355
0.4	-0.16	3.15	2.16	0.710
0.6	-0.22	3.60	3.14	1.050
0.8	-0.28	4.21	4.12	1.420
1.0	-0.34	4.74	5.10	1.775
1.2	-0.40	5.27	7.08	2.130
1.4	-0.46	5.60	8.26	2.485
1.6	-0.52	6.33	9.44	2.840
1.8	-0.58	6.86	10.62	3.195
2.0	-0.64	7.39	11.80	3.550
2.2	-0.70	7.92	12.98	3.905
2.4	-0.76	8.45	14.16	4.260
2.6	-0.82	8.98	15.34	4.615
2.8	-0.88	9.61	16.52	4.970
3.0	-0.94	10.24	17.70	5.325

* Pressão máxima para caudal de ar igual a zero

** Fluido líquido (injeção): Água

*** Fluido gasoso (injeção): Ar

Figura 17 - Pressões de trabalho para o *Ecofuro*



A escolha da bomba hidráulica a instalar no sistema de arejamento depende de duas características essenciais, caudal e altura manométrica. Optou-se calcular para situações de instalação de 2 ou 4 Ecofuros.

Determinação da Bomba Necessária para Recirculação de efluente para os Dois Ecofuros

Considerando a Pressão de Trabalho	2	bar
Caudal do Ecofuro a 2 bar (Ver Figura 18)	7.39	m³.h⁻¹
Transferência de massa de O ₂ (Ver Figura 18)	3.55	kg O₂.h⁻¹

Para saber a Pressão da Bomba é necessário saber a Pressão de trabalho e Pressão Hidrostática, deste modo tem-se:

Pressão de trabalho = Pressão da Bomba - Pressão Hidrostática

Para o fornecimento de **3.550 kg O₂.h⁻¹** ao sistema a pressão terá que ter um valor de:

Pressão de Trabalho (Figura 18)	2	bar
---------------------------------	----------	------------

Pressão Hidrostática = (massa específica da água [kg.m⁻³] × Aceleração da gravidade [m.s⁻²] × Altura de Líquido [m])

Serão colocados os Ecofuros a 3 metros de profundidade

Considerando os seguintes dados obtemos a Pressão Hidrostática

P - Massa específica da água	1000	kg.m⁻³
g - Aceleração da gravidade	9.8	m.s⁻²
h -Altura do líquido	3	m
Pressão Hidrostática	29400	Pa
Pressão Hidrostática	0.294	bar



Pressão da Bomba

2.294	bar
-------	-----

Pressão da Bomba

22.94	m.c.a.
-------	--------

Caudal necessário = 2 Ecofuros x Caudal a pressão de 2 bar (7,39 m³.h⁻¹)

Caudal necessário para os *Ecofuros* (Ver Figura 15)

14.78	m ³ .h ⁻¹
-------	---------------------------------

Dados para a Determinação da Bomba, para Dois Ecofuros

Altura Manométrica

22.94	m.c.a.
-------	--------

Caudal necessário

14.78	m ³ .h ⁻¹
-------	---------------------------------

Sendo assim as características para a escolha da bomba são:

Altura Manométrica

22.94	m.c.a.
-------	--------

Caudal necessário

14.78	m ³ .h ⁻¹
-------	---------------------------------

Nota: É necessária a colocação de um manómetro, para podermos saber a pressão de trabalho. A Pressão de Trabalho, não deve exceder os 2 bar, dado que acima desse valor o floco biológico é destruído, (Dados do fornecedor).



Determinação da Bomba Necessária para Recirculação de efluente para os quatro *Ecofuros*

Considerando a Pressão de Trabalho	2	bar
Caudal do <i>Ecofuro</i> a 2 Bar	7.39	m³.h⁻¹
Transferência de massa de O ₂	3.55	Kg O₂.hora⁻¹

Para saber a Pressão da Bomba é necessário saber a Pressão de trabalho e Pressão Hidrostática, deste modo tem-se:

Pressão de trabalho = Pressão da Bomba - Pressão Hidrostática

Para o fornecimento de **3.550 kg O₂.h⁻¹** ao sistema a pressão terá que ter um valor de:

Pressão de Trabalho (Ver Figura 15)	2	bar
-------------------------------------	----------	------------

Pressão Hidrostática = (massa específica da água [kg.m⁻³] × Aceleração da gravidade [m.s⁻²] × Altura de Líquido [m])

Serão colocados os *Ecofuros* a 3 metros de profundidade

Considerando os seguintes dados para cálculo da bomba a instalar

P - Massa específica da água	1000	kg.m⁻³
g - Aceleração da gravidade	9.8	m.s⁻²
h -Altura do líquido	3	m
Pressão hidrostática	29400	Pa
Pressão Hidrostática	0.294	bar



Pressão da Bomba	2.294	bar
Pressão da Bomba	22.94	m.c.a.
Caudal necessário para os Ecofuros	29.56	m ³ .h ⁻¹

Sendo assim as características para a escolha da bomba para a situação de quatro *Ecofuros* são:

Altura Manométrica	22.94	m.c.a.
Caudal necessário	29.56	m ³ .h ⁻¹

Nota: É necessária a colocação de um manómetro, para podermos saber a pressão de trabalho. A Pressão de Trabalho, não deve exceder os 2 Bar, dado que acima desse valor o floco biológico é destruído (Dados do fornecedor).

Como se verifica pelos rendimentos de transferência dos *ecofuros*, quatro *ecofuros*, são demasiados, para a situação em causa, pelo que em caso de verificação desta situação, pode-se diminuir a pressão de trabalho, garantido assim, não só uma menor pressão, como também uma menor destruição do floco biológico. Uma outra solução poderá ser a diminuição do tempo necessário ao arejamento.



6- Verificação dos parâmetros do Leito Percolador de Alta Carga:

Em função das cargas aplicadas ao Leito Percolador, classificam-se em Leito Percolador de baixa ou alta carga. No dimensionamento do Leito Percolador existem parâmetros que têm que ser cumpridos, através dos valores expressos na tabela 1

Tabela 2 - Parâmetros de dimensionamento do Leito Percolador

Parâmetros	Unidades	Baixa Carga	Alta Carga
Carga Hidráulica (Ch)	$m^3 m^{-2} dia^{-1}$	1 - 4	8 - 40
Carga Volúmica (Lv)	$kg.m^3 dia^{-1}$	0.08 - 0.04	0.40 - 5.0
Carga Superficial (Ls)	$kg.m^2 dia^{-1}$	0.12 - 10	1 - 12.5
Altura do Leito	m	1.8 - 3.0	1.0 - 2.5

Para o Leito percolador da nossa ETAR serão os seguintes valores:

Carga hidráulica (Ch) – 10 a 40 [$m^3 m^{-2} dia^{-1}$]; Carga Volúmica (Lv) - 0.4 a 5.0 [$kg.m^3 dia^{-1}$]; Carga superficial (Ls) – 1 a 12 [$kg.m^2 dia^{-1}$]

Os parâmetros a calcular são os seguintes:

- Carga orgânica à entrada do LP (COeLP)

- Área do LP (A) [m^2]

Para verificar a carga hidráulica é necessário saber os valores do caudal de ponta (Qp) e área do Leito Percolador.

$$Ch = \frac{Qp}{A} \quad (6.1)$$

Ch = 26 [$m^3 m^{-2} dia^{-1}$]; **Está dentro dos parâmetros (ver tabela 1).**

A carga afluyente ao Leito percolador é igual à carga efluente ao TA. A carga efluente ao TA é obtida através de COe TA = COa TA - Ce, COe = 11.72 - 3.908 \Leftrightarrow COe TA = COa Leito Percolador = 7.812 [$kg CBO_5.dia^{-1}$]. O Volume do Leito percolador é de 13.05 [m^3].

$$Lv = \frac{COa}{V} \quad (6.2)$$

Lv = 0.6 [$kg.m^3 dia^{-1}$]; **Está dentro dos parâmetros (ver tabela 1).**

$$Ls = \frac{COa}{A} \quad (6.3)$$

A área do Leito percolador é de 6.524 [m^2].

Ls = 1.2 [$kg.m^2 dia^{-1}$]; **Está dentro dos parâmetros (ver tabela 1).**



7- Calculo das Cargas orgânicas e rendimento do LP:

Rendimento do LP (ϵ_1) para LP de Alta Carga (Segundo a Formulação de Velz)

Carga orgânica à entrada do LP (COe) [kg.dia⁻¹]

Carga orgânica à saída do LP (COs) [kg.dia⁻¹]

Altura do LP (H) = 2 [m]

$$\epsilon_1 = 0.784 \times e^{-1.137H} \quad (7.1)$$

$\epsilon_1 = 0.703 \Leftrightarrow \epsilon_1 = 70.3\%$; **Com um rendimento de 70.3% não é possível atingir uma CBO₅ de 40 [mg.L⁻¹] à saída do LP.**

$$\epsilon = \frac{CO_a - CO_e}{CO_a} \quad (7.2)$$

Para CBO_{5e} = 40 mg.L⁻¹ o rendimento terá que ser de 85%, ou seja, é necessário recircular à entrada do LP.



8- Cálculo da Recirculação ao LP:

Para o cálculo da Razão de recirculação (R) optou-se por se utilizar as equações de *Velz* e *Rankine*. A obtenção de valores distintos nas equações 8.1 e 8.2 obriga ao cálculo da respectiva média (\bar{R}).

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 \times (1+R)}{1+(R \times \varepsilon_1)} \quad (8.1)$$

Através da fórmula de *Velz* resulta, $R = 1.4$

$$\varepsilon = \frac{R+1}{R+1.5} \quad (8.2)$$

Através da fórmula de *Rankine* resulta, $R = 1.81$

$$\bar{R} = \frac{1.4+1.81}{2} = 1.61 \quad (8.3)$$

$$Q_r = R \times Q_1 \quad (8.4)$$

Resulta $Q_r = 47.2 \text{ [m}^3\text{.dia}^{-1}\text{]} = 1.97 \text{ [m}^3\text{.h}^{-1}\text{]}$,

Teremos que recircular $1.97 \text{ [m}^3\text{.h}^{-1}\text{]}$, de efluente clarificado (à saída do Decantador Secundário), para a cabeça do leito percolador.

O cálculo do “novo” caudal (Q_2) é realizado através de:

$$Q_2 = Q_r + Q_1 \quad (8.5)$$

$Q_2 = 76.51 \text{ [m}^3\text{.dia}^{-1}\text{]}$

$$Q_{p2} = Q_p + Q_r \quad (8.6)$$

$Q_{p2} = 9.07 \text{ [m}^3\text{.h}^{-1}\text{]}$



9- Verificação dos parâmetros do LP com recirculação:

O aumento do caudal induz ao aumento da carga hidráulica, o que poderá inviabilizar a eficiência de tratamento. É deste modo necessário ter em consideração o novo caudal (Q2) para o cálculo da carga hidráulica (Ch1) e o caudal de ponta para Ch2.

Por **Equação 6.1**, $Ch1 = \frac{76.51}{6.524} = 11.7 \text{ [m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}\text{]}$; **Está dentro dos parâmetros.**

Por **Equação 6.1**, $Ch2 = \frac{9.07 \times 24}{6.524} = 33.3 \text{ [m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}\text{]}$; **Está dentro dos parâmetros.**

Carência bioquímica de oxigénio afluyente ao LP ($CBO_5 e$) = 266.7 [mgL⁻¹]

É igualmente fundamental refazer o cálculo da Carga Orgânica com recirculação (COeR)

$$CBOa = \frac{CBOd + R \times CBOe}{1 + R} \quad (9.1)$$

Resulta $CBOa = 126.21 \text{ [mgL}^{-1}\text{]}$

$$COeR = CBO \times Q2 \quad (9.2)$$

$COeR = 9.655 \text{ [kgdia}^{-1}\text{]}$

Por **Equação 6.2**, $Lv = \frac{9.655}{13.05} = 0.73 \text{ [kg.m}^{-3}\text{dia}^{-1}\text{]}$; **Está dentro dos parâmetros.**

Por **Equação 6.3**, $Ls = \frac{9.655}{6.524} = 1.48 \text{ [kg.m}^{-2}\text{dia}^{-1}\text{]}$; **Está dentro dos parâmetros.**



10-Verificação dos parâmetros do Decantador Secundário

Os parâmetros a cumprir no Decantador Secundário são, Ch – 0.8 a 1.0 [$\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$] e Tempo de retenção, Tr – 1.5 a 4 horas.

Sabendo que a Área do decantador secundário (A) = 6.524 m^2

Por Equação 6.1, Ch = $\frac{9.07}{6.524} = 1.39$ [$\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$]; Não cumpre com os parâmetros.

$$\text{Tr} = \frac{V}{Q} \quad (10.1)$$

Resulta, Tr = 0.86 horas; **Não cumpre com os parâmetros.**

Para cumprir os parâmetros, seria necessário um **maior volume e área de decantação**. Para ultrapassar esta questão existem lamelas aplicadas no decantador, aumentando assim a respectiva área de decantação.

Dado o formato da ETAR, em questão, um sistema de lamelas activadas e leito percolador em série, sem etapa de decantação entre eles, poderá ocorrer ao longo do tempo uma colmatação do meio filtrante (elementos de fixação microbiana). Para minimizar essa questão foi colocado anteparas à saída do Tanque de Arejamento.

Após a elaboração do dimensionamento do protótipo de ETAR, foi tido como objectivo principal a verificação das condições constantes no dimensionamento (Caudal de tratamento determinado e Carência Bioquímica de Oxigénio) e verificação da capacidade máxima de tratamento da ETAR.

Tendo em conta o sistema de arejamento em questão, por *Ecofuros*, na qual ocorre o fornecimento de ar dissolvido, poder-se-ia verificar uma grande acumulação de gorduras à superfície do tanque de arejamento, bem como causar uma quebra grande do floco biológico, ficando este em pequenas dimensões. Em consequência disto poderia ocorrer perda de biomassa juntamente com o efluente tratado (*wash-out*).



4.2.3 - Monitorização do protótipo da ETAR compacta de Fluxo Ascendente

A ETAR consiste numa ETAR compacta de Fluxo Ascendente (Figura 5) desenvolvida na Martifer Inox, para uma capacidade de tratamento de 195 habitantes equivalentes. O conceito de ETAR compacta por fluxo ascendente, como já referido anteriormente, baseia-se apenas no sentido em que é realizado o deslocamento do fluido, no presente caso o efluente ascende para um reator biológico. Este tipo de ETAR não é soterrada, o acesso aos diversos equipamentos é deste modo facilitado. Na instalação deste tipo de ETAR não é necessária remoção de terras, reduzindo os custos que lhe estão associados. O formato vertical é igualmente um factor vantajoso, a área de implantação é menor sendo esta proporcional aos custos.

A monitorização do protótipo da ETAR compacta torna-se essencial, para a valorização da mesma como potencial solução de tratamento águas residuais. A monitorização da ETAR é realizada através de um conjunto de procedimentos práticos, tais como, registo do caudal diário, análise do efluente em termos de carga orgânica e biomassa no reator.

O processo de monitorização permite-nos:

- Reunir e estudar os dados referentes aos parâmetros Carência Química de Oxigénio (CQO), Azoto Amoniacal, Nitritos, Azoto Total e Fósforo Total em águas residuais, comparando-os com a legislação vigente referente aos limites de descarga de águas residuais.
- Verificar a viabilidade da ETAR para se inserir no mercado, dando-da a conhecer ao público como solução de tratamento de águas.
- Testar a capacidade de tratamento da ETAR por fluxo ascendente, de modo a dar cumprimento à legislação referente à emissão de águas residuais.

O procedimento do acompanhamento da capacidade de tratamento da ETAR compacta por Fluxo Ascendente é realizado através da análise dos parâmetros exigidos por lei (Decreto-Lei n.º 236/98).

O rendimento médio da ETAR (ε) foi calculado através da seguinte equação:

$$\varepsilon = \frac{CQO_{\text{afluente}} - CQO_{\text{efluente}}}{CQO_{\text{efluente}}}$$

Sabendo que o valor da CQO afluente do Leito Percolador é igual à CQO efluente do TA tem-se:

$$\varepsilon = \frac{CQO_{\text{efluente TA}} - CQO_{\text{efluente ETAR}}}{CQO_{\text{efluente ETAR}}}$$

A capacidade de tratamento é determinada através da comparação entre os valores da CQO efluente e o caudal diário a ser tratado.



O período de medição ocorreu entre 10/09/09 e 29/09/09. Deste modo pretendeu-se analisar o desenvolvimento da ETAR no primeiro mês de funcionamento.

As análises laboratoriais executadas com o intuito de monitorizar a ETAR compacta por fluxo ascendente, têm como referência os valores limite de emissão na descarga de águas residuais (Tabela 1) expressos no Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/98. A caracterização das águas residuais depende em grande parte dos valores obtidos para os parâmetros enunciados no mesmo diploma. Através da análise destes parâmetros é possível verificar o funcionamento dos processos de tratamento a que essa água é sujeita.

Existem diversos parâmetros quantificáveis, contudo, realizámos análises para a COO, Azoto Amoniacal (Amoníaco), Fósforo Total, Nitratos e Azoto Total (Nitrogénio). Considerou-se mais relevante para a monitorização dos processos a obtenção de valores da COO. Neste processo de monitorização mediu-se para cada amostra o Oxigénio Dissolvido (OD) em mgL^{-1} e pH na escala de *Sorensen*.

Tabela 3 - Valores Limites de Emissão aplicados a descargas de águas residuais

Parâmetros	Expressão dos Resultados	Valor Limite de Emissão	Métodos analíticos Utilizados
	<i>Medido no Local de recolha</i>		
pH	Escala de <i>Sorensen</i>	6.0 a 9.0	Electrometria
O.D	mgL^{-1}	-	
	<i>Medido em Laboratório</i>		
COO	$\text{mgL}^{-1} \text{O}_2$	150	Espectrometria
Fósforo Total	$\text{mgL}^{-1} \text{P}$	10	Espectrometria
Azoto Amoniacal	$\text{mgL}^{-1} \text{NH}_4$	10	Espectrometria
Nitratos	$\text{mgL}^{-1} \text{NO}_3$	50	Espectrometria
Azoto Total	$\text{mgL}^{-1} \text{N}$	15	Espectrometria

Valores expressos no Anexo XVIII do Decreto – Lei n.º 236 / 98

O processo de monitorização aplicado à ETAR compacta por fluxo ascendente, consiste na adopção de um procedimento capaz de transpor o desenvolvimento dos processos de tratamento de água residual e respectiva eficiência durante um determinado período de tempo, através da recolha de amostras, análise e estudo de valores obtidos.



A recolha de amostras foi realizada em 3 pontos distintos:

- Amostragem após o tanque de equalização (efluente em estado bruto);
- Amostragem após o tanque de arejamento, ou seja, antes do efluente ser submetido ao filme biológico;
- Amostragem do efluente tratado à saída da ETAR.

A análise do efluente antes do Leito percolador permite determinar o rendimento do processo de arejamento e do leito percolador. Tendo em conta que realizámos recolha diária de amostras e respectiva análise é possível detectar a evolução da capacidade de tratamento da ETAR.

A partir da data 18/09/09 optou-se pela realização apenas do teste da CQO, verificámos que durante o período de 18/09/09 a 29/09/09, o processo de arejamento não funcionou correctamente, devido a danos na bomba responsável pela injeção de oxigénio. O não funcionamento da bomba deve-se à gradagem insuficiente e falta de manutenção, pois a montante acumulam-se materiais dificilmente degradáveis que prejudicam a bombagem de efluente residual. Pelo facto de não existir arejamento do efluente residual, não ocorre o processo de nitrificação, deste modo, optámos por não controlar a remoção de Azoto amoniacal Fósforo Total e Azoto Total.

Foram utilizadas **garrafas de plástico** para efectuar a recolha da água residual, estas eram preenchidas até ao topo sempre que possível para não ocorrer degradação da amostra. O transporte era realizado numa **mala térmica**, de forma a conservar a amostra até ao local de testes. No próprio local foi medido o Oxigénio Dissolvido e pH através de um **analizador portátil**. Registámos diariamente o caudal acumulado desde o início de funcionamento da ETAR através de um caudalímetro electromagnético do tipo Magflow da *Siemens* e a pressão de funcionamento do arejamento através de um manómetro de inserção em tubagem. O registo do caudal afluente à ETAR é fundamental para comparar com a eficiência de remoção da CQO.

Na realização das análises seguimos o procedimento respectivo para cada parâmetro, através do **Manual do espectrofotómetro C214** da *Hanna Instruments*. O teste de CQO era realizado com o **kit de testes CQO** de gama média (0 – 1500 mgL⁻¹). A amostra do efluente bruto (recolhido à entrada de ETAR) era diluída a 1:2, na amostra do efluente no TA (saída do tanque de arejamento) não era aplicada qualquer diluição. Em algumas situações para a amostra do efluente tratado (saída da ETAR) utilizámos o kit de testes CQO de gama baixa (0 – 150 mgL⁻¹). Tentámos seguir os procedimentos do manual rigorosamente, nomeadamente, modo de homogeneização da amostra e tempos de reacção. Para adição de volumes foi utilizado uma **micropipeta** de 2 ml e uma **seringa** de volume 1 ml, esta fornecida no próprio kit de testes. As diluições são realizadas numa **cuvette** de 10 ml para minimizar os erros. As leituras das soluções com as amostras eram realizadas através do **espectrofotómetro C214**.

Os procedimentos detalhados de análise dos parâmetros Azoto amoniacal, Nitratos, Fósforo Total, Azoto Total e CQO são descritos nos anexos.

4.3 - ETAR compacta de Lavagem de Automóveis

4.3.1 - Descrição do sistema de tratamento da ETAR

A implementação de novos sistemas/soluções de tratamento de água residual requer, após a execução do projecto e da sua implementação, um controlo constante das diversas fases de tratamento, capazes de interferir na eficiência da depuração do efluente. O procedimento de monitorização de uma ETAR consiste no acompanhamento periódico do estado do caudal afluente à ETAR, análises ao efluente em termos de Carência Química de Oxigénio, Oxigénio Dissolvido, Concentração de Lamas e inspecções visuais ao estado do sistema. O registo do caudal irá associar-se aos dados obtidos nas análises físico-químicas, de forma a complementar resultados relativos à capacidade de tratamento de água residual.

Tendo por base os sistemas de tratamento por sistema sequencial descontínuo, mais conhecido pela sigla inglesa SBR (*Sequential Bath Reactor*) desenvolveu-se um sistema similar para tratamento de água residual. Um sistema SBR consiste num único depósito no qual ocorrem um determinado número de ciclos, por norma 5 ciclos. No entanto o presente sistema de tratamento distingue-se do tradicional sistema de SBR, na medida em que a estação de tratamento é constituída por três compartimentos, em cada um do qual decorrem os ciclos de fase anaeróbia, arejamento, sedimentação e extracção.

O sistema de tratamento de água residual sujeito a estudo é do tipo ETAR compacta destinada ao tratamento de efluentes provenientes de Estações de Lavagem Automóvel. O protótipo de ETAR irá ser designado no presente documento como ETAR Lavagem Auto. O presente sistema de tratamento foi desenvolvido com o intuito de tratar águas provenientes da lavagem de automóveis como já referido, no entanto, mais recentemente foi aplicado na empresa Martifer II Inox, S.A., para tratamento das águas provenientes da mesma. A ETAR consiste num depósito dividido em 3 partes, em cada um dos compartimentos ocorrem processos distintos. Apresenta-se seguidamente o esquema da ETAR (Figura 19).

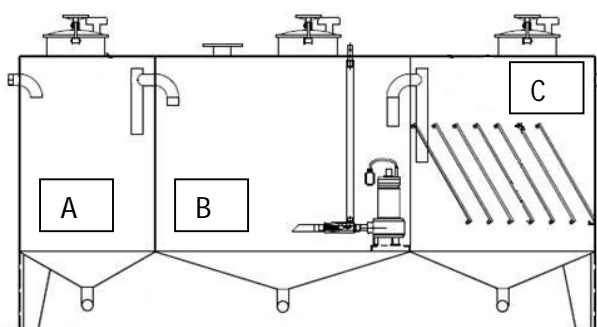


Figura 18 - Esquema da ETAR Lavagem Auto

Através da figura 19 é possível distinguir os compartimentos da ETAR. Os três compartimentos foram designados neste trabalho por A, B e C. O compartimento "A" tem como função armazenar e regular o caudal afluente, este pode ser definido como compartimento de equalização. É essencial existir sempre um tanque de equalização a montante do sistema de tratamento, não só para regular o



caudal afluyente, mas também para obter uma água residual mais homogênea. No compartimento “B” ocorre o processo de arejamento. Existe uma bomba submersível que fornece oxigénio ao efluente para ocorrer consumo da matéria orgânica. O fornecimento de oxigénio está programado por ciclos, ou seja, um ciclo em fase aeróbia e outro em fase anaeróbia.

O compartimento “C” é o local onde ocorre o processo de decantação. Este compartimento é constituído por lamelas de modo a permitir a deposição mais eficiente de sólidos sedimentáveis.

Para incrementar a eficiência do processo de tratamento existe uma bomba responsável pela recirculação de efluente do decantador (compartimento C) para o reactor biológico (compartimento B).

4.3.2 - Monitorização da ETAR de Lavagem Auto

Caudal afluyente

A capacidade de tratamento depende em grande parte do caudal afluyente, neste sentido, efectuaram-se leituras diárias do caudal (**Tabela 3**) para existir um termo de comparação.

Tabela 4 - Caudal afluyente à ETAR de Lavagem Auto.

Data	Hora	Caudal Registrado [m ³]	Caudal diário [m ³ .dia ⁻¹]
19-11-2009	15:00	3855,80	0,00
20-11-2009	15:00	3857,00	1,20
23-11-2009	15:00	3860,23	1,08
25-11-2009	15:00	3863,80	1,79
26-11-2009	15:00	3866,48	2,68
27-11-2009	15:00	3868,85	2,37
02-12-2009	15:00	3870,54	1,69
03-12-2009	15:00	3871,90	1,36
04-12-2009	15:00	3874,85	2,95
09-12-2009	15:00	3879,49	4,64
10-12-2009	15:00	3881,37	1,88
11-12-2009	15:00	3883,23	1,86
14-12-2009	16:00	3892,48	4,63
15-12-2009	15:00	3893,63	1,15
17-12-2009	15:15	3897,52	1,94
18-12-2009	15:15	3900,04	2,52

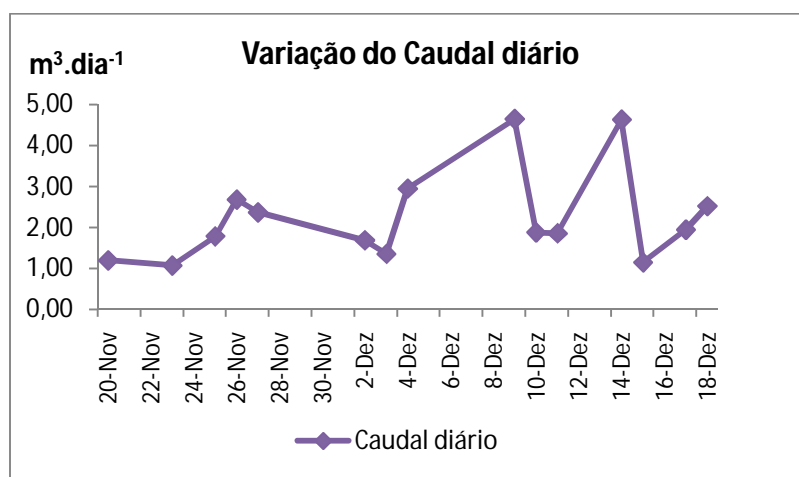


Gráfico 1 - Evolução do Caudal diário

Os valores referentes aos dias 23 e 25 de Novembro, 2, 9, 14 e 17 de Dezembro foram obtidos por estimativa, nestes dias não foi se registou o caudal. É possível observar através da evolução do caudal diário (Gráfico 1), que o mesmo está compreendido entre 1,0 e 4,64 m³dia⁻¹.

Apesar de o caudalímetro só ter sido instalado a partir de 19-11-09, assume-se que o caudal terá tido a mesma tendência evolutiva para o período entre 20-10-09 a 19-11-09.

Oxigénio Dissolvido

A leitura do Oxigénio Dissolvido presente no efluente permite aferir se o sistema de arejamento está a fornecer oxigénio suficiente. A presença de oxigénio é essencial para ocorrer a degradação da matéria orgânica. Os valores de oxigénio dissolvido foram lidos após o efluente ter sido sujeito ao arejamento e no instante antes do sistema de arejamento entrar em funcionamento (Tabela 5). Este procedimento permite avaliar em termos quantitativos a eficiência do sistema arejamento no processo de depuração. O sistema de arejamento entra em funcionamento e/ou paragem em períodos de 10 em 10 minutos.

Tabela 5 - Valores de Oxigénio Dissolvido

Arejamento em funcionamento	Sem Arejamento
mg O ₂ .L ⁻¹	mg O ₂ .L ⁻¹
5,85	3,89
8,83	6,1
10,12	8,3
9,24	3,8



Através dos valores obtidos de Oxigénio Dissolvido (tabela 5) é possível afirmar que a concentração de O_2 nas amostras de efluente recolhido sem ser sujeito ao arejamento é suficiente, ou seja, não existe grande perda de oxigénio em relação ao que é inicialmente fornecido.

Carência Química de Oxigénio

Foram realizadas análises à água residual relativamente ao parâmetro CQO medido à entrada e saída da ETAR. Verificou-se a ocorrência de variações na capacidade de tratamento, os valores de eficiência de depuração do efluente variam entre 50 % e 70 %.

Tendo em consideração os valores da CQO do efluente bruto, os valores obtidos para a CQO à saída da ETAR revelam-se satisfatórios, no entanto, ainda não dão cumprimento à legislação vigente relativa às descargas de águas residuais (Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto).

Constatou-se que a bomba de recirculação, por falha mecânica, não bombeava caudal para o tanque de arejamento. Este facto associado à reduzida quantidade de lamas é talvez a causa da degradação incompleta da matéria orgânica.

Ao longo do procedimento de monitorização constatou-se que é frequente a formação de espumas durante o processo de arejamento.

Em suma, apresentando o efluente em questão **valores de carga orgânica elevados**, existindo **variações de caudal** afluente à ETAR e **reduzida quantidade de lamas**, pode considerar-se que a ETAR ainda não é eficaz na remoção da matéria orgânica. Contudo o investimento na recirculação de lamas para o reactor biológico poderá revelar-se vantajoso em termos de eficiência da ETAR.

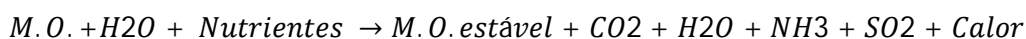


4.4 - Tratamento de Lixiviados através da Fotodepuração

Na linha da inovação e desenvolvimento surge um novo projecto que tem por base o tratamento de águas residuais provenientes de aterros sanitários (Lixiviados). Os Lixiviados são efluentes com características de difícil biodegradabilidade ou não biodegradabilidade. Com o intuito de reduzir os gastos energéticos no tratamento deste tipo de efluente é utilizada a energia da radiação solar juntamente com os catalizadores, Dióxido de Titânio (TiO_2) ou Peróxido de Hidrogénio (H_2O_2) + Ferro (Fe^{2+}), para incrementar a biodegradabilidade do efluente.

4.4.1 - Formação de Lixiviados

A decomposição dos resíduos em aterro processa-se por acção de microorganismos que actuam sobre o resíduo em condições de ambiente húmido. A degradação dos resíduos ocorre em 5 fases, nomeadamente, Aeróbia, Transição, Acetogénica, Metanogénica e Maturação. **A fase aeróbia** caracteriza-se pela produção de CO_2 , H_2O , nitratos e sulfatos através do consumo de oxigénio presente nos resíduos. Este processo gera calor, que por sua vez induz ao desenvolvimento de microorganismos (Silva, 2009). Esta fase é geralmente de duração limitada devido à grande carência de oxigénio nos resíduos. A única camada envolvida neste processo aeróbio é a camada superior. Na presente fase a quantidade de lixiviados não é significativa. A seguinte equação representa genericamente a conversão da fracção orgânica em resíduo orgânico estável (Arantes, 1997).



As fases seguintes caracterizam-se por predominar a decomposição anaeróbia. Na **fase de Transição** a fermentação ácida é responsável pela redução do pH, assim como, elevadas concentrações de ácidos orgânicos voláteis e iões inorgânicos (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+). As concentrações de nitratos e sulfatos podem reduzir-se lentamente com a diminuição do potencial oxidação-redução. Os sulfuretos formados pela redução dos sulfatos com o hidrogénio, podem precipitar sais metálicos, tais como, ferro, magnésio e metais pesados. Na **fase Acidogénica** através da Glicólise ocorre produção de ácido láctico, fórmico, acético, propiónico e butírico. O ácido mais relevante neste processo é o ácido acético (Arantes, 1997). Na **fase metanogénica**, como o próprio nome indica, ocorre produção de metano. Através do ácido acético é produzido CH_4 e CO_2 . A duração da presente fase é aproximadamente 2 anos. **Na fase de Maturação** ou estabilização produz-se uma degradação lenta do material, no qual é produzida reduzida quantidade de CH_4 e CO_2 e a duração da presente fase está compreendida entre 8 e 15 anos (Silva, 2009).

Para controlar os produtos resultantes da degradação dos resíduos é necessário instalar equipamentos de retenção (membranas de retenção e respectiva tubagem para transporte).

A produção de lixiviados é realizada bioquimicamente por mecanismos que regulam a transferência de massa entre resíduos e água. Estes são referidos como, hidrólise dos resíduos e degradação biológica, solubilização de sais solúveis e arrastamento de partículas. Existe no entanto um conjunto de factores relevantes que influenciam a composição do lixiviado, tais como, hidrologia do local, Clima, Compactação dos Resíduos, Tamanho das Partículas, Composição dos resíduos, pH, Potencial redox, Idade do Aterro, Temperatura, Tipo de Solo, Volatilização, Oxigénio, Alcalinidade,



Hidrogénio, Sulfato, Inibidores da decomposição biológica. Os inibidores são os catiões de Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+ , N^+ para determinadas concentrações (Arantes, 1997).

As cargas orgânicas (CQO e CBO) deste tipo de efluente, assim como, nutrientes (Azoto e Fósforo), são geralmente muito elevadas. Em muitos dos casos também se verifica elevada condutividade, presença de metais pesados entre outros. Contudo, as características dos lixiviados variam consuante as fases acima descritas. Na fase Acidogénica o pH tem comportamento ácido ($\text{pH} < 6.6$), carga orgânica elevada com relação $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}} < 0.3$ e pode verificar-se a presença de elevadas concentrações de metais pesados. Na fase Metanogénica o pH tende a ser neutro ($6.5 < \text{pH} < 7.5$), a relação $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}}$ compreendida entre 0.3 e 0.1 e as concentrações de metais pesados tendem a diminuir com o incremento do pH. Na fase de Maturação o pH é superior a 7.5, a carga orgânica dos lixiviados é reduzida e apresenta uma relação $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}} < 0.1$ (Silva, 2009).

4.4.2 - Fotocatálise

O indicador que caracteriza a água quanto à sua biodegradabilidade é a relação entre Carência Química de Oxigénio e Carência Bioquímica de Oxigénio, $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}}$. A capacidade de tratamento dos processos biológicos é influenciada negativamente se o efluente apresentar uma relação $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}}$ baixa, ou seja, não biodegradável ou dificilmente biodegradável. No capítulo anterior (Formação de Lixiviados) é mencionado que a relação $\frac{\text{CBO}}{\text{CQO}}$ é baixa.

A impossibilidade de tratamento destes tipos de efluentes por via biológica criou a necessidade de desenvolver novas técnicas de tratamento. Para remover os componentes tóxicos para os microrganismos, foi criada uma nova técnica, denominada Processos Oxidativos Avançados (POA). Ocorrem neste tipo de processos diferentes sistemas de reacção, todos eles caracterizados pela produção de radicais hidroxilo (OH) capazes promover a oxidação e mineralização da grande maioria das moléculas orgânicas, libertando CO_2 e iões inorgânicos (Malato et al., 2006).

Entre estes processos existe a foto-oxidação que desempenha um papel fundamental na depuração de matéria residual proveniente das actividades humanas. A absorção de radiação solar induz à ocorrência de processos químicos, físicos e biológicos capazes de oxidar ou reduzir substâncias no ambiente. A ocorrência de fotoreacções, está relacionada com a interferência dos raios Ultra-violeta (UV) provenientes da radiação solar numa reacção.

No final da época de 1970 as reacções de foto-oxidação com uso do Dióxido de Titânio foram identificadas como um novo meio de oxidar, de forma completa, os compostos orgânicos em dióxido de carbono. Na década de 80 prosseguiram-se as investigações desta tecnologia (fotocatálise) aplicada à degradação dos poluentes orgânicos nas águas (Zepp et al., 1991).

A optimização destes processos fotoquímicos é essencial para incrementar a eficiência de remoção das impurezas em águas residuais. O uso da tecnologia de desinfecção através de lâmpadas de UV em águas residuais resulta apenas numa oxidação parcial de poluentes orgânicos. No entanto



as novas técnicas de POA permitem realizar uma oxidação mais completa, como é o caso da fotocatalise. Esta técnica envolve, combinação dos UV com um oxidante (Ozono ou Peróxido de Hidrogénio). No sistema de Fotocatalise homogénea pode ser utilizado ferro e peróxido de hidrogénio (foto - Fenton) ou num sistema fotocatalítico heterogéneo, dióxido de titânio e peróxido de hidrogénio. (Zepp et al., 1991).

O método foto - Fenton (fotocatalise homogénea) aplica a combinação do Peróxido de Hidrogénio (H_2O_2) e Ferro (Fe^{2+}). A reacção foto-Fenton é apenas a designação para a reacção Fenton ($Fe^{2+} + H_2O_2$) sujeita à radiação Ultra-Violeta (UV). A fotocatalise heterogénea, caracteriza-se pelo uso do Dióxido de Titânio (TiO_2) como agente foto - catalítico em detrimento do Fe^{2+} .

Foi demonstrado, que o processo por foto-Fenton, comparativamente ao método por TiO_2 , é mais eficiente, não só para a degradação de pesticidas, mas também para a mineralização do Carbono Orgânico Total (COT). Reduzidas concentrações de Ferro são suficientes para tratar águas residuais que contenham pesticidas, este facto apresenta-se como vantagem no sentido de não existir a necessidade de remoção do Ferro na fase final do tratamento. No entanto para este método (foto-Fenton), é necessário especial atenção às águas residuais que contenham organofosfatos, o Ferro poderá precipitar como $FePO_4$. Para o caso do TiO_2 , do ponto de vista industrial, a medição do pH pode ser útil para determinar a etapa de degradação, no sentido de ser uma medição fácil, rápida, económica e fiável. Contudo não tal não se verifica quando os contaminantes contenham Azoto (N), pois poderá ocorrer a formação do catião NH_4^+ e aniões (Malato et al., 2006).

Através dos processos foto - catalíticos por TiO_2 e foto - Fenton o uso da energia solar pode melhorar, não só os custos do tratamento de águas residuais, mas também, contribuir para a sustentabilidade do processo através da redução dos gastos de electricidade provocados pelas lâmpadas UV (Malato et al., 2006).

Em suma, a fotodepuração é uma técnica que usa compostos químicos com propriedades fotocatalíticas para oxidação dos poluentes numa água residual. Através da adição de um agente catalítico capaz de reagir à radiação dos UV (Ferro ou Dióxido de Titânio) juntamente com um oxidante (Peróxido de Hidrogénio), induz à formação de radicais hidroxilo (OH) e outros radicais capazes (por exemplo H^+) oxidar compostos orgânicos.

4.4.3 – Equipamentos de um sistema fotocatalítico

Um sistema de tratamento solar (Fotoreactor) poderá consistir num tanque de homogeneização, uma bomba de recirculação centrífuga ($1.5 m^3.h^{-1}$), um colector solar ligado a tubagem e válvulas de polipropileno (PP). O volume total do fotoreactor utilizado é compreendido entre 70 e 82 Litros. O fotoreactor (Figura 19) é composto por 4 unidades de colectores parabólicos compostos (Factor de concentração = 1) com uma área de $1.04 m^2$ cada. Os colectores, dependendo do local, são instalados com um ângulo de inclinação de 37 a 40°. Cada unidade de colector é constituída por 5 tubos de vidro-borosilicato de diâmetro de 50 mm transmissibilidade (t) > 50% a comprimento de onda (λ) > 300 nm; (t) > 75 % com λ > 320 nm; t > 90 % com λ > 350 nm) ligados por juntas de plástico. O volume total iluminado é cerca de 44.6 Litros (Malato et al., 2006).

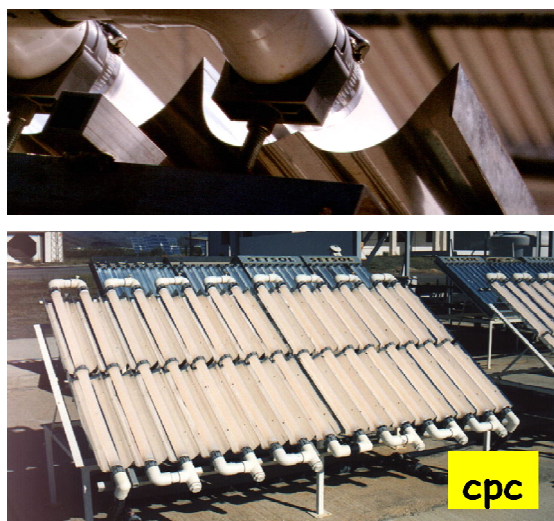


Figura 19 - Colectores Parabólicos Compostos na Plataforma Solar de Almería [9]

1. Novo Reactor de Fotocatálise – Fotoreactor de catalisador fixo

Num desenvolvimento de um novo reactor fotocatalítico à que ter em consideração dois parâmetros importantes, tais como, distribuição da luz dentro de reactor e área superficial por unidade de volume do reactor. O reactor consiste numa caixa rectangular no qual estão inseridas placas de vidro (colectores solares) revestidos na sua superfície do agente catalítico (Figura 20). São colocadas lâmpadas com reflectores para dois dos lados, enquanto os outros dois lados servem de entrada e saída do efluente (Beenackers et al., 1998).

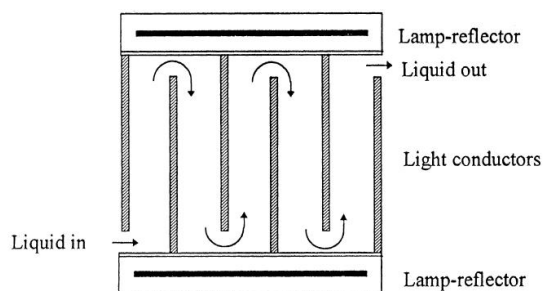


Figura 20 - Planta de Fotoreactor [10]

A aplicação de tecnologia que envolve oxidação através de radicais hidroxilo ganhou um crescente interesse para o tratamento de águas residuais. Em particular a degradação fotocatalítica heterogénea com a presença de um semi-condutor catalítico (agente fotocatalítico), mostrou ser um método de remoção de químicos tóxicos promissor. O agente fotocatalítico mais usado é o Dióxido de Titânio (TiO_2). A activação do semi-condutor catalítico ocorre com a absorção de fotões na banda de energia do Ultra-violeta, resultando na formação de um dador (Redução) e num receptor de



electrões (Oxidação). No processo de oxidação ocorre formação de dióxido de carbono e água, enquanto outros elementos ligados aos compostos orgânicos são convertidos em aniões, tal como, nitrato, sulfato ou cloro (Beenackers et al., 1998).

Nos fotoreactores que operam com partículas catalíticas, a taxa de reacção é predominantemente determinada pela intensidade de luz aplicada, pela eficiência do agente catalítico e pelas propriedades de absorção dos compostos presentes em solução. Com a adição dos agentes catalíticos na água residual é requerido após a obtenção de água tratada a remoção destes. Esta situação poderá ser considerada um problema, nomeadamente o aumento do tempo de tratamento e aumento dos custos. Adicionalmente neste tipo de fotoreactor a limitada profundidade de penetração da radiação UV, torna-se igualmente um problema. Os problemas mencionados acima podem ser evitados em fotoreactores, no qual, as partículas catalíticas estão fixas. A fixação de um semi-condutor catalítico poderá gerar uma única condicionante, a reacção ocorre numa interface líquido – sólido, a transferência de massa torna-se então um parâmetro importante a ser considerado. Em aplicações à escala real, os factores mais complexos a ter em conta são a distribuição adequada da luz nos tubos condutores para as partículas catalíticas e assegurar que cada partícula catalítica receba a quantidade necessária de radiação para activação (Beenackers et al., 1998).

A radiação solar entra nos colectores através de uma extremidade e são distribuídos por reflexão ao longo de todo o comprimento (Figura 21). No entanto, o índice de refração do TiO_2 (2.4 – 2.8) é superior ao do vidro (1.5) num comprimento de onda 200 – 400 nm, pelo que não existe reflexão interna no tubo quando este se encontra revestido do agente catalítico. O revestimento consiste em pequenas esferas de partículas catalíticas dispostas ao longo de toda a superfície, como já foi referido. Para facilitar a adesão do agente catalítico à superfície do vidro, este deverá ter alguma rugosidade, esta obtida através do desgaste por jacto de areia. Esta configuração providencia uma maior área de distribuição de luz e permite que o reactor tenha uma maior área catalítica iluminada por unidade de volume. Os resultados para este tipo de reactor fotocatalítico mostram-se animadoras. A degradação dos poluentes atingiu 90% num período de 100 minutos. Apesar dos resultados, o reactor está longe de estar optimizado. A eficiência aumentaria se o comprimento dos tubos fosse menor, pois o agente catalítico muito provavelmente encontrava-se inactivo no fim do tubo (falta de radiação) (Beenackers et al., 1998).

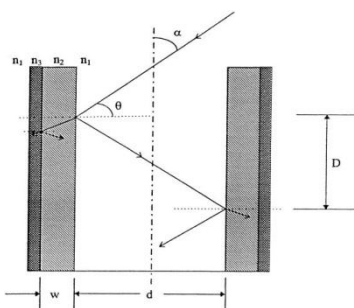


Figura 21 - Ângulo de reflexão ao longo da superfície do Fotoreactor [10]



4.5 - Propostas Técnico-Comerciais

A necessidade de a empresa Martifer Inox se afirmar no mercado das águas residuais possibilitou-me exercer funções de apoio e acompanhamento dos projectos relacionados com tratamento de águas residuais. São estudados projectos de ETAR, desde tubagem, válvulas, bombas hidráulicas, sensores, caudalímetros, órgãos de tratamento entre outros. Para dar uma resposta mais eficiente às propostas técnico-comerciais foi criada uma base de dados (Figura 22) onde constam os fornecedores e respectivos contactos, assim como equipamentos disponíveis no mercado das águas e custos associados à aquisição dos mesmos.

	A	B	C	D	E	F	G
	Equipamento	Designação	Marca	Modelo	Características	Link	Preço Unitário
606	Sensor Oxigénio	Transmissor de OD	Endress-Hauser	COM253-DX0010 Liquisys M COM254	247x170x115mm, IP65		903,2
607	Sensor Oxigénio	Sensor de OD	Endress-Hauser	CO541-4F Oxymax W CO541	Gama:0,05..20mg/L cabo 15m, água residual		806,4
608	Sensor Oxigénio	Suporte para montagem submersível	Endress-Hauser	Dipfit W CYA611	Aplicação:canal aberto, tanques, 1630mm		109,0
609	Sensor Oxigénio	kit de Limpeza jacto de água para CYA611	Endress-Hauser	Montagem em CYA611			120,0
610	Sensor Oxigénio	Transmitter, dissolved oxygen DO	Endress-Hauser	COM253-DX0005 Liquisys M COM253			750,0
611	Sensor Oxigénio	Dissolved oxygen sensor, amperometric	Endress-Hauser	CO541-2F Oxymax W CO541	Measuring range: 0.05..20 mg/l.		696,0
612	Sensor Oxigénio	MEDIDOR PORTÁTIL (com mala)		COM280	0-90 mg/L; -5 - 50 °C		1.348,3
613	Sensor pH	Transmissor PH/ORP	Endress-Hauser	CPM253-MR0010 - Liquisys M CPM253	IP65; 6idiomas; 230V; 4-20mA		1.025,6
614	Sensor pH	Transmitter, pH/ORP - Sistema de PH / RD	Endress-Hauser	CPM253-MR0005 - Liquisys M CPM253			870,0
615	Sensor pH	Transmissor pH/ORP -Sistema de PH / RD	Endress-Hauser	CPM253-MR0010 - Liquisys M CPM254	247x170x115mm, IP65		1.025,6
616	Sensor pH	Sensor de ORP	Endress-Hauser	Orbipac CPF82D Memosens	Transmissão de sinal: Digital Temp: 0-80°C		312,9
617	Sensor pH	Electrodo de PH	Endress-Hauser	Orbipac CPF81D Memosens	Diafragma:PTFE; gama 0-14		321,2
618	Sensor pH	Cabo de ligação Sonda-transmissor	Endress-Hauser	CYK10-A051	TempMáx=130°C; Comprimento: 5m		156,1
619	Sensor pH	Cabo de ligação Sonda-transmissor	Endress-Hauser	CYK10-A051	Comprimento do cabo: 5m; Ligação do cabo: Fios terminais		147,0
620	Sensor pH	Cabo de ligação Sonda-transmissor	Endress-Hauser	CYK10-A0101	Para PH/ORP; 10 m de cabo		187,1
621	Sensor pH	pH comb.electrode	Endress-Hauser	CPF81D-7NN11 -Orbipac CPF81D Memosens	Application range: 0-11pH; 0-80oC		255,0
622	Sensor pH	Controlador e sonda de pH	BAMO	BAMOPHOX 106 E	Precisão=+-0,03pH; Temp máx=60°C; Pmax 6bar; IP65; 4-20mA		996,9
623	Sensor pH	Transmissor de pH	ABB	AX466			780,6
624	Sensor pH	MEDIDOR PORTÁTIL (com mala)		CPM280	-2...16 PH ; -5...+105°C		1.100,0
625	Sensor pH	Medidor de PH	ATI	Q45-P-3-1	Gama:0-14; Saída 4-20mA; IP66		1.100,0
626	Sensor pH	Sistema auto-limpeza para modelo Q45-P-3-1	ATI	Q45P-3-1 + Q25-P1-5-1			160,0
627	Sensor Redox	ORP combination electrode - REDOX	Endress-Hauser	CPF82D-7PA11 Orbipac CPF82D Memosens			295,0
628	Sensores de nível	Sensor + Conversor de nível	Pulsar	BlackBox 130	Gama:40m; Gama do sensor: 0,3-6m		772,9
		Sensor de nível LMI para bombas doseadoras LMI AA7, AA9, B7,					

Figura 22 - Lista de equipamento



4.5.1 - Empreitada da ETAR das minas de Aljustrel

Uma das obras a concurso público consistia na ampliação da ETAR da Lavaria Industrial de uma mina, ou seja, na ampliação hidráulica da capacidade de tratamento para $800 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, considerando duas linhas de tratamento independentes e optimização da instalação existente. Apresento na Figura 23 a lista de equipamentos a instalar na referida obra (mapa de quantidades) (Figura 23).

3200 AGITAÇÃO					
(E)	M	3211	Agitador eixo vertical	tipo SCABA da ABS; 2 hélices; P=22 kW	instalado em T-3110
(E)	M	3212	Agitador eixo vertical	tipo SCABA da ABS; 2 hélices; P=22 kW	instalado em T-3120
(E)	M	3213	Agitador eixo vertical	tipo SCABA da ABS; 2 hélices; P=22 kW	instalado em T-3130
M		3214	Agitador eixo vertical	P=45 kW; Dhélice= 1,75m	instalado em T-3140
M		3215	Agitador eixo vertical	P=45 kW; Dhélice= 1,75m	instalado em T-3150
M		3216	Agitador eixo vertical	P=45 kW; Dhélice= 1,75m	instalado em T-3160
3300 AREJAMENTO					
K		3311	Compressor tipo "roots"	Q=500 Nm ³ /h; P=900 mbar; variação de velocidade	fornecimento de ar aos reatores T-3140, T-3150 e T-3160
K		3312	Compressor tipo "roots"	Q=500 Nm ³ /h; P=900 mbar; variação de velocidade	fornecimento de ar aos reatores T-3110, T-3120 e T-3130
K		3313	Ventilador extractor helicoidal	Q=6800 Nm ³ /h	ventilação sala dos compressores
I		3351	Medidor de caudal de ar	princípio de funcionamento: pressão diferencial; instalação em tubagem DN200	monitorização do caudal de ar fornecido aos reatores T-3140, T-3150 e T-3160
I		3352	Medidor de caudal de ar	princípio de funcionamento: pressão diferencial; instalação em tubagem DN100	monitorização do caudal de ar fornecido aos reatores T-3110, T-3120 e T-3130
I		3353	Sonda de temperatura		controlo da ventilação da sala dos compressores
Y		3361	Válvula de borboieta	DN 200	isolamento compressor K-3311
Y		3362	Válvula de borboieta	DN 200	interligação circuitos
Y		3363	Válvula de borboieta	DN 200	isolamento compressor K-3312
Y		3364	Válvula de borboieta	DN 65	isolamento ar reactor T-3110
Y		3365	Válvula de borboieta	DN 65	isolamento ar reactor T-3120
Y		3366	Válvula de borboieta	DN 65	isolamento ar reactor T-3130
Y		3367	Válvula de borboieta	DN 150	isolamento ar reactor T-3140
Y		3368	Válvula de borboieta	DN 150	isolamento ar reactor T-3150
Y		3369	Válvula de borboieta	DN 150	isolamento ar reactor T-3160
X		3391	Ponte rolante	1000 kg	movimentação dos compressores

Figura 23 - Mapa de quantidades parcial da ETAR da Lavaria Industrial.

4.5.2 - Execução da Remodelação da ETAR de Avis

A presente empreitada tinha como objectivo a reabilitação da ETAR e Estação Elevatória de Avis. A ETAR é constituída por três lagoas, uma delas irá ser optimizada com sistemas de arejamento superficial, uma outra designada de lagoa facultativa, não são exigidas acções e por fim uma lagoa de maturação, na qual está previsto serem instalados septos para incrementar a sedimentação das partículas suspensas e para prevenir zonas de eutrofização na lagoa, promovendo estes o deslocamento do efluente num dos sentidos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20	41666483		- LNP 100X100X8	35,00	KG	0		1562242	
21	41666482		- Chapa 50x8	90,00	KG	0		1562242	
22	41666481	2.2.2	Chumbadores M10	28	UN	0		1562242	
23	41666492	2.3	ESTRUTURA DE MADEIRA						
			Viga de madeira de pinho devidamente tratada com secção 10x10 cm, comprimento cerca 1,85 m						
24	41666491	2.3.1		127	ML	0		1562242	
25	41666490	2.4	CORTINA PEAD ou CHAPAS ONDULADAS						
			Instalação de três paredes com septo em betão armado pré-moldado e madeira, a parede de separação realizada à base de placas de PEAD ou chapas metálicas trapezoidais revestidas de alumínio ou de polyester fixas a cada septo						
			Dimensões: Comprimento : parede de separação - 47 m 2 paredes na área de maturação à Comprimento : 39 m Altura da parede (incluindo fixação ao fundo) cerca de 1,85 m área total das paredes cerca 231 m ² incluindo todos os trabalhos necessários, pormenorização da construc	231	M2	0		1562242	
26	41666489	2.4.1							
27	1562243	3.	MACIÇOS DE AMARRAÇÃO F1, F2 e F3						
28	41666496	3.1	MOVIMENTO DE TERRAS						
			Escavação para implantação dos órgãos,						

Figura 24 - Mapa de quantidades parcial da empreitada da ETAR de Avis.



Conclusão

O desenvolvimento contínuo de tecnologias associadas ao tratamento da água residual é imprescindível, não só para tratar os efluentes de forma mais eficiente, ou seja, depuração da água residual em espaço e tempo reduzidos, como também para disponibilizar estes sistemas de tratamento à população a custo otimizado, proporcional ao caudal a tratar.

O estágio realizado na empresa Martifer Inox SA, no âmbito do tratamento de águas residuais permitiu-me ganhar experiência na referida área, ao nível da interpretação e análise de projectos, conhecer os inúmeros equipamentos e fornecedores e a alcançar soluções viáveis para a indústria da água residual, nomeadamente para o tratamento de águas residuais.

Foi igualmente importante o conjunto de acções desenvolvidas no estudo das ETAR, desde o dimensionamento, à monitorização destes sistemas de tratamento.

Em suma, o contacto com o mercado de trabalho através da realização do estágio é enriquecedor no sentido em que se ganham competências acerca do procedimento de concursos para construção e implementação de sistemas de tratamento de águas residuais, aquisição de conhecimentos em termos práticos dos respectivos equipamentos e seu funcionamento. A inserção no mercado de trabalho através de estágio permite igualmente ganhar competências para responder aos desafios que as instituições empregadoras exigem.



Bibliografia

Decreto-lei

Decreto – Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto. *Diário da República n.º 176/98 – I Série*. Ministério do Ambiente. Lisboa.

Websites visitados:

Artigo publicado *online* no *Web site* da Naturlink; Azevedo, R. (Sem data), *Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Urbanas*; Disponível em <http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=6&cid=8239&bl=1>, Acedido em Fevereiro de 2010.

Website da empresa Interagua – Tecnologia e Gestão da Água, <http://interagua.com/paginas/aguasresiduais.html>, Acedido em Fevereiro de 2010

Website da Cosme s.r.l - Macchine per il trattamento delle acque reflue: www.cosmeitalia.com; Acedido em Fevereiro de 2010

Catálogo disponível *online* no *Web site* da Huber Technology uk, www.huber.co.uk, Acedido em Setembro de 2009.

Catálogo da Ecoplants s.r.l, disponível *online* no *Website* da Sociedade Luso-Italiana, Ida. <http://lusoitaliana.pt/images/catalogos/ambiente/ecoplants/DFO.pdf>, Acedido em Fevereiro de 2010.

Website da empresa OMS – Tratamento de Águas, Lda. <http://www.oms.pt/pages/tebody16.html>, Acedido em Fevereiro de 2010.

Website da empresa ECOalcance, disponível em: http://www.ecoalcance.net/index_ficheiros/separadordegorduras.htm, Acedido em Fevereiro de 2010.

Website da enciclopédia digital Wikipédia, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Flota%C3%A7%C3%A3o>, Acedido em Fevereiro de 2010.

Web site da Associação Nacional de Conservação da Natureza, Quercus, <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=632&articleID=1943>, Acedido em Setembro 2009

Web site das Águas do Douro e Paiva direccionado para portal Água Online: www.aguaonline.net/gca/?id=104, Setembro 2009

Web site da empresa Urso, <http://www.urso.es/etar.htm>, Acedido em Outubro 2009



Web site da empresa *Reúsa Ambiente Tecnologia de tratamento e valorização de resíduos*, http://www.reusambiente.com/etar_compacta.html , Outubro 2009

Web site da *Bord Na Móna Environmental Producs*, <http://www.bnm-us.com/wastewater-treatment-systems-puramax-info.php>, Acedido em Fevereiro de 2010

Web site da empresa *Almaqua*, http://www.almaqua.com/html/prod_aguasResid.htm

Web site da empresa *Ovava*, <http://www.ovava.com/index.php?op=etarc&lang=pt>, Acedido em Setembro 2009

Documentos ou Artigos Técnicos

9º Congresso da Água – Avaliação de Leitões de Macrófitas no Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Portugal: Sistemas de fluxo sub-superficial horizontal, Seco, Teresa; Peres, José; Bentes, Isabel; Abril de 2008

Catálogo MBBR da empresa Trinqua disponível *online* no *Website*: http://www.triqua.eu/Triqua/fs3_site.nsf/htmlViewDocuments/44EBED064A451595C12575200056BE33; Outubro 2009

Catálogo de ETAR compacta SBR da empresa Engage –Engenharia & Consultoria Ambiental, Ida. disponível online no Website: <http://www.engage.pt/Downloads/en.dif.pdf>; Setembro 2009

Documento Técnico: *Aplicação dos sistemas SBR para tratamento de águas residuais domésticas*, Ferreira, C.S.S.; Costa. M.L.; Santiago, E. F.; Dias, J.M.S.; Barbosa, R.A.F; *Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade – Escola Superior Agrária de Coimbra*; Setembro 2009

Catálogo do elemento filtrante *Bio-Pac SF#30* da *Jaeger Environmental*, disponível *online* no *website*: <http://www.jaeger.com/Brochure/biopac.pdf>

Sebenta disponível *on-line* no *Web site* da Universidade de Santiago de Compostela: Silva, M. (Sem data), *Gestão e Tratamento de Resíduos*, http://ocw.usc.es/gl/servizos/ceta/opencourseware/Lic_Biologia/Xest_trat_residuos/material/temas/modulo2/vertido/vertido.htm, Acedido a 23 de Novembro de 2009

Documento disponível *on-line* no *Web site* do Repositório da Faculdade do Porto: Arantes, L., 1997 - Simulação Experimental de Formação de Lixiviados em Aterros Sanitários com Co-Deposição de Lamas de E.T.A.R.s, <http://repositorio.up.pt/aberto/simple-search?query=Lixiviados&submit=Enviar>, Acedido a 23 de Novembro de 2009

Artigo Técnico publicado na versão electrónica Bioresource Technology - *Photocatalytic degradation of EU priority substances: A comparison between TiO2 and Fenton plus Photo-Fenton in solar pilot plant*, M. I. Maldonado, P. C. Passarinho, I. Oller, W. Gernjak, P. Fernández, J. Blanco, S. Malato, 2006.



Potential Applications of Concentrated Solar Energy – Proceedings of a Workshop, National Research Council, Richard G. Zepp; Craig S. Turchi, 1990.

Depuración de Aguas Residuales Conteniendo Plagidas Mediante Fotocatálisis Solar - Feria de Calidad Ambiental y Ecoeficiencia - S. Malato 2004.

Artigo Técnico publicado na versão electrónica de: *Catalysis Today, Elsevier Science B.V – Development of a new photocatalytic reactor for water purification, Ajay K. Ray, Antonie A.C.M. Beenackers; 1998.*

Bibliografia de Figuras

[1] *Website* da Cosme s.r.l - Machinne per il trattamento delle acque reflue: www.cosmeitalia.com; Acedido em Fevereiro de 2010

[2] Catálogo disponível *online* no *Web site* da Huber Technology uk, www.huber.co.uk, Acedido em Setembro de 2009

[3] Catálogo da Ecoplants s.r.l, disponível *online* no *Website* da Sociedade Luso-Italiana, Ida. <http://lusoitaliana.pt/images/catalogos/ambiente/ecoplants/DFO.pdf>, Acedido em Fevereiro de 2010

[4] *Web site* da Escuela Internacional de Ingeniería del Agua de Andalucía, <http://prueba2.aguapedia.org/master/formacion/edar/temario/tratam1/decantacion.htm>, Acedido em Maio de 2010

[5] *Web site* da empresa Aquaquímica, <http://www.aquaquimica.pt/produto/desinfeccao/sita-uv>, acedido em Maio de 2010

[6] *Web site* da empresa Aquaquímica, <http://www.aquaquimica.pt/produto/osmose-inversa/osmose-inversa-comercial>, acedido em Maio de 2010

[7] *Web site* da empresa *Reúsa Ambiente Tecnologia de tratamento e valorização de resíduos*, http://www.reusambiente.com/etar_compacta.html , Outubro 2009

[8] *Web site* da *Bord Na Móna Environmental Products*, <http://www.bnm-us.com/wastewater-treatment-systems-puramax-info.php>, Acedido em Fevereiro de 2010

[9] *Depuración de Aguas Residuales Conteniendo Plagidas Mediante Fotocatálisis Solar - Feria de Calidad Ambiental y Ecoeficiencia - S. Malato 2004.*

[10] Artigo Técnico publicado na versão electrónica de: *Catalysis Today, Elsevier Science B.V – Development of a new photocatalytic reactor for water purification, Ajay K. Ray, Antonie A.C.M. Beenackers; 1998.*