



Capwatt Hymethanol West Coast, Unipessoal Lda.

Licenciamento Único de Ambiente – LUA (Projecto de Execução)

Módulo IV – Recursos Hídricos

Maio de 2026

Relatório preparado por



230801 Estudo Nº 3079A | Rev01

Índice Geral

	<i>Pág.</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUAS	1
2.1 Abastecimento de Água Potável (U550)	1
2.2 Fornecimento de Água de Processo e Sistema de Combate e Extinção de Incêndios (U560 e U630)	1
2.3 Tratamento e Armazenamento de Águas (U910 e U920)	1
2.4 Necessidades de Água	7
2.5 Origem da Água	9
2.6 Redes de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais	12
2.7 Descrição de Processo e Características dos Principais Órgãos de Tratamento	13
2.8 Monitorização de Conformidade	17
2.9 Capacidades e Eficiências de Tratamento	17
2.10 Licenciamento da Produção e Utilização de ApR e de Rejeição de Águas Residuais	18
3. MEDIDAS DE POUPANÇA DE ÁGUA E CONSUMO DE ÁGUA	18
4. ÁGUA PARA ARREFECIMENTO	18
5. PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS	21

. **ANEXO** – Regime de funcionamento dos aeroarrefecedores

Índice de Quadros

	<i>Pág.</i>
Quadro 1 – Caudais necessários aos processos industriais	8
Quadro 2 – Requisitos de qualidade da água tratada	8
Quadro 3 – Características das águas residuais tratadas da ETAR de Cubos	9
Quadro 4 – Pontos de produção de águas residuais processuais	10
Quadro 5 – Caudal e qualidade genérica das águas residuais da unidade HyMeOH	10
Quadro 6 – Qualidade das águas residuais das principais correntes de saída	11
Quadro 7 – Composição média estimada da água residual a tratar	12
Quadro 8 – Requisitos da descarga em meio receptor	16
Quadro 9 – Plano de monitorização de autocontrolo	17
Quadro 10 – Eficiência das etapas de tratamento	20
Quadro 11 – Cargas máximas anuais de poluentes a descarregar no meio hídrico	22

Índice de Figuras

	<i>Pág.</i>
Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de água	3
Figura 2 – Diagrama da origem de água e produção de água industrial	7

CAPWATT HYMETHANOL WEST COAST, UNIPessoal LDA.*Licenciamento Único de Ambiente – LUA
(Projecto de Execução)***Módulo IV – Recursos Hídricos****1. INTRODUÇÃO**

O presente documento descreve as componentes de utilização de água e produção de águas residuais na unidade HyMeOH.

2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUAS**2.1 Abastecimento de Água Potável (U550)**

A água da rede pública será utilizada para consumo humano e fins sanitários e será armazenada num tanque com a capacidade de 20 m³. No Desenho n.º RA01, incluído no Módulo IX, está representada a rede de abastecimento de água potável na instalação.

2.2 Fornecimento de Água de Processo e Sistema de Combate e Extinção de Incêndios (U560 e U630)

As necessidades de água para o processo industrial serão supridas por água para recuperação (ApR) proveniente da ETAR de Cubos, complementada com águas residuais industriais e águas pluviais contaminadas e não contaminadas, após tratamento adequado nas unidades U910 e U920, cuja descrição vem apresentada a seguir.

O sistema de água de combate e extinção de incêndios vem descrito no documento de Avaliação da Compatibilidade de Localização (ACL).

2.3 Tratamento e Armazenamento de Águas (U910 e U920)**2.3.1 Tecnologia e Síntese do Processo de Tratamento**

A empresa seleccionada para projectar a unidade de tratamento de águas foi a Pantarein Water, empresa belga que actualmente opera mais de 50 estações de tratamento de águas residuais industriais para os seus clientes, incluindo um projecto de reutilização de água em Portugal, na ETAR do Freixo. A Pantarein é uma empresa robusta, com uma forte estratégia de inovação, colaborando estreitamente com centros de investigação das universidades de Gante, Lovaina e Antuérpia para otimizar continuamente as tecnologias que comercializa.

Assim, foi desenhada uma solução de tratamento e reutilização de água para suprir as necessidades operacionais de água da unidade HyMeOH, com priorização da recuperação de efluentes e máxima eficiência da gestão de recursos hídricos, a fim de causar o menor impacto possível na região e maximizar a resiliência do sistema a factores climáticos e ambientais.

A linha de tratamento das águas residuais industriais da unidade HyMeOH é constituída por separação de hidrocarbonetos, pré-tratamento por desarenação, tamisação e equalização, seguido de tratamento biológico em sistema MBR1 (biorreactor de membranas), projectado para um caudal máximo de 31,5 m³/h, incluindo as águas residuais domésticas. O volume de equalização será de 883 m³.

A água pluvial contaminada dos pavimentos e arruamentos (APC), após passar num separador de hidrocarbonetos, junta-se a montante do pré-tratamento da água residual industrial. Por sua vez, a água residual doméstica, com um caudal de 0,5 m³/h, junta-se separadamente ao tratamento biológico da água residual industrial. A água para rega (ApR3) é proveniente do sistema MBR1, passando posteriormente por um sistema de desinfecção, antes de ser utilizada.

Por outro lado, a ApR proveniente da ETAR de Cubos (ApR0), com um caudal máximo de 30 m³/h, a que se junta a água pluvial não contaminada da cobertura dos edifícios da instalação, (APnC), passará por um filtro de vidro e juntar-se-á ao caudal de saída do sistema MBR1 e seguirão para a primeira fase do tratamento da unidade de reutilização, composta por um sistema de Osmose Inversa de Ciclo Fechado (CCRO), com capacidade para 65,5 m³/h, que permite uma elevada eficiência de recuperação de permeado.

Do permeado produzido no sistema CCRO, parte seguirá para utilização em usos vários, como discriminado mais à frente neste documento, correspondendo a água recuperada de Categoria 1 (ApR1), com um caudal máximo produzido de 26,5 m³/h, variável consoante as necessidades da unidade HyMeOH. A parte restante seguirá para a segunda unidade de Osmose Inversa (RO), com resina, e capacidade para 25,8 m³/h, sendo aqui produzida a água de Categoria 2 (ApR2) na quantidade necessária, ou seja, um caudal máximo de 21,8 m³/h. O concentrado produzido nesta unidade (4 m³/h) retorna à primeira unidade de Osmose Inversa.

Na unidade de CCRO é produzido um concentrado (13,2 m³/h), que é encaminhado para tratamento biológico seguido de MBR2, podendo assim ser descarregado no meio hídrico receptor, cumprindo os requisitos da legislação aplicável. Na Figura 1 apresenta-se o diagrama de blocos do processo de tratamento de água.

2.3.2 Filtros de Vidro

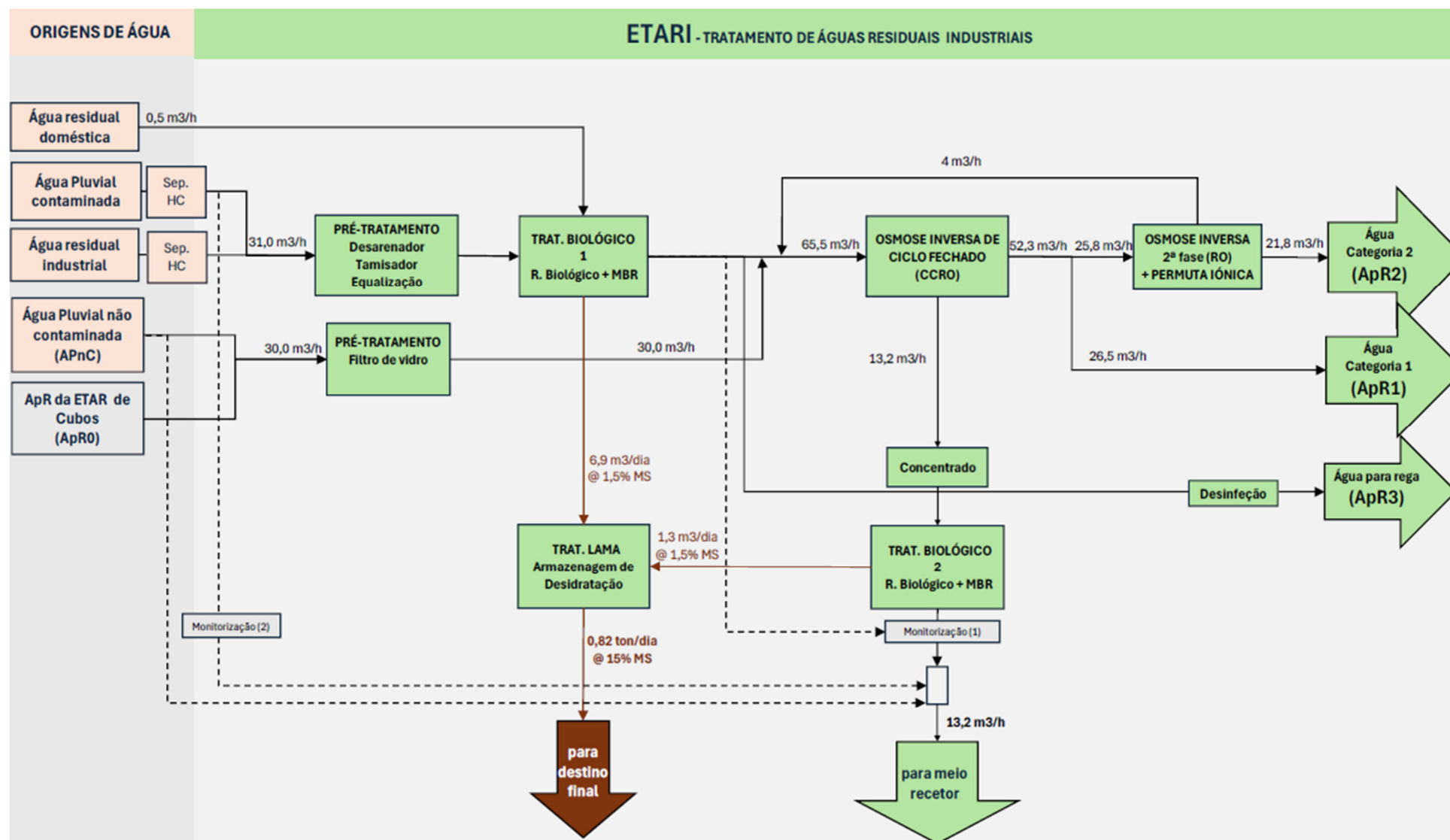
Um filtro de vidro é um filtro preenchido com meio filtrante AFM (*Activated Filter Media*), utilizado para a remoção de sólidos suspensos e ferro. O AFM consiste em esferas de vidro activadas e inertes. Os filtros de vidro funcionam com o mesmo princípio dos filtros de areia e há muito tempo que são usados no tratamento de água de piscinas e de processos industriais. Mais recentemente, também têm sido aplicados no tratamento de águas residuais, como tecnologia de transição para a reutilização de água.

Na sua produção, as esferas de vidro AFM passam por um processo de activação em três etapas, que modificam a estrutura e a composição química do vidro. Isto torna a superfície autolimpante (através da formação de radicais catalíticos na superfície), reduzindo a susceptibilidade ao crescimento microbológico (*biofouling*). Além disso, a estrutura mesoporosa modificada aumenta a área de superfície específica, melhorando a capacidade de adsorção. A superfície do AFM pode ser activada em duas variantes, sendo escolhida a mais adequada consoante a aplicação:

- AFM[®]ng – Superfície hidrofóbica, carga neutra: para remoção de poluentes orgânicos (hidrocarbonetos, microplásticos, proteínas, etc.);
- AFM[®]s – Carga de superfície fortemente negativa: Para remoção de partículas com carga positiva (metais pesados).

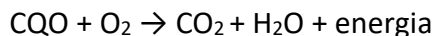
A principal vantagem dos filtros de vidro é a melhor qualidade do efluente e uma operação mais robusta da instalação, em comparação com os filtros de areia tradicionais.

Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de água



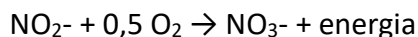
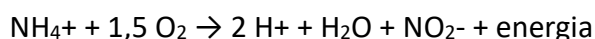
2.3.3 Tratamento Biológico

O tratamento aeróbio de água residual baseia-se no sistema de lamas activadas, constituído por uma comunidade diversa de microrganismos que convertem a matéria orgânica (CQO) em água e CO₂, para o que é consumido oxigénio de acordo com a reacção:



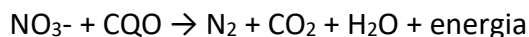
Durante este processo é produzida uma nova quantidade de biomassa e energia. Para o desenvolvimento saudável da população de microrganismos, são necessários nutrientes na água residual. O fósforo e o azoto são dois dos nutrientes essenciais para o funcionamento adequado do processo biológico. Além da CQO, o azoto, quando presente em excesso, deve também ser removido da água residual através do processo de nitrificação-desnitrificação.

No processo de nitrificação, o azoto amoniacal (NH₄⁺) (ou azoto orgânico) é convertido em nitratos (NO₃⁻). Dois tipos de bactérias específicas são responsáveis por este processo: *Nitrosomonas spp.* converte azoto amoniacal em Nitrito (NO₂⁻) e *Nitrobacter spp.* converte Nitrito em Nitrato, de acordo com as reacções:



A primeira reacção resulta na acidificação (formação de protões), o que permite que a *performance* do processo de nitrificação possa ser monitorizada de uma forma simples, através do controlo de pH no reactor biológico.

Após o processo de nitrificação, o nitrato tem de ser removido da água residual, o que acontece através do processo de desnitrificação. Muitas bactérias podem também degradar os componentes orgânicos (CQO) na ausência de oxigénio, para o que utilizam o nitrato (ou nitrito) como aceitador de electrões, ou seja:



O balanço do processo é a remoção do nitrato da água residual sob a forma de azoto gasoso.

Se o azoto estiver presente em baixas concentrações, será consumido pelos microrganismos nas suas reacções metabólicas e os processos de nitrificação e desnitrificação não estarão presentes.

2.3.4 Biorreactor de Membranas (MBR)

O efluente industrial tratado num reactor biológico tem de ser separado das lamas activadas antes de ser descarregado. Em sistemas convencionais, esta separação é realizada por decantação gravítica. Em processos tecnologicamente mais avançados, como o que se prevê neste projecto, a separação é feita por membranas de ultrafiltração. Se forem utilizadas membranas densas com porosidade na ordem de 0,04 µm, a qualidade do efluente obtida é excelente, permitindo a sua transferência directamente para um processo de tratamento adequado para a reutilização de água.

Além desta vantagem, a tecnologia MBR permite ainda a possibilidade de operar o reactor com concentrações de biomassa mais elevadas, necessitando de menor volume e melhorando a eficiência do sistema.

Um sistema MBR pode ser instalado utilizando diferentes configurações de membranas, ou seja, submersas, ou de montagem externa. A tecnologia proposta utiliza membranas planas submersas. Estas membranas são instaladas no interior de um compartimento de filtração, enquanto as lamas biológicas circulam entre o reactor biológico e o compartimento de membranas.

A tecnologia de membranas IPC® (*Internal Permeate Channel*) utiliza membranas planas submersas, a qual tem um conjunto de vantagens para este tipo de aplicações: i) estrutura robusta das membranas IPC®, sendo a estrutura interna em têxtil de monofilamento 3D (*3D woven mono-filament textile support*); ii) ciclo otimizado de filtração, com 3 fases: filtração, relaxamento e contra-lavagem; iii) limpeza química (CEB) efectuada em contra-lavagem no local; iv) elevada eficiência (fluxo e permeabilidade).

As membranas são em PVDF (fluoreto de polivinilideno) com excelentes propriedades de estabilidade química. A estrutura densa, com dimensão dos poros de 0,04 µm e espessura de 0,5 mm, traduz-se numa maior retenção de moléculas orgânicas na membrana. A estrutura aberta forma os canais de drenagem do permeado produzido.

A operação estável das membranas IPC é assegurada pelo ciclo de filtração, que inclui limpeza regular e automática dos módulos de membranas.

Tal como mencionado, este ciclo inclui 3 fases, sendo estas a filtração, contra-lavagem e relaxamento. Na etapa de filtração, a bomba de permeado cria uma pequena diferença de pressão, que promove o fluxo de água pelo interior das membranas, enquanto as lamas biológicas e moléculas de maiores dimensões ficam retidas.

O permeado produzido é transferido para o tanque de permeado. É introduzido ar que cria um fluxo turbulento junto à superfície das membranas, evitando possíveis incrustações. Na contra-lavagem, a bomba introduz permeado na direcção oposta, através das membranas. O caudal em sentido inverso empurra materiais depositados na superfície das membranas. O efeito de contra-lavagem é amplificado pelo fluxo turbulento junto à superfície das membranas, criado pela introdução de ar. Por fim, na etapa de relaxamento, ambas as bombas de permeado e de contra-lavagem mantêm-se inactivas por um curto período, mantendo-se o arejamento activo.

A limpeza química automática no local (CEB, *Chemical enhanced backwash*) é efectuada igualmente em sentido inverso de fluxo e tem como objectivo remover qualquer colmatção mais resistente da superfície das membranas que não tenha sido removida no ciclo de filtração. Os químicos de limpeza, ácido cítrico (remoção de incrustações de base mineral) e hipoclorito de sódio (remoção de incrustações de base orgânica) são doseados em linha e bombeados directamente para os módulos de membranas. O ácido fórmico é utilizado para limpeza dos difusores do sistema de arejamento. A bomba de contra-lavagem transfere a solução de limpeza para as membranas durante um tempo determinado, para permitir interacção dos químicos com as incrustações. Subsequentemente, a solução de limpeza é removida das membranas e é reiniciado o ciclo de filtração.

2.3.5 Osmose Inversa de Ciclo Fechado (CCRO)

A tecnologia CCRO utiliza membranas de osmose inversa operando sob alta pressão, semelhante à RO convencional, mas com um ciclo de operação descontínuo. A principal diferença está na forma de operação: enquanto a osmose inversa convencional é contínua, produzindo permeado e concentrado em fluxo constante, a CCRO alterna fases de produção de permeado e recirculação de concentrado dentro de um circuito fechado.

Durante o ciclo da CCRO, as concentrações de sais aumentam progressivamente no sistema. A produção de permeado é interrompida antes que ocorram incrustações, e o concentrado é descartado, permitindo maior eficiência de recuperação. Isso é possível porque a limitação é cinética (velocidade de precipitação), e não apenas termodinâmica (ponto de saturação), como na RO convencional.

Essa variação controlada das concentrações também ajuda a reduzir incrustações biológicas. A tecnologia CCRO oferece maior recuperação de água, menor frequência de limpeza CIP e menores custos operacionais, embora com maior investimento inicial.

A unidade conta com os mesmos sistemas de controlos da RO convencional, como dosagem de biocida, sistema CIP e monitorização contínua de condutividade.

2.3.6 Osmose Inversa Convencional (RO)

A Osmose Inversa (RO) é um processo de membranas com elevação de pressão, que utiliza membranas muito densas e permite a retenção de moléculas orgânicas e componentes iónicos (ex. ácidos voláteis, metais pesados, sais, entre outros). O permeado resultante é uma água limpa, praticamente isenta de compostos orgânicos e iões polivalentes, podendo estar presentes apenas iões monovalentes (p.e. Na^+ , K^+ , Cl^- , entre outros) em pequenas concentrações. A composição do permeado é determinada essencialmente pela composição da água de alimentação e das propriedades das membranas utilizadas. As substâncias separadas nas membranas não são destruídas, mas apenas retidas num dos lados da membrana, resultando num fluxo de concentrado, que, neste caso, será reintroduzido no processo, na unidade de CCRO.

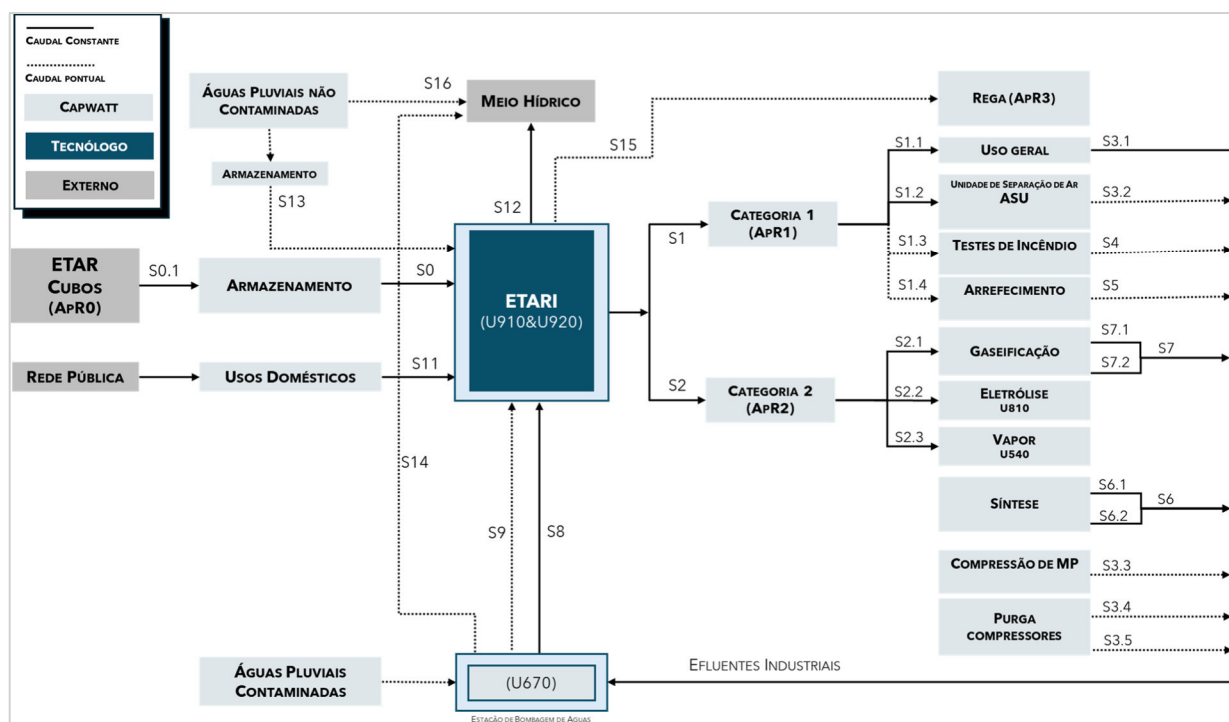
De forma a manter uma operação estável, há equipamentos e procedimentos que asseguram um funcionamento adequado da osmose inversa, nomeadamente: i) a alimentação à instalação passa através de um filtro fino que remove materiais de maiores dimensões de forma a prevenir a colmatção das membranas; ii) devido à concentração mais elevada de sais do lado da alimentação, o produto de solubilidade de certos componentes pode ser ultrapassado, o que resulta na formação de precipitados; de forma a prevenir essa deposição de minerais é doseado um anti-incrustante (proporcional ao caudal) na alimentação da unidade; iii) uma unidade CIP automática assegura a limpeza das membranas com aplicação de ácido e/ou base dependendo, do tipo de incrustação a remover; iv) de forma a proteger as membranas contra danos por oxidação (p.e. devido a vestígios de hipoclorito de sódio da lavagem química do sistema MBR), foi considerado um sistema de doseamento de SBS (Bissulfito de Sódio), que neutraliza o hipoclorito, prevenindo potenciais danos sobre as membranas.

O desempenho da unidade de osmose inversa é monitorizado através da medição da condutividade no permeado e na alimentação. Por exemplo, um aumento na condutividade do permeado (sem um aumento na condutividade da alimentação) pode ser causado por uma diminuição da rejeição de certos componentes pelas membranas, o que pode indicar uma deterioração da sua condição. A monitorização *online* contínua da condutividade é considerada uma ferramenta de monitorização simples e confiável para avaliar a operação do sistema.

2.4 Necessidades de Água

A Figura 2 sistematiza o esquema geral do projecto, incluindo as origens de água e a produção de águas residuais.

Figura 2 – Diagrama da origem de água e produção de água industrial



Para utilização na unidade HyMeOH foram calculadas as necessidades de água, que se distribuem de acordo com as diversas utilizações, conforme se apresenta no Quadro 1.

A unidade de tratamento de águas residuais, em funcionamento contínuo, 24 horas por dia e 365 dias por ano, terá uma capacidade máxima de produção de:

- 26,5 m³/h (232 140 m³/ano) da Categoria 1 (ApR1);
- 21,8 m³/h (190 968 m³/ano) da Categoria 2 (ApR2).

Para utilização de rega de jardins foi definida a água da Classe A (ApR3), em conformidade com o Decreto-Lei n.º 119/2019 de 21 de Agosto, na sua actual redacção, prevendo-se um consumo de 30 m³/mês nos meses de Primavera e Verão e de 20 m³/mês nos meses de Outono, num total de 8 meses/ano.

Para utilização de água nos processos industriais foram definidas duas categorias de água:

- Água de Categoria 1 (ApR1): água de qualidade semelhante à da rede pública de abastecimento, para utilização nos sistemas de arrefecimento, lavagens e rede de incêndio;
- Água da Categoria 2 (ApR2): água com qualidade para produção de vapor de alta pressão e electrólise.

O consumo de água das duas Categorias 1 e 2 vem indicado no Quadro 1, quer em regime contínuo, quer em regime periódico. A água da Categoria 1 será armazenada num tanque com a capacidade de 3 927 m³ e a água da Categoria 2 num tanque com a capacidade de 2 036 m³.

Quadro 1 – Caudais necessários aos processos industriais

Categoria	Corrente	Processo de destino	Caudal (m ³ /h)	Caudal (m ³ /ano)	Periodicidade
1	S1.1	Uso geral – ex. lavagens	1,05	9 198	Contínuo
1	Total	Total	1,05	9 198	Contínuo
2	S2.1	Electrólise	3,9	34 164	Contínuo
2	S2.2	Produção de vapor	17,4	152 424	
2	S2.3	Gaseificação	0,5	4 380	
2	Total	Total	21,8	190 968	Contínuo
1	S1.2	ASU – Unidade de Separação de Ar	0,1	876	Quando Tar > 34°C
1	S1.3	Testes de incêndio	18,75	3 900	Testes de 2 em 2 semanas, utilizando 150 m ³
1	S1.4	Sistema de arrefecimento	33,6	6 720	Quando Tar > 29°C*
1	Total	Total (mínimo)	52,45	11 496	Periódico
Rede pública	S11	Água para consumo humano	-	2 738	Contínuo

* Quando Tar > 35°C, haverá um consumo adicional de 5 m³/h para cada °C acima

Por sua vez, no Quadro 2 indicam-se os principais requisitos de qualidade de cada categoria da água tratada.

Quadro 2 – Requisitos de qualidade da água tratada

Parâmetro	Unidades	Categoria 1	Categoria 2
pH	Esc. Sorensen	6 - 9	6,5 - 7,5
Condutividade	µS/cm	< 250	< 0,2
Dureza total	°dH (x10 mgCaO/l)	< 1	< 0,5
Turvação	NTU	0	0
Azoto total	mg/l	< 15	< 5
Cobre total	mg/l	< 0,01	≤ 0,003
E. Coli	Cfu/100 ml	< 1	< 1
Ferro total	mg/l	< 0,1	≤ 0,02
CBO ₅	mg/l	< 25	< 0,1
Oxigénio	mg/l	-	Saturado
Sílica total	mg/l	-	< 0,01
Sódio	mg/l	< 100	< 0,003
SST	mg/l	< 1	< 1
Sulfatos	mg/l	< 1	< 1

2.5 Origem da Água

Como fonte primária de abastecimento de água para utilização industrial, foram consideradas as águas residuais tratadas da ETAR de Cubos (corrente S0.1). Adicionalmente, prevê-se também tratar e recuperar as águas residuais industriais da unidade HyMeOH, e as águas pluviais contaminadas e não contaminadas da instalação.

Água para Reutilização (ApR)

A ETAR de Cubos, construída em 1998, foi recentemente remodelada, passando a contar com um processo MBR na sua linha de tratamento. De acordo com o estudo realizado, o caudal de ApR proveniente da ETAR de Cubos será condicionado pela capacidade da respectiva conduta adutora, com um valor máximo de 30 m³/h.

No Quadro 3 apresentam-se as características das águas residuais à saída da ETAR municipal.

Quadro 3 – Características das águas residuais tratadas da ETAR de Cubos

Parâmetro	Unidades	Valores
pH	Escala Sorensen	6 -9
CBO ₅	mg O ₂ /l	< 25
CQO	mg O ₂ /l	< 125
SST	mg/l	< 10
Óleos e Gorduras	mg/l	< 15
Azoto Amoniacal	mg NH ₄ /l	< 15
Azoto Total	mg N/l	< 15
Fósforo Total	mg P/l	< 5
E. Coli	NMP/100 ml	< 100

Para fornecimento de água à Capwatt Hymethanol West Coast, a Câmara Municipal de Mangualde irá produzir Água para Reutilização (ApR0), correspondente a utilização industrial, possuindo o Título de Licença de Produção n.º ApR_SPC0758032025.RH4A.V1, válido até 30.09.2028.

Esta corrente de água para reutilização (ApR0) será encaminhada para dois reservatórios na unidade HyMeOH, com a capacidade de 6 107 m³ cada, os quais servirão também para equalizar caudais e abastecer a unidade de tratamento de água (U910&U920), que irá produzir água para os principais blocos industriais e auxiliares da fábrica (correntes S1 e S2), cujos requisitos de qualidade se dividem essencialmente em duas categorias: Categoria 1, com qualidade semelhante a água filtrada, e Categoria 2, com qualidade para a electrólise, produção de vapor e gaseificação.

Águas Pluviais Recuperadas

Tendo em conta a escassez de água da região, foi considerada a reutilização de águas pluviais não contaminadas das coberturas dos edifícios (corrente S13 – APnC)), que irão corresponder, em termos médios, a 8 000 m³/ano e que serão recolhidas numa bacia de tempestade de 36 m³ e depois direccionadas para um tanque com a capacidade de 500 m³, de forma a serem gradualmente pré-tratadas num filtro de vidro, em conjunto com a ApR0, para depois serem alimentadas em conjunto ao sistema de osmose inversa.

Águas Residuais Industriais

As águas residuais industriais da unidade HyMeOH são provenientes dos diferentes processos produtivos e usos gerais (S8).

No Quadro 4 indicam-se os pontos de produção das águas residuais processuais.

Quadro 4 – Pontos de produção de águas residuais processuais

Número	BD1 (S7.2)	WW1 (S7.1)	WW2 (S3.3)	BD2 (S6.2)	WW3 (S6.1)	WW4 (S3.4)	WW5 (S3.5)	WW6 (S3.2)	BD3 (S5)
Descrição equipamento local	Purga do Tambor de Vapor Gaseificação	Efluente Industrial do Lavador de Gases	Condensados Interestágio de Compressão	Purga do Tambor de Vapor da Síntese Metanol	Água de Destilação (Coluna de Refinação)	Condensados Separadores Interestágio de Compressão	Condensados Separadores Interestágio de Compressão	Condensados da Humidade do Ar	Purga Sistema Arrefecimento Adiabático
Desde Unidade	U210	U220	U310	U420	U430	U330	U370	U650	U530
Descrição de Unidade	Gaseificação	Depuração de Gás de Síntese	Compressão de Média Pressão	Síntese de Metanol	Destilação de Metanol	Compressão de Co-alimentação	Compressão de CO ₂	ASU (Unidade de Separação do Ar)	Sistema de Arrefecimento
Comentários	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Contínuo	Descontínuo (T amb >= 29°C)

Essas descargas e purgas são colectadas pela rede de efluentes industriais e encaminhadas conjuntamente com as águas residuais de usos gerais (S8) para a unidade U670, que inclui um separador de hidrocarbonetos, destinado à separação gravítica de hidrocarbonetos livres e sólidos presentes no efluente, e uma estação de bombagem que eleva estas águas residuais pré-tratadas para tratamento final na unidade U910 & U920.

A estas juntam-se as águas pluviais de áreas potencialmente contaminadas (S9 – APC)), após passarem também num separador de óleos, gorduras e hidrocarbonetos e armazenamento numa bacia de tempestade com 500 m³ de capacidade, seguirão para uma fase de pré-tratamento conjunto, dispondo de bacia com a função de equalização, com a capacidade de 883 m³, de onde serão encaminhadas gradualmente para o Tratamento Biológico 1.

No Quadro 5 indicam-se as correntes de processo, com base na Figura 2, os respectivos caudais e a qualidade genérica das águas residuais e pluviais da unidade HyMeOH que, após tratamento, serão também uma origem da água a reutilizar.

Quadro 5 – Caudal e qualidade genérica das águas residuais da unidade HyMeOH

Corrente	Origem	Caudal	Qualidade genérica
S3.1	Uso geral	0,5 m ³ /h	Efluente resultante das lavagens de equipamentos e pavimentos; poderá conter vestígios de óleos e de detritos sólidos
S3.2	ASU	0,35 m ³ /h	Boa qualidade, água condensada proveniente da condensação da humidade do ar ambiente
S3.3	Compressão MP	1,04 m ³ /h	Poderá conter vestígios de hidrocarbonetos
S3.4 e S3.5	Compressores (purgas)	0,04 m ³ /h	Boa qualidade (água condensada)
S4	Testes de incêndio	150 m ³ /h (por simulação)	Efluente resultante de testes de incêndio; poderá conter contaminantes diversos, tais como espumas de combate a incêndios, hidrocarbonetos e detritos sólidos (será realizada uma simulação de 2 em 2 meses)
S5	Arrefecimento	6,7 m ³ /h	Gerado pontualmente, mediante a temperatura do ar; 5 vezes mais concentrado que a corrente de entrada no sistema de arrefecimento
S6.1	Síntese e Destilação	0,26 m ³ /h	Poderá conter cetonas e ésteres

(continua)

Quadro 5 – Caudal e qualidade genérica das águas residuais da unidade HyMeOH (cont.)

Corrente	Origem	Caudal	Qualidade genérica
S6.2	Síntese (purgas)	0,22 m ³ /h	Poderá conter vestígios de químicos
S7.1	Gaseificação	14,89 m ³ /h	Poderá conter areia, calcário e carvão vegetal
S7.2	Gaseificação	0,49 m ³ /h	Boa qualidade
S9	Águas pluviais potencialmente contaminadas (APC)	Max. Mensal – 13 897 m ³ Min. Mensal – 64 m ³	Recolhido em sarjetas dos arruamentos da instalação; poderá conter vestígios de óleos e hidrocarbonetos, detritos sólidos diversos e areias
S11	Águas residuais domésticas	0,5 m ³ /h	Composição típica de águas residuais domésticas
S13	Águas pluviais não contaminadas (APnC)	Max. Mensal – 2 554 m ³ Min. Mensal – 12 m ³	Qualidade genérica

Por sua vez, no Quadro 6 apresenta-se a estimativa da composição das principais correntes industriais.

Quadro 6 – Qualidade das águas residuais das principais correntes de saída

Parâmetro	Unidades	Síntese e Destilação		Gaseificação		ASU	Comp. MP
		S6.1	S6.2	S7.1	S7.2	S3.2	S3.3
pH	Esc. Sorensen	7 - 12	10 - 11	5 - 6	9	5,5 - 6,5	5 - 6
Alcalinidade	mmol/l	-	0,1 - 10	-	-	-	0,82
Condutividade (25°C)	mg/l	< 30	< 30	< 3 000	<10 000	20	340
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	mg/l	-	-	2	-	-	-
Cloreto (Cl ⁻)	mg/l	<0,005	-	100	0	-	50
SST	mg/l	60	-	0,0041	0	1	80
Fósforo Total	mg/l	-	-	-	5	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/l	-	8	-	-	-	-
Hidrossulfureto (HS ⁻)	mg/l	-	-	0,5	-	-	1
Azoto Amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/l	-	-	250	-	-	100
Sais de Sódio	mg/l	100	-	-	-	-	-
Sílica (SiO ₂)	mg/l	-	< 8	-	0	-	-
Sódio	mg/l	10	-	-	0	-	-
CBO ₅	mg/l	< 200	-	-	-	1	160
CQO	mg/l	< 200	-	-	-	3	400
COT	mg/l	-	0,5	-	-	-	-
Álcoois, Esteres e Cetonas	mg/l	Vestígios	-	-	-	-	-
Metanol e subp. Pesados (1)	mg/l	< 200	-	-	-	-	-

(1) subprodutos pesados são álcoois de peso molecular superior ao metanol

Com base na informação sobre a composição qualitativa e quantitativa das correntes, foi estimada de forma conservativa a composição média da água residual industrial a tratar, composição essa que foi utilizada para o dimensionamento do processo de tratamento, que se indica no Quadro 7.

Quadro 7 – Composição média estimada da água residual a tratar

Parâmetro	Unidades	Valores
pH	Esc. Sorensen	6,5 - 7,5
Temperatura	°C	20 - 35
Alcalinidade	mmol/l	270
Condutividade (25°C)	mg/l	3 305
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	mg/l	1,83
Cloreto (Cl ⁻)	mg/l	91,6
SST	mg/l	50
Fósforo Total	mg/l	0,11
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0,11
Hidrossulfureto (HS ⁻)	mg/l	0,46
Azoto Total (N)	mg /l	250
Azoto Amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/l	229
Óleos e Gorduras	mg/l	0
Hidrocarbonetos	mg/l	Vestígios
Sais de Sódio	mg/l	1,49
Sílica (SiO ₂)	mg/l	8,0
Sódio	mg/l	10
CBO ₅	mg/l	50
CQO	mg/l	100
COT	mg/l	0,01
Álcoois, Esteres e Cetonas	mg/l	Vestígios
Metanol e subp. pesados	mg/l	2,98

2.6 Redes de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais

A Unidade HyMeOH irá dispor de redes separativas de recolha e drenagem de águas residuais industriais, águas residuais domésticas, águas pluviais contaminadas (APC) e águas pluviais não contaminadas (ApnC), conforme se mostra no Desenho n.º RR01, incluído no Anexo I.1.6 do Volume de Anexos.

2.6.1 Águas Residuais Industriais

A respectiva rede de drenagem recolhe as águas residuais industriais provenientes do processo produtivo e dos serviços auxiliares por gravidade, conduzindo-as a um separador de hidrocarbonetos dedicado, antes do seu encaminhamento para o sistema de pré-tratamento da ETAR.

2.6.2 Águas Residuais Domésticas

A rede separativa de águas residuais domésticas recolhe as águas residuais provenientes das instalações sanitárias e de usos domésticos, com ligação por gravidade directamente ao Tratamento Biológico 1 das águas residuais industriais.

2.6.3 Águas Pluviais Contaminadas (APC)

A rede de águas pluviais contaminadas (APC) recolhe as águas pluviais de pavimentos e arruamentos com potencial de contaminação e, após passarem num separador de hidrocarbonetos dedicado, alimentam uma bacia de tempestade com a capacidade de 500 m³, com ligação ao circuito de águas residuais industriais a depurar no Tratamento Biológico 1.

No caso de pluviosidade superior à chuvada de projecto, será accionado o descarregador de tempestade para a linha de água, já que quaisquer óleos ou contaminantes dos pavimentos são

arrastados e encaminhados para tratamento nos momentos iniciais da chuvada. A descarga no meio hídrico, sujeita a monitorização independente, é efectuada a jusante da caixa de amostragem e medição de caudal do efluente tratado.

2.6.4 Águas Pluviais Não Contaminadas (APnC)

As águas pluviais não contaminadas, provenientes das coberturas dos edifícios, são recolhidas numa rede separativa que as conduz a uma bacia com a capacidade de 36 m³, com ligação por bombagem a um tanque de águas pluviais de 500 m³, que se juntam gradualmente ao pré-tratamento de ApR0 por filtro de vidro, antes de serem ligadas ao sistema de osmose inversa.

A bacia dispõe de um *overflow* para descarga na linha de água, no caso de caudais excepcionais.

2.7 Descrição de Processo e Características dos Principais Órgãos de Tratamento

Na Figura 1 incluiu-se um diagrama de blocos do sistema de tratamento de águas, cuja implantação está apresentada na planta geral incluída no Módulo IX.

Numa primeira etapa, a ETAR destina-se a tratar as águas residuais industriais provenientes da unidade HyMeOH, as águas pluviais contaminadas e as águas residuais domésticas, para um caudal máximo de 31,5 m³/h. As águas residuais industriais geradas nos diferentes blocos de processo da Unidade HyMeOH, constituídas pelas correntes S3 a S7 (ver Figura 2), confluem a uma conduta única, gerando a corrente S8, que é depurada num separador de hidrocarbonetos. Juntamente com a corrente S9 (águas pluviais contaminadas - APC), também depurada num separador de hidrocarbonetos e armazenada numa bacia de tempestade com a capacidade de 500 m³, são encaminhadas para um tanque de equalização com a capacidade de 883 m³, com desarenação e tamisação prévia. A corrente S11 (efluente doméstico) é conduzida directamente ao reactor biológico (Tratamento Biológico 1).

Assim, o pré-tratamento inclui um sistema de desarenamento, uma vez que se espera que o efluente industrial possa conter vestígios de areia provenientes do processo de gaseificação de biomassa e as águas pluviais contaminadas possam conter areias provenientes do desgaste dos passeios e pavimentos.

Após o tamisador, o pH, a temperatura e a condutividade das águas residuais serão medidos e registados. Do tanque de equalização, as águas residuais são transferidas por bombagem para o reactor biológico (RA1) com arejamento.

O caudal para o Tratamento Biológico 1 será registado e utilizado para controlar as bombas doseadoras de ácido acético (50%) como fonte de carbono e ácido fosfórico (75%). Além das bombas doseadoras dos nutrientes indicados, o reactor também está equipado com uma bomba doseadora de anti-espuma.

O reactor biológico (RA1) tem uma configuração tipo “donut”, com o compartimento anóxico na parte central. Uma bomba de circulação interna garantirá uma circulação contínua entre os dois compartimentos, anóxico e arejado. A parte arejada está equipada com um sistema de arejamento de elevada eficiência (compressores de parafuso e sistema de arejamento por difusores de bolha fina). Além disso, o reactor biológico estará equipado com uma bomba de lamas que transfere o excesso de lamas biológicas para o respectivo sistema de tratamento.

O RA1 tem as seguintes características:

- Volume total: 451 m³;
- Concentração de biomassa:..... 10 g/l;
- Azoto a tratar:..... 86 kg/d;
- Carga mássica: 0,15 kg CQO/kg de sólidos dissolvidos;
- Capacidade de arejamento adicional: 25%;
- Necessidade de O₂:..... 0,8 kg O₂/kg CQO;
- Capacidade do soprador de arejamento: 562 Nm³/h.

Foram consideradas uma bomba doseadora de solução de ácido acético de 35 l/h, uma bomba de dosagem de ácido fosfórico e uma bomba de dosagem de anti-espuma com a capacidade de 7,5 l/h cada e uma bomba doseadora de ácido fórmico com a capacidade de 100 l/h.

Do RA1, o excesso de lamas activadas flui continuamente para o compartimento de filtração, onde estão instalados os módulos de membranas submersas MBR1. A medição de caudal monitoriza o caudal de circulação no compartimento para garantir que a concentração de lamas permanece sob controlo. A bomba de permeado criará uma pequena subpressão, resultando num caudal de água através das membranas, enquanto as lamas são retidas no compartimento de filtração.

O permeado é armazenado no tanque de permeado com a capacidade de 2 m³. Enquanto a maior parte do permeado será enviada para a unidade de reutilização de água, uma pequena parte do permeado será utilizada na limpeza (química) das membranas MBR.

A unidade MBR1 está equipada com uma bomba de contra-lavagem, que enviará permeado por um curto período na direcção oposta através das membranas, empurrando activamente as incrustações para fora da superfície das membranas. Para remover incrustações mais persistentes, também será possível dosar reagentes químicos (NaOCl para remover incrustações orgânicas e ácido cítrico para remover incrustações minerais) durante a operação de contra-lavagem, após a qual as membranas ficam submersas na solução por um determinado tempo.

Cada conjunto de membranas está equipado com um sistema de arejamento, que assegura um fluxo ascendente contínuo entre as placas das membranas e evitará a acumulação de lamas.

Para manter a concentração de lamas estável no compartimento de filtração, a bomba de circulação envia as lamas de volta ao reactor biológico. A bomba de circulação será controlada com base no nível do tanque de filtração.

As características do sistema MBR1 são as seguintes:

- Capacidade:..... 31,5 m³/h;
- N.º de módulos e membranas:..... 6 x 3;
- Superfície: 1 368 m² (76 m²/módulo);
- Material das membranas:..... PVDF;
- Volume do tanque de permeado: 2 m³.

Foram ainda consideradas bomba de permeado de 31,5 m³/h, bomba de circulação MBR1 de 150 m³/h, bomba de contra-lavagem de 25 m³/h e, para adição de químicos, bomba doseadora de hipoclorito de sódio de 200 l/h, bomba doseadora de ácido cítrico de 500 l/h e bomba doseadora de ácido fórmico de 120 l/h, bem como um soprador de ar de 400 Nm³/h.

Uma pequena parte do efluente tratado no Tratamento Biológico 1 será utilizada como água para rega após desinfecção com hipoclorito de sódio (ApR3).

A parte restante, que constitui a maior parte do efluente tratado no sistema MBR1 (Tratamento Biológico 1) será enviada por uma bomba de alimentação para tratamento de afinação na unidade CCRO.

As lamas biológicas em excesso são retiradas do reator biológico para desidratação das lamas e posteriormente para destino final no exterior.

A unidade de Osmose Inversa de Ciclo Fechado (CCRO), com capacidade tratar para 65,5 m³/h, irá receber também o efluente tratado da ETAR de Cubos (ApR0) e as águas pluviais não contaminadas (ApnC), passando previamente por um filtro de vidro. Esta unidade produz permeado, em que 26,5 m³/h é retirado como água de Categoria 1 (ApR1) e é armazenada no respectivo tanque. O restante permeado, 25,8 m³/h, seguirá para a unidade de Osmose Inversa (RO), com resina, sendo produzida a água de Categoria 2 (ApR2) na quantidade pretendida, ou seja, 21,8 m³/h, que é armazenada no respectivo tanque. O concentrado produzido da RO (4 m³/h) retorna à unidade CCRO.

As características principais da CCRO são as seguintes:

- Caudal de alimentação: 65,5 m³/h;
- Recuperação: 70 - 90%;
- Produção de permeado: 52,3 m³/h;
- Superfície das membranas: 37 m² por módulo;
- Fluxo:..... 18 l/m².h;
- N.º de módulos de membranas:..... 80.

A unidade CCRO dispõe de bomba de alimentação de 65,5 m³/h, dois pré-filtros, bomba de contra-lavagem de 65,5 m³/h, bomba de recirculação CCRO de 80 m³/h, bomba de transferência de 26 m³/h, unidade CIP de limpeza química das membranas com a capacidade de 3 m³, bem como bombas doseadoras de ácido cítrico de 50 l/h, de anti-incrustante de 10 l/h, de SBS de 10 l/h, de ácido cítrico do CIP de 150 l/h, de soda cáustica do CIP de 150 l/h, de biocida de 10 l/h e um tanque de permeado de 2 m³.

As características principais da RO são as seguintes:

- Caudal de alimentação: 25,8 m³/h;
- Recuperação: 70 - 90%;
- Produção de permeado: 21,8 m³/h;
- Superfície das membranas: 37 m² por módulo;
- N.º de módulos das membranas: 35.

Na unidade de CCRO é produzido um concentrado (13,2 m³/h), que é encaminhado para o Tratamento Biológico 2, seguido de MBR2, podendo assim ser descarregado no meio hídrico receptor, de acordo com os requisitos dos VEA-MTD das Conclusões MTD do BREF CWW e do Decreto-Lei n.º 236/98, indicados no Quadro 8.

Quadro 8 – Requisitos da descarga em meio receptor

Parâmetro	Proposta de VLE	VEA-MTD do BREF CWW	VLE (DL 236/98)
pH	6 - 9	-	6 – 9
CBO ₅ , mg O ₂ /l	40	-	40
CQO, mg O ₂ /l	100	30 - 100	150
COT, mg/l	33	10 - 33	-
SST, mg/l	35	5 - 35	60
Óleos e Gorduras, mg/l	15	-	15
Azoto Total, mg N/l	15	5 - 25	15
Fósforo Total, mg P/l	3	0,5 - 3	10

As características principais do reactor biológico (RA2) para tratamento do concentrado da CCRO são as seguintes:

- Volume do reactor:..... 78 m³;
- Concentração da biomassa:..... 10 g/l;
- Carga de azoto: 16 kg/d;
- Carga mássica: 0,15 kg CQO/kg de sólidos dissolvidos;
- Capacidade de arejamento adicional: 25%;
- Necessidade de O₂: 0,8 kg O₂/kg CQO;
- Capacidade dos compressores de arejamento: 2 x 103 Nm³/h.

O Tratamento Biológico 2 dispõe de bombas doseadoras de antiespuma de 7,5 l/h e de ácido fórmico de 100 l/h.

Por sua vez, o sistema MBR2 tem as seguintes características:

- Capacidade:..... 13,2 m³/h;
- N.º de módulos e membranas:..... 3 x 3;
- Superfície: 684 m² (76 m²/módulo);
- Material das membranas:..... PVDF;
- Volume do tanque de permeado: 2 m³.

Foram ainda consideradas bomba de permeado de 20 m³/h, bomba de circulação MBR de 100 m³/h, bomba de contra-lavagem de 15 m³/h e, para adição de químicos, bomba doseadora de hipoclorito de sódio de 50 l/h, bomba doseadora de ácido cítrico de 50 l/h e bomba doseadora de ácido fórmico de 50 l/h, bem como um soprador de ar de 120 Nm³/h.

Será instalado um espessador para desidratar parcialmente as lamas biológicas provenientes dos módulos dos MBR1 e MBR2 (o teor de matéria seca pode ser aumentado para ±6%), reduzindo assim o volume de lamas. De seguida, as lamas são submetidas a um processo de desidratação por centrifugação, até cerca de 15% de sólidos.

Depois de saírem do sistema de centrifugação, as lamas serão encaminhadas por bombagem para um depósito de lamas estanque, que as descarrega num contentor próprio, permitindo a sua recolha por camião, sempre que necessário. Para maximizar a desidratação de lamas, será doseado um polímero apropriado. O filtrado do sistema de desidratação retorna ao reactor biológico 1.

O consumo global previsto de energia eléctrica será de cerca de 2 628 MWh/ano.

O controlo automático da instalação será efectuado através de um autómato (PLC) e a operação visualizada através de um sistema SCADA, que permite a operação autónoma dos processos das diversas etapas de funcionamento e de lavagens com a monitorização e controlo efectuados à distância, não sendo necessária a intervenção directa de operadores na unidade de tratamento e reutilização de água.

2.8 Monitorização de Conformidade

Conforme se pode verificar na Figura 1, a monitorização para autocontrolo será efectuada em 2 pontos, em que o ponto de monitorização 1 refere-se ao efluente final para descarga no meio receptor e o ponto de monitorização 2 à descarga de águas pluviais contaminadas (APC), também no meio receptor, no caso de pluviosidade elevada.

Após os pontos de monitorização, reúnem-se numa caixa de descarga para o meio receptor, onde se juntam também as águas pluviais não contaminadas (ApnC), que eventualmente não forem integralmente reutilizadas na ETARI.

A análise dos parâmetros a definir pelas licenças de rejeição de águas residuais serão realizadas em laboratório acreditado, em amostra composta, com a periodicidade mensal para verificação de conformidade, conforme se mostra no Quadro 9.

Quadro 9 – Plano de monitorização de autocontrolo

Parâmetro	Efluente tratado (periodicidade)	Águas pluviais contaminadas	Métodos analíticos de referência
pH	Mensal	Quando ocorrer descarga de tempestade	Normas EN. Na ausência de normas EN, utilização de normas ISO, normas nacionais ou outras normas internacionais que garantam a obtenção de dados de qualidade científica equivalente
CBO ₅ , mg O ₂ /l			
CQO, mg O ₂ /l			
COT, mg/l			
SST, mg/l			
Óleos e Gorduras, mg/l			
Hidrocarbonetos, mg/l			
Azoto Total, mg N/l			
Fósforo Total, mg P/l			

2.9 Capacidades e Eficiências de Tratamento

A ETARI tem uma capacidade de tratamento das águas residuais industriais, águas residuais domésticas e pluviais contaminadas de 756 m³/dia (275 940 m³/ano). Uma pequena parte deste efluente tratado após desinfecção, sendo água com qualidade Classe A, será utilizada para rega de espaços verdes.

Após o Tratamento Biológico 1, o efluente industrial e doméstico tratado, a ApR urbana (ApR0) e a água pluvial não contaminada (ApnC), são sujeitos a um processo de tratamento por osmose inversa de ciclo fechado (CCRO), cuja capacidade de tratamento é de 1 572 m³/dia (573 780 m³/ano para produção de água para utilização industrial da Categoria 1 (ApR1) e para alimentação do tratamento por osmose inversa (RO), que tem a capacidade de 619,2 m³/dia (226 008 m³/ano). O tratamento por RO produz água da Categoria 2 (ApR2).

O concentrado da CCRO após Tratamento Biológico 2 é descarregado no meio receptor, com um volume de descarga de 316,8 m³/dia (115 632 m³/ano). Em situação de paragem dos sistemas de osmose inversa, o volume a descarregar será até 756 m³/dia.

O Quadro 10 apresenta a composição estimada das águas nas diferentes etapas do processo de tratamento na ETARI, bem como a eficiência do tratamento por etapa e parâmetro.

2.10 Licenciamento da Produção e Utilização de ApR e de Rejeição de Águas Residuais

Em Anexos separados do Formulário LUA, foram incluídos os seguintes pedidos de licenciamento:

- **Licença de Utilização do Domínio Hídrico**, para rejeição de águas residuais industriais, após tratamento adequado;
- **Licença de Produção/Utilização de ApR**, correspondente à produção e utilização de ApR num sistema descentralizado (particular). Esta licença irá abranger a reutilização dos efluentes do processo de produção de metanol após tratamento adequado e a reutilização de ApR urbano, para usos industriais e rega.

3. MEDIDAS DE POUPANÇA DE ÁGUA E CONSUMO DE ÁGUA

Foram consideradas as seguintes principais medidas de poupança de água na unidade HyMeOH:

- A água para o processo terá origem no tratamento de águas residuais (ApR) de uma ETAR do município de Mangualde – ETAR de Cubos;
- A totalidade das águas residuais da instalação será encaminhada para a unidade de tratamento de águas que fará a sua reutilização no processo;
- Será efectuado o aproveitamento das águas pluviais contaminadas para o processo;
- Será efectuado o aproveitamento das águas não contaminadas para o processo e rega dos espaços verdes;
- Para minimizar as perdas de água por evaporação, foi considerada a instalação de aeroarrefecedores em vez de torres de refrigeração.

4. ÁGUA PARA ARREFECIMENTO

U530 – Sistema de Arrefecimento de Água

A unidade HyMeOH requer a existência de um sistema de arrefecimento de água, necessário para dissipar o calor de vários equipamentos do processo.

O sistema principal de arrefecimento da instalação (U530) é composto por 2 conjuntos de aeroarrefecedores secos para reduzir de 65 para 45°C a corrente de água proveniente da lavagem do *scrubber* da gaseificação e 6 conjuntos de aeroarrefecedores secos com *sprinklers* seguidos de um sistema evaporativo para arrefecimento do fluxo total de água de arrefecimento proveniente de várias unidades de 45 para 35°C, designadamente da gaseificação (U230), síntese de metanol (U400), compressores de média pressão e de gás residual (U310, U330 e U370) e electrólise da água. Prevê-se necessário o arrefecimento de um caudal total de 1 800 m³/h, de 45 para 35°C e que depois deverá retomar aos equipamentos do processo de forma a garantir o seu correcto funcionamento.

Devido à escassez de água na região, o sistema de arrefecimento de água será constituído por um sistema híbrido, que incorpora aeroarrefecedores secos, com *sprinklers* que utilizam água recuperada (ApR1), seguidos de um aeroarrefecedor evaporativo, que também utiliza ApR1. Esta solução combinada minimiza as perdas de água por evaporação e em purgas, pois apenas irá consumir água nos dias quentes com temperatura ambiente superior a 29°C.

Os aeroarrefecedores dispõem de um conjunto de permutadores de calor tubulares, em aço ao carbono e alhetas de alumínio, com arranjo horizontal e ventiladores instalados à superfície para promover o arrefecimento indirecto com ar da água presente nos tubulares. Estes equipamentos têm, por módulo, 15 m de comprimento e 3,75 m de largura.

Os ventiladores têm sistemas de ajuste de velocidade para minimizar o consumo de energia. Os aeroarrefecedores secos podem funcionar como um sistema híbrido em condições extremas, ou seja, quando a temperatura ambiente for superior a 35°C, são activados *sprinklers* de água para permitir o arrefecimento da água, obtendo-se uma temperatura na água de cerca de 41°C.

Em relação ao aeroarrefecedor evaporativo, irá funcionar principalmente nos dias de Verão, de forma a obter-se uma temperatura na água de 35°C, para posterior fornecimento aos consumidores de água acima mencionados. Este equipamento utiliza um sistema de arrefecimento evaporativo para dissipar o calor da corrente de água em circuito fechado com um sistema de condensação. A água quente circula nos tubulares, que são arrefecidos indirectamente com água que evapora parcialmente devido à transferência de calor.

Quadro 10 – Eficiência das etapas de tratamento

Parâmetro		Composição							% Remoção				
		1	2	3	4	5	6	7	8	(3-2)	(4-3)	(5-2)	(6-2)
		Efluente da ETAR de Cubos	Água Residual Industrial	Ef. Industrial após T. Biológico 1	Ef. Industrial após T. Biológico 1 e Desinfecção	Após CCRO para utilização Industrial	Após RO para utilização Industrial	Concentrado da CCRO	Concentrado CCRO após T. Biológico 2 Ef. Final meio receptor	Após MBR1	Após desinfecção	Após CCRO	Após RO
		ApR0			ApR3	ApR1	ApR2						
pH		6 a 9	6,5 a 7,5	6,5 a 7,5	-	6 a 9	6,5 a 7,5	6 a 9	6 a 9	-	-	-	-
Turvação	NTU	5	-	5,0	5,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
E.coli	NMP/100 ml	<100	-	100,0	10,0	1,0	1,0	-	-	-	90,0	99,0	99,0
Azoto total	mg N/L	15	250,0	10,0	10,0	5,0	5,0	75	< 15	96,0	-	98,0	98,0
Azoto amoniacal	mg NH4-N/l	15	229,1	5,0	5,0	3,0	3,0	50	-	97,8	-	98,7	98,7
Fósforo total	mg P/l	5	0,11	0,11	0,11	0,05	0,05	25	< 3	-	-	52,6	52,6
SST	mg/l	<10	20,0	5,0	5,0	1,0	1,0	10	< 35	75,0	-	95,0	95,0
CBO5	mg O2/l	<25	50,0	10,0	10,0	3,0	0,1	50	<40	80,0	-	94,0	99,8
CQO	mg O2/l	<125	100,0	40,0	40,0	5,0	5,0	500	< 100	60,0	-	95,0	95,0
Óleos e Gorduras	mg/l	<15	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0	< 15	-	-	-	-
Hidrocarbonetos	mg/l	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Condutividade (25°C)	µS/cm	-	3305,0	3305,0	3305,00	250,0	0,20	-	-	-	-	92,4	100,0
Alcalinidade	mg /l	-	270,0	270,0	270,0	200,0	-	-	-	-	-	25,9	-
Carbonato (CO3)	mg /l	-	1,83	1,83	1,83	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto (Cl)	mg Cl/l	-	91,64	91,64	91,64	50,0	0,0050	-	-	-	-	45,4	100,0
Fosfato (PO4)	mg PO4-P/l	-	0,11	0,11	0,11	0,05	0,05	-	-	-	-	52,6	98,3
Hidrossulfureto (HS)	mg /l	-	0,46	Vestígios	Vestígios	0,0	0,0	-	-	-	-	-	100,0
Sais de sódio	mg /l	-	1,49	1,49	1,49	1,49	0,003	-	-	-	-	-	99,8
Silica (SiO2)	mg /l	-	0,11	0,11	0,11	0,11	0,01	-	-	-	-	-	90,5
Sódio	mg /l	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,003	-	-	-	-	-	98,0
COT	mg /l	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	-	-	-	-	-	100,0
Alcoois, Esteres e Cetonas ¹	mg /l	-	Vestígios	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Metanol e subprodutos pesados ¹	mg /l	-	2,98	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	100,0	100,0

¹ Componentes com presença vestigial, contudo integrados nos parâmetros CQO e COT

Os ventiladores, presentes no topo do equipamento, removem o vapor de água formado com a injeção de ar frio sobre os tubulares. A água que não evapora é recolhida numa bacia de 150 m³ e depois é recirculada no próprio sistema evaporativo. Neste sistema, a quantidade de água evaporada e purgada (enviada para tratamento na ETARI), com base em 5 ciclos de concentração, é estimada, respectivamente em 80% e 20% do valor de água introduzida no sistema (*make-up*).

Em anexo incluiu-se um diagrama com as diferentes condições de funcionamento dos arrefecedores de água.

Assim, serão instalados seis aeroarrefecedores secos com *sprinklers* e um sistema evaporativo em circuito fechado. Abaixo de 29°C de temperatura ambiente, os aeroarrefecedores secos dissipam 20,68 MWt e a 35°C de temperatura ambiente dissipam 8,27 MWt, sendo que 12,41 MWt são dissipados no sistema evaporativo.

Foi considerada também a instalação de dois aeroarrefecedores dedicados, a localizar na U310, que se destinam a arrefecer a água de lavagem do *scrubber* da gaseificação, que funcionam sem *sprinklers*.

A potência eléctrica instalada é de 313,8 kW nos seis aeroarrefecedores, 140 kW no sistema evaporativo e 100 kW em cada um dos dois aeroarrefecedores dedicados para a corrente de água de lavagem do *scrubber* da gaseificação.

O controlo da *Legionella* é efectuado por doseamento de hipoclorito de sódio no circuito de água de humificação, de acordo com os requisitos da gLei n.º 52/2018.

Relativamente à manutenção, o plano envolve actividades de verificação e limpeza com diferentes periodicidades. Semanalmente, devem ser inspeccionadas as vedações e filtros das bombas, o sistema de pulverização e os bicos de *spray*, garantindo uma distribuição uniforme da água. Deve também verificar-se o nível de água na bacia e a taxa de purga, bem como a eventual presença de crescimento biológico, ajustando ou limpando sempre que necessário.

Mensalmente, deve proceder-se à verificação dos motores dos ventiladores e das bombas, ao controlo de nível de óleo nas caixas de engrenagens, à inspecção das aberturas de ar e dos eliminadores de gotículas, bem como à detecção de possíveis fugas no invólucro/cobertura.

Anualmente, prevê-se realizar uma inspecção mais detalhada, verificando o estado e a fixação das pás dos ventiladores, os veios e acoplamentos e efectuar a limpeza e lavagem completa da bacia de recolha de água. Estas acções asseguram o bom desempenho do sistema, a eficiência energética e a durabilidade dos equipamentos.

5. PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Como já foi referido, as águas residuais da unidade HyMeOH, bem como as águas pluviais contaminadas e não contaminadas serão encaminhadas para a ETARI, de forma a serem reutilizadas.

No Quadro 5 foram indicadas as características das águas residuais, incluindo a designação da corrente, de acordo com a Figura 2, a sua origem, caudal e qualidade genérica.

Por sua vez, o concentrado da unidade de Osmose Inversa de Ciclo Fechado (CCRO), de 13,2 m³/h, é submetido a tratamento biológico, seguido de MBR 2, para ser descarregado em meio hídrico, de acordo com os requisitos dos VEA-MTD das Conclusões MTD do BREF CWW e do Decreto-Lei n.º 236/98.

Assim, na base do caudal de 13,2 m³/h, as cargas máximas anuais de poluentes a descarregar no meio hídrico estão indicadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Cargas máximas anuais de poluentes a descarregar no meio hídrico

Poluentes	Valor (kg/ano)
CBO ₅	< 4 625
CQO	< 11 563
SST	< 4 047
Óleos e Gorduras	< 1 734
Azoto Total	< 1 734
Fósforo Total	< 347

No entanto, em situações de emergência por avaria dos sistemas de osmose inversa, pode ser necessário descarregar um caudal máximo de 31,5 m³/h, proveniente do MBR1, com a interrupção do abastecimento de ApR0 da ETAR de Cubos. Esta descarga será realizada no ponto de descarga EH1, com controlo prévio de qualidade.

Anexo

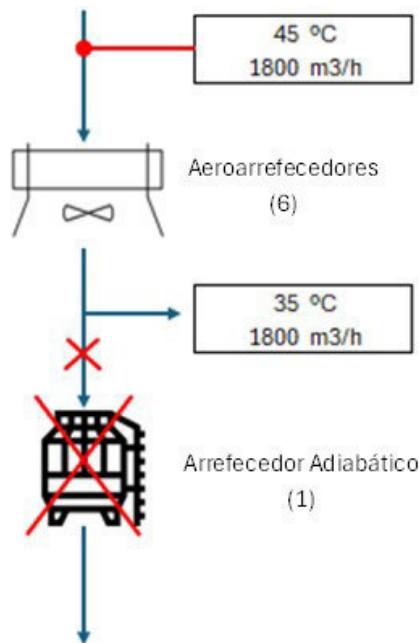
Regime de funcionamento dos aeroarrefecedores

Regime de Funcionamento dos Aeroarrefecedores

Caso 1 - Temperatura do ar $\leq 29^{\circ}\text{C}$ (Verde)

Hora/ano 8255

Consumo de água 0 m³/h

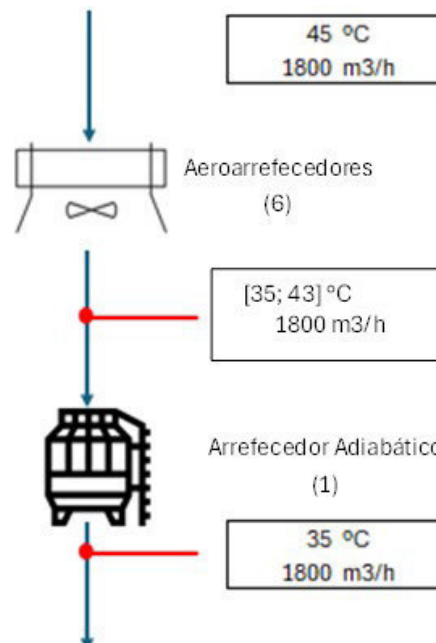


Caso 2 - Temperatura do ar $> 29^{\circ}\text{C}$ & $< 35^{\circ}\text{C}$ (Amarelo)

Hora/ano 417

Consumo e rejeitado produzido

T _{ar} [°C]	Consumo	Rejeitado
29	0	0
$X = 5,6X - 162,4 = 1,12X - 32,48$		
35	33,6	6,72



Caso 3 - Temperatura do ar $\geq 35^{\circ}\text{C}$ (Vermelho)

Hora/ano 88

Consumo e rejeitado produzido

T _{ar} [°C]	Consumo	Rejeitado
35	33,6	6,72
$X = 5X - 141,4$		
40	58,6	6,72

