



RELATÓRIO SÍNTESE TRIMESTRAL | APA JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO | 2026

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. ENQUADRAMENTO	3
3. PROJETOS EXECUTADOS NO ÂMBITO DO AVISO CONVITE N.º 04/REACT-EU/2021 APOIO À TRANSIÇÃO CLIMÁTICA	4
4. ESTUDOS PILOTO	5
4.1. SOLUÇÕES DE BASE NATURAL.....	5
4.2. ENSAIOS DE TRANSMITÂNCIA.....	8
4.3. ENSAIOS DE SECAGEM DAS LAMAS	8
5. CANDIDATURA AO PROGRAMA LIFE 2021-2027 - Standard Action Projects (SAPs) - Circular Economy and Zero Pollution	10
6. DESEMPENHO DA INSTALAÇÃO	11
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
8. ANEXOS	21

1. INTRODUÇÃO

Decorrente do processo do resgate da concessão do Sistema de Alcanena, levado a cabo pelo Município de Alcanena e da consequente alteração de Entidade Gestora, que ocorreu pela via de celebração de Contrato de Gestão Delegada, firmado entre o Município e a AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Alcanena, EM, S.A., assumiu, esta entidade, a gestão da ETAR de Alcanena, sistema de Coletores e Aterro das Lamas, com efeitos a partir do dia 05/07/2019.

À data do início da atividade por parte da nova Entidade Gestora, estava em vigor a Licença de Utilização nº L013810.2017.RH5A, válida até 1/10/2019, ou seja, três meses após o início de atividade desta entidade na gestão do sistema.

Por forma a manter a legalidade na atividade de gestão, a AQUANENA solicitou a prorrogação do prazo da licença, sucessivas vezes com apresentação dos compromissos assumidos por esta entidade gestora na resolução dos problemas que a ETAR de Alcanena tem vindo a apresentar ao longo dos anos.

A 25/02/2021, no âmbito do Observatório Ambiental do Concelho de Alcanena, foi realizada a apresentação pública do Plano Estratégico para a Evolução do Sistema de Saneamento de Alcanena (PEESSA), que permitiu mostrar a estratégia da AQUANENA para a resolução das diferentes problemáticas que envolvem o sistema de saneamento, contemplando um planeamento realista dos projetos a elaborar e das ações a realizar para o cumprimento dos objetivos a que se propunha. Nesse seguimento foi emitida a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos – Rejeição de Águas Residuais nº L006844.2021.RH5A, válida até 31/12/2022.

A renovação da referida licença ocorreu a 5/04/2023 com a emissão do TUA20230405001152, válido até 5/04/2025. Passados dois anos da sua emissão e após novo pedido por parte da AQUANENA, a APA/ARH Tejo e Oeste emitiu a renovação do TUA com data de início a 30/06/2025 e validade até 30/06/2030.

2. ENQUADRAMENTO

No âmbito do Título Único Ambiental TUA20230405001152, em vigor desde 30/06/2025, apresenta-se o relatório síntese trimestral que tem como objetivo dar resposta à obrigação identificada com o código T000130, separador “Outras condições” do referido TUA e vem dar continuidade aos conteúdos já apresentados nos relatórios anteriores, elaborados no âmbito do cumprimento da Licença de Utilização dos Recursos Hídricos n.º L006844.2021.RH5A, cujo código de utilização foi atualizado para o n.º L076197.2025-RH5A.V1.

Os resultados de monitorização do efluente rejeitado evidenciam uma melhoria progressiva da eficiência de tratamento, refletindo o impacto positivo das intervenções e investimentos realizados no âmbito do Plano Estratégico para a Evolução do Sistema de Saneamento de Alcanena (PEESSA).

Não obstante, a complexidade associada ao tratamento de efluentes provenientes da indústria de curtumes, caracterizados por elevada carga poluente e especificidades técnicas, tem condicionado o cumprimento de valores limite de emissão mais exigentes. Neste contexto, e após avaliação do desempenho da instalação, a APA/ARH Tejo e Oeste tem vindo a reconhecer a evolução positiva do sistema e o empenho da entidade gestora na implementação de soluções de melhoria.

Em síntese, o presente relatório visa demonstrar o conjunto de medidas já implementadas, bem como as ações a desenvolver, no âmbito da melhoria contínua do desempenho da ETAR de Alcanena. Pretende-se, assim, evidenciar o compromisso da entidade gestora na resolução das problemáticas identificadas, na otimização dos processos de tratamento e no cumprimento das exigências legais aplicáveis, assegurando uma evolução sustentada do sistema de saneamento.

3. PROJETOS EXECUTADOS NO ÂMBITO DO AVISO CONVITE N.º 04/REACT-EU/2021 APOIO À TRANSIÇÃO CLIMÁTICA

No seguimento da abertura do Aviso, para apresentação de candidatura no âmbito do Programa COMPETE 2020 – REACT EU, a AQUANENA apresentou-se, como uma das entidades gestoras beneficiárias, com uma dotação de €5.000.000, tendo submetido uma candidatura a 18/10/2021 cuja decisão de aprovação foi comunicada a 07/02/2022. O período temporal das despesas elegíveis seria de 01/02/2020 até 31/12/2023.

No que respeita ao modelo preconizado de conceção-construção, para a implementação da solução de afinação final, foi desenvolvido o caderno de encargos e preparado o processo de concurso internacional, com lançamento previsto para dezembro/2022. Contudo, esta opção ficou suspensa, devido ao elevado investimento previsto, com um acréscimo de custos muito acentuado face ao valor inicial, e ao prazo de conclusão (24 meses, após o lançamento).

- Investimento inicial previsto: €4.986.500;
- Investimento estimado para lançamento da empreitada de conceção-construção – tratamento de afinação final: €9.000.000.

Este cenário despoletou, ainda no final de 2022, a procura de alternativas de reforço do financiamento comunitário, uma vez que a AQUANENA, não reunia, nem reúne, condições para endividamento, face aos montantes envolvidos.

A operação foi concluída dentro do prazo previsto, tendo-se executado as intervenções prioritárias acordadas, identificadas para o Sistema de Alcanena, foram consideradas as despesas inerentes à revisão de preços e dos trabalhos complementares e foram incluídos novos investimentos, resultantes da alteração da regulamentação aplicável à ETAR por efeito da emissão da nova Licença de Rejeição emitida a 05/04/2023.

A inauguração dos investimentos foi realizada a 29/11/2024 e contou com o Sr. Secretário de Estado do Ambiente, Dr. Emídio Sousa, o Sr. Presidente da Câmara Municipal Alcanena, Eng.º Rui Anastácio, bem como, o executivo municipal, os responsáveis e técnicos da AQUANENA e com representantes de outras entidades.

4. ESTUDOS PILOTO

Desde o início da atividade da empresa enquanto entidade gestora do sistema de saneamento, foram realizados diversos ensaios com vista ao cumprimento dos requisitos estabelecidos nos TUA's. Os relatórios dos ensaios realizados, incluindo todos os desenvolvimentos e respetivos resultados, foram apresentados em relatórios anteriores, pelo que não se encontram novamente anexados ao presente documento.

Não obstante das diversas operações de beneficiação executadas de acordo com o perspectivado no Plano Estratégico, o sistema carece ainda de algumas intervenções, atualmente ampliadas tendo em consideração a necessidade de adaptação às exigências legais futuras introduzidas pela nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU). A Aquanena continua a desenvolver em conjunto com os seus parceiros a análise e desenvolvimento de estudos para encontrar as soluções técnicas e operacionais cujo objetivo é atingir a conformidade e a eficiência do sistema a médio e longo prazo.

4.1. SOLUÇÕES DE BASE NATURAL

Tendo em conta a necessidade de melhorar o nível de tratamento da ETAR, a AQUANENA procedeu à contratação da HIDRA - Hidráulica e Ambiente, Lda., que através da sua equipa técnica tem acumulado, ao longo dos anos, conhecimentos sobre as características e desempenho da globalidade do sistema, para a realização de um estudo denominado “Avaliação da Viabilidade de Tratamento de Afinação por Soluções de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena”. A realização do estudo visa a escolha de uma solução que permita cumprir os requisitos legais atuais e futuros e, simultaneamente, seja viável e sustentável, do ponto de vista dos custos de investimento e dos encargos de exploração.

No **ANEXO 1** apresentam-se as especificações para instalação e monitorização de instalação piloto na ETAR de Alcanena – Solução de Descarga “Zero”, onde são apresentados os dados técnicos, planeamento e calendarização que permitiram a realização dos trabalhos. Este documento concretiza as especificações técnicas de Instalações Piloto de leitos de macrófitas para maximizar a retenção de água e evapotranspiração, cujo objetivo é obter uma situação tendencial de

descarga “zero” do efluente da ETAR de Alcanena, evitando assim a descarga do caudal e cargas poluentes para a linha de água da Ribeira do Carvalho. Inicialmente foram instalados dois leitos tendo sido realizadas as plantações de todas as espécies, de acordo com as especificações técnicas apresentadas. Nas figuras seguintes pode observar-se a instalação à data de início da exploração do sistema piloto:



No primeiro trimestre de 2025, ocorreu o crescimento mais rápido das plantas sendo possível realizar um balanço hidrológico preliminar das instalações piloto cujo relatório de progresso se pode consultar no **ANEXO 2** do presente relatório. Construiu-se ainda um terceiro leito com impermeabilização do fundo. Nas figuras seguintes pode observar-se a instalação à data de fim da exploração do sistema piloto:



Bacia 3



O primeiro trimestre de 2026, período a que este relatório reporta, coincide com o fecho de exploração deste ensaio piloto e cujo relatório final denominado por “**Avaliação da Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena**” se apresenta no **ANEXO 3**.

Com base no conhecimento adquirido, decidiu-se avançar com um estudo preliminar para avaliar a viabilidade de ampliar este estudo a uma escala superior no âmbito de uma possível candidatura, que a AQUANENA está a preparar, ao **Programa LIFE da Comissão Europeia**, para desenvolver e validar, de um modo sólido e sustentado em evidência científica, uma tecnologia de tratamento baseada em soluções de base natural, a implementar a jusante da

ETAR de Alcanena. Esta solução permitiria dar resposta às novas exigências da **DARU - Diretiva de Águas Residuais Urbanas** e aos desafios específicos do tratamento de águas residuais industriais específicos do concelho de Alcanena, garantindo ainda a viabilidade económica da solução, quer ao nível do investimento, quer dos custos de exploração. Teria ainda o valor acrescentado de contribuir para a recuperação de ecossistemas ribeirinhos, através do alargamento das galerias ripícolas, alimentando-as com a água residual tratada da ETAR e potenciando a criação de espaços bio diversos, sumidouros de Carbono e com baixos impactos de operação/exploração. A candidatura, liderada pela AQUANENA, envolve diversas entidades académicas e de investigação, empresas e entidades tecnológicas especializadas, bem como organismos públicos nacionais com competências de licenciamento e regulação, reunindo assim conhecimento científico, capacidade técnica e enquadramento institucional. A submissão da candidatura está prevista para o primeiro semestre de 2026 e, se aprovada, será desenvolvida num período de 3 a 5 anos.

4.2. ENSAIOS DE TRANSMITÂNCIA

Tendo em conta os requisitos previstos para o futuro TUA da ETAR de Alcanena e as novas exigências decorrentes da entrada em vigor da nova DARU em janeiro de 2025, a AQUANENA iniciou a realização de ensaios de transmitância para avaliar a eficácia de um sistema de desinfecção com a tecnologia de ultravioleta. Por análise dos resultados obtidos, verificou-se que os valores de transmitância medidos no efluente tratado da ETAR de Alcanena situam-se tendencialmente abaixo dos 20%. Tendo em consideração que as tecnologias de desinfecção por UV são eficazes para valores de transmitância acima de 60%, pode-se concluir que a tecnologia de ultravioleta não é técnica nem economicamente viável para a ETAR de Alcanena. Os resultados obtidos são apresentados no **ANEXO 4**.

Tendo em conta os resultados obtidos verifica-se a necessidade de realizar outros estudos, que permitam avaliar o efeito de tecnologias alternativas para desinfecção do efluente tratado.

4.3. ENSAIOS DE SECAGEM DAS LAMAS

Considerando as elevadas quantidades de lamas resultantes do processo de tratamento na ETAR de Alcanena (cerca de 50 ton/dia) e tendo em conta a impossibilidade de encaminhamento das mesmas para valorização, face às atuais características destas, a AQUANENA tem vindo a reunir esforços no sentido de encontrar novas soluções para o tratamento e encaminhamento destas lamas. Por outro lado, o destino atual – deposição em aterro – tem impactes significativos para as populações circundantes devido à proximidade desta infraestrutura às povoações (cerca de 500 m da vila de Alcanena). Tendo em conta o acima exposto, as perspetivas de vida útil do aterro e os valores pagos pela AQUANENA de TGR – Taxa de Gestão de Resíduos, é imperativa a procura de soluções que:

- Minimizem a deposição em aterro, ou até mesmo permitam a possibilidade, mesmo que parcial, de encerramento do mesmo;
- Salvaguardem a qualidade de vida das populações circundantes;
- Reduzam os custos atuais e futuros com a TGR;
- Permitam a obtenção de um produto final, cujas características potenciem a sua eventual valorização.

Como tal, a AQUANENA tem procurado e avaliado soluções disponíveis no mercado, que permitam atingir os objetivos propostos, tendo identificado como complementaridade ao sistema de desidratação de lamas instalado na ETAR de Alcanena, um sistema de desidratação das mesmas, por secagem térmica, promovendo a evaporação da sua componente líquida, que presentemente se situa no intervalo de 38% a 40%, para valores entre 85% a 90%.

No dia 03/09/2025 a AQUANENA reuniu com o Departamento de Resíduos da APA para expor a situação e questionar acerca do enquadramento legal para licenciamento de uma nova etapa de tratamento das lamas na ETAR. Foi solicitado o envio de uma memória descritiva do projeto, concretizado a 12/09/2025. Na sequência da análise realizada pela APA, a AQUANENA recebeu a 07/10/2025 o ofício S055886-202510-DRES.DRS que foi encaminhado para a ARH competente a solicitar apoio, nomeadamente a indicação de como deveria proceder para efeitos de atualização do TUA, com implementação da solução de secagem térmica das lamas da ETAR. A 03/12/2025, a AQUANENA recebeu o ofício S067648-202511-ARHTO.DOLMT, com parecer favorável à implementação da solução de secagem térmica das lamas da ETAR de Alcanena, ficando este ofício apenso ao TUA n.º TUA20230405001152. Os documentos acima referidos foram apresentados no relatório anterior, pelo que não se anexam ao presente documento.

Presentemente, a AQUANENA já conta com algumas propostas para a implementação da etapa de secagem térmica das lamas, tendo realizado ensaios com as lamas geradas à escala semi-industrial, e tendo mesmo observado em Itália uma instalação em funcionamento. O ponto atual deste processo diz respeito à avaliação da viabilidade técnico-financeira da solução, tendo também em consideração, alternativas futuras para o destino a dar às lamas produzidas.

5. CANDIDATURA AO PROGRAMA LIFE 2021-2027 - Standard Action Projects (SAPs) - Circular Economy and Zero Pollution

No seguimento da partilha de ideias da Conferência Internacional “Soluções de Base Natural no Ciclo Urbano da Água” dinamizada pela AQUANENA e pelo Município de Alcanena no dia 22/05/2025, a AQUANENA encontra-se a desenvolver, em coordenação com a INOVA+, uma candidatura a financiamento no âmbito do “Programa LIFE 2021-2027 – Standard Action Projects (SAPs) – Circular Economy and Zero Pollution”, um instrumento financeiro da União Europeia para o ambiente e a ação climática. As candidaturas LIFE apoiam iniciativas inovadoras, que se caracterizam pela sustentabilidade ambiental, adaptação às alterações climáticas, redução do consumo energético, preservação da biodiversidade, aspetos que no seu conjunto permitem o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), onde se enquadra o tratamento de águas residuais por sistemas de base natural.

No terceiro trimestre de 2025, foram realizadas as reuniões com os potenciais parceiros e entidades observadoras, como a APA/ARH Tejo e Oeste, e todos manifestaram interesse em participar, direta, ou indiretamente, no projeto, nomeadamente:

- AQUANENA (Portugal);
- Universidade Politécnica da Catalunha (Espanha);
- Instituto Superior de Agronomia (Portugal);
- Universidade de Aarhus (Dinamarca);
- CTIC – Centro Tecnológico das Indústrias do Couro (Portugal);
- Ecosalix – Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural (Portugal).

Com estas reuniões foram recolhidos muitos contributos relevantes para o projeto vindos das diferentes entidades e procurou-se atribuir a coordenação de cada uma das Áreas de Trabalho

(Work Package) aos mesmos, de acordo com as suas atividades e experiência dos técnicos envolvidos, de forma a promover o seu envolvimento e responsabilização. O investimento necessário para a execução do projeto também foi um dos temas abordados com parceiros que deverão apresentar os seus orçamentos específicos para a execução dos trabalhos atribuídos.

No dia 10/09/2025, foi realizada uma reunião com a APA, como entidade coordenadora do programa LIFE em Portugal, em conjunto com a entidade contratada DDL e com a INOVA+, no sentido de esclarecer dúvidas e avaliar o estado da candidatura e passos ainda a realizar para tornar a candidatura mais robusta e mais forte. Desta reunião concluiu-se que se tratava de um excelente projeto, com um conceito adequado ao LIFE, mas que requer ainda alguns ajustes, como seja:

- Reforçar o envolvimento das entidades licenciadoras, APA e CCDR-LVT;
- Desenvolvimento do tema de “networking” (conetividade com outros projetos LIFE e com redes nacionais e internacionais);
- Desenvolver/aprofundar o conceito da replicação do projeto;
- Apresentação com detalhe de todas as rubricas de gastos.

A AQUANENA, em conjunto com a INOVA+, tem vindo a recolher junto dos parceiros, informação complementar para proceder à revisão/adequação dos grupos de tarefas, face aos *inputs* da equipa da APA/DDL, tendo sido reprogramada a calendarização das ações, com vista à submissão da candidatura em 2026.

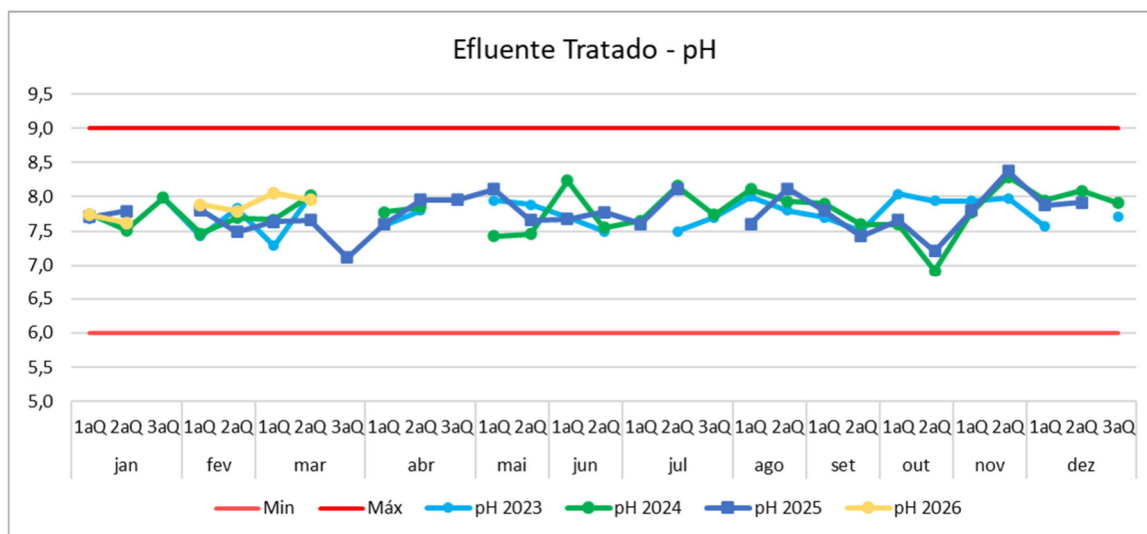
Para a sua concretização, considera-se como fator chave, o estudo preliminar de suporte ao piloto denominado **“Estudo Prévio de uma Instalação SBN de média escala”**, alvo de candidatura, a elaborado pela equipa da Hidra, que foi entregue à AQUANENA a 16/03/2026 e que constitui o **ANEXO 5** do presente relatório.

6. DESEMPENHO DA INSTALAÇÃO

Para a análise de desempenho da instalação, apresentam-se os gráficos com os dados reportados mensalmente para o efluente tratado, com frequência de amostragem quinzenal, remetidos à APA/ARH Tejo e Oeste, para dar resposta ao programa de autocontrolo apresentado no TUA. O intervalo temporal dos dados apresentados vai desde o ano de 2023 até ao final de março de

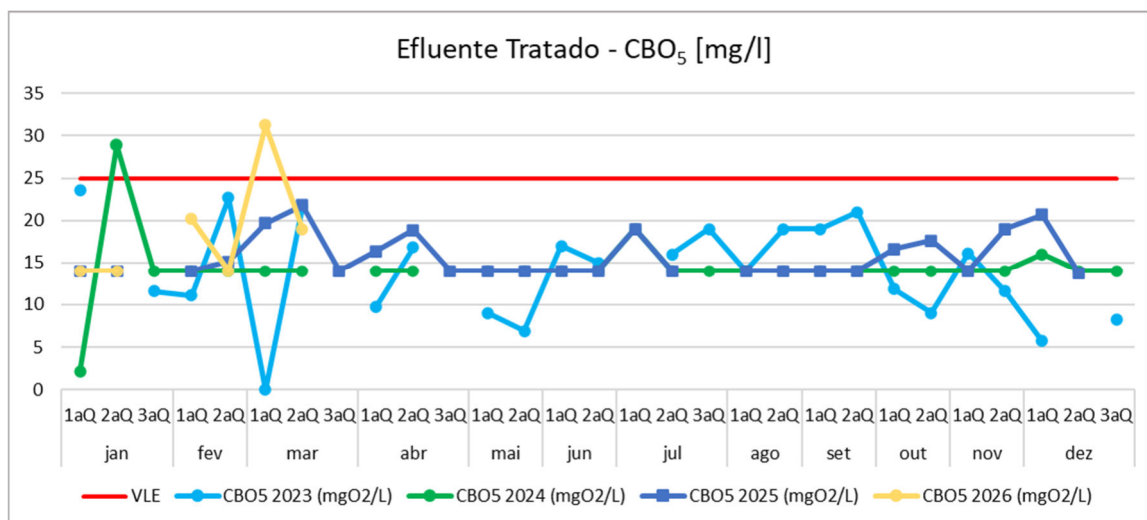
2026. A apresentação destes dados permite comparar o desempenho da ETAR nos últimos quatro anos em período homólogo:

Evolução do parâmetro pH:



Análise dos Resultados: Os valores de pH mantêm-se dentro dos limites exigidos no TUA, sem grandes flutuações, estáveis ao longo dos anos.

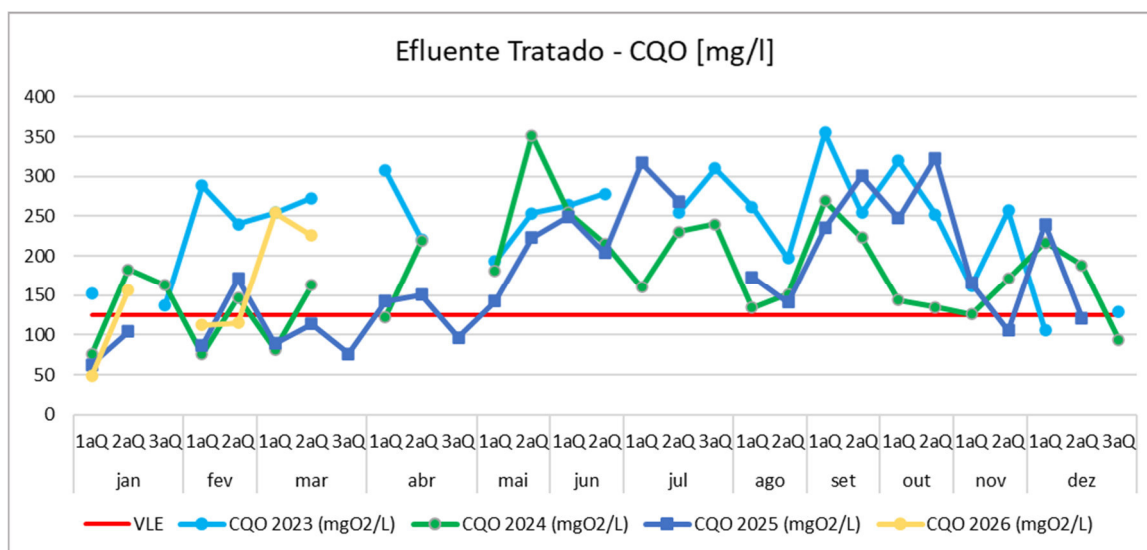
Evolução do parâmetro Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅):



Análise dos Resultados: Nos resultados apresentados para o parâmetro CBO₅, o VLE foi ultrapassado em dois resultados analíticos da monitorização, uma no mês de janeiro de 2024 e outra no mês de março de 2026. A afluência excessiva de caudal devido à ocorrência de períodos de forte pluviosidade, causa instabilidade dos processos biológicos da ETAR e por isso a variação brusca de parâmetros associados à atividade microbiológica. Outro dado que se pode analisar é a média dos três anos em período homólogo, onde é possível observar valores estáveis e abaixo do VLE ao longo dos anos:

Média CBO ₅ (jan -mar) mg/L	2023	18
	2024	14
	2025	16
	2026	19

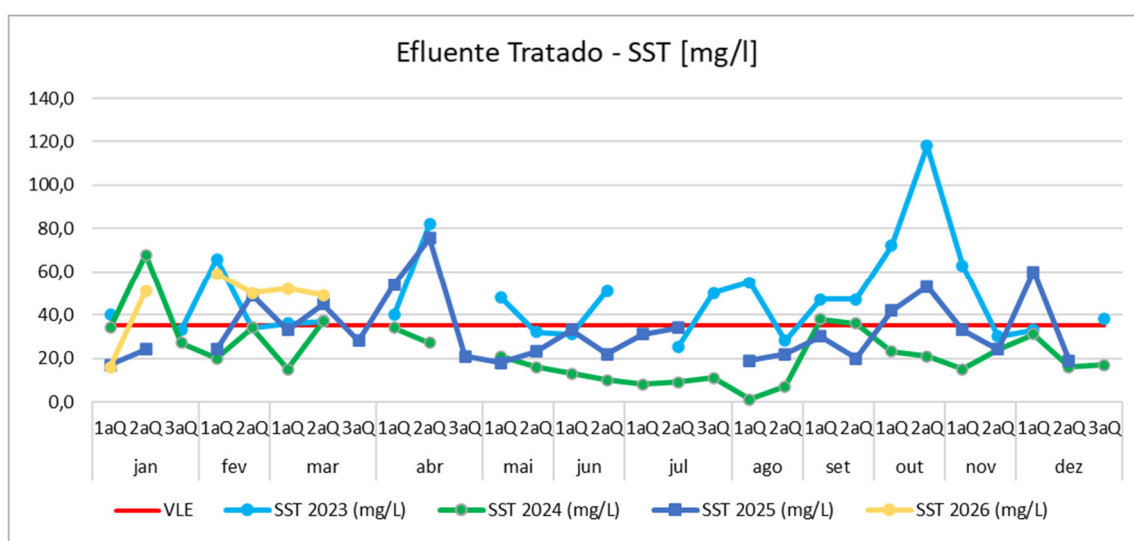
Evolução do parâmetro Carência Química de Oxigénio (CQO):



Análise dos Resultados: Em relação aos valores de CQO, verifica-se que em períodos de forte pluviosidade e/ou em períodos em que algumas empresas industriais fecham para férias, nomeadamente a meados de agosto e entre os meses de dezembro e janeiro, regista-se um afluente com menos contaminação e por isso melhores resultados para o efluente tratado. Nos restantes períodos este parâmetro encontra-se acima do VLE o que demonstra a sua criticidade. Se observarmos a média dos ao longo dos anos em período homólogo podemos verificar que existe melhoria nos resultados globais para o parâmetro CQO:

Média CQO (jan -mar) mg/L	2023	224
	2024	127
	2025	101
	2026	152

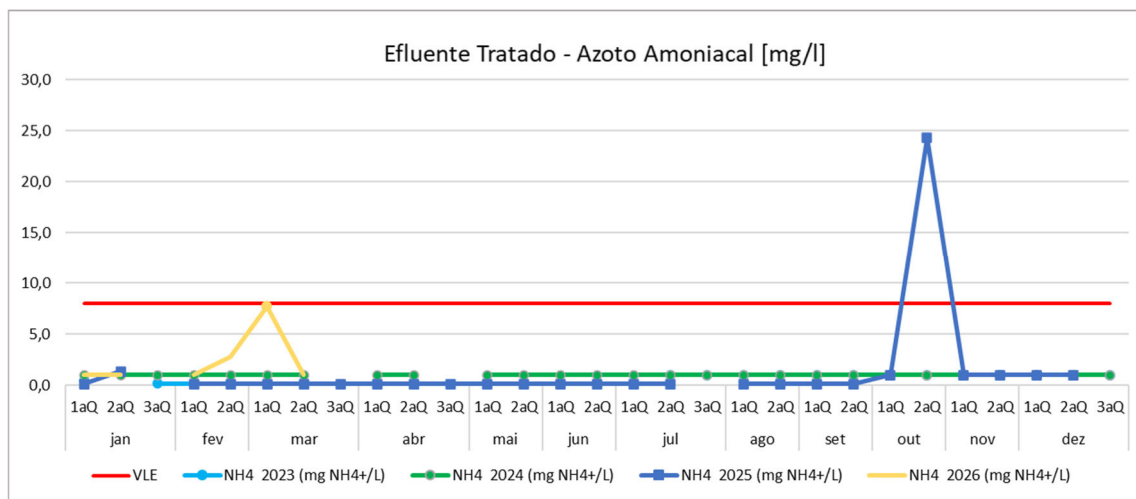
Evolução do parâmetro Sólidos Suspensos Totais (SST):



Análise dos Resultados: À semelhança do que acontece para a CQO, os valores de SST em 2023 encontram-se muitas vezes acima do VLE de 35 mg/L. Na generalidade, verifica-se um aumento de eficiência na remoção de SST no ano de 2024, com o cumprimento do VLE, na maioria dos resultados obtidos, como se pode observar no gráfico. Em relação ao trimestre em análise, os resultados analíticos para o parâmetro SST ultrapassam o VLE quase todos os valores apresentados, o que foi motivado pelas oscilações de caudal em períodos de forte pluviosidade. Ainda assim podemos considerar uma melhoria nos últimos anos, o que se traduz pela observação dos valores médios deste parâmetro em período homólogo:

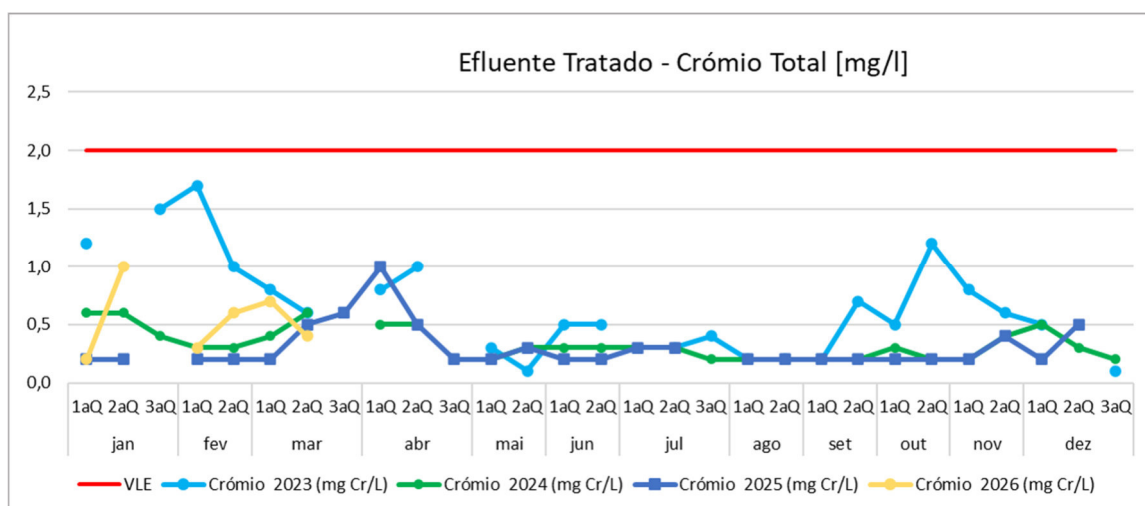
Média SST (jan -mar) mg/L	2023	41
	2024	34
	2025	31
	2026	46

Evolução do parâmetro Azoto Amoniacal (NH₄):



Análise dos Resultados: Os resultados analíticos para o parâmetro Azoto Amoniacal encontram-se abaixo do VLE para todos os períodos em análise exceto em uma única determinação analítica no mês de outubro de 2025, justificado pelas oscilações de caudal em períodos de forte pluviosidade. A maior parte dos valores apresenta-se abaixo do limite de quantificação do método analítico.

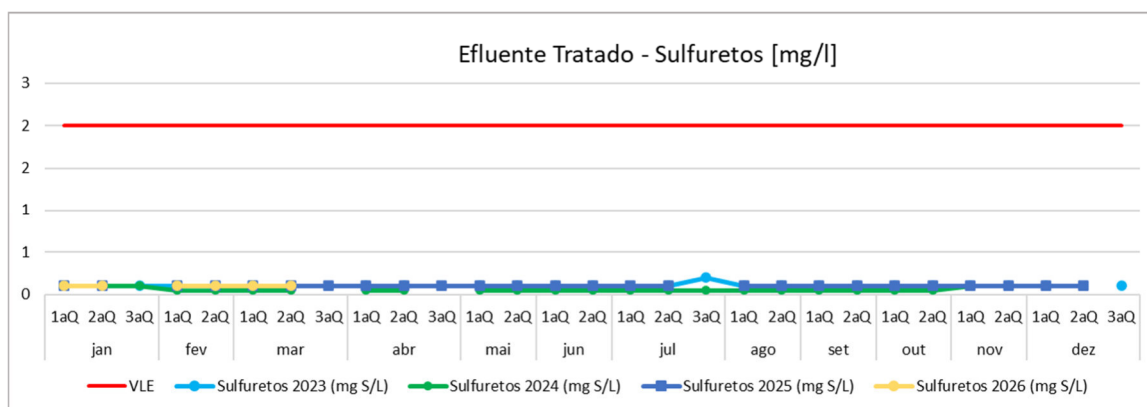
Evolução do parâmetro Crómio Total (Cr):



Análise dos Resultados: Os resultados analíticos para o parâmetro Crómio Total, encontram-se abaixo do VLE para todos os períodos em análise. A média dos resultados analíticos para o período em análise, encontra-se em linha com a média dos anos anteriores em período homólogo:

Média Crómio (jan -mar) mg/L	2023	1,1
	2024	0,5
	2025	0,3
	2026	0,5

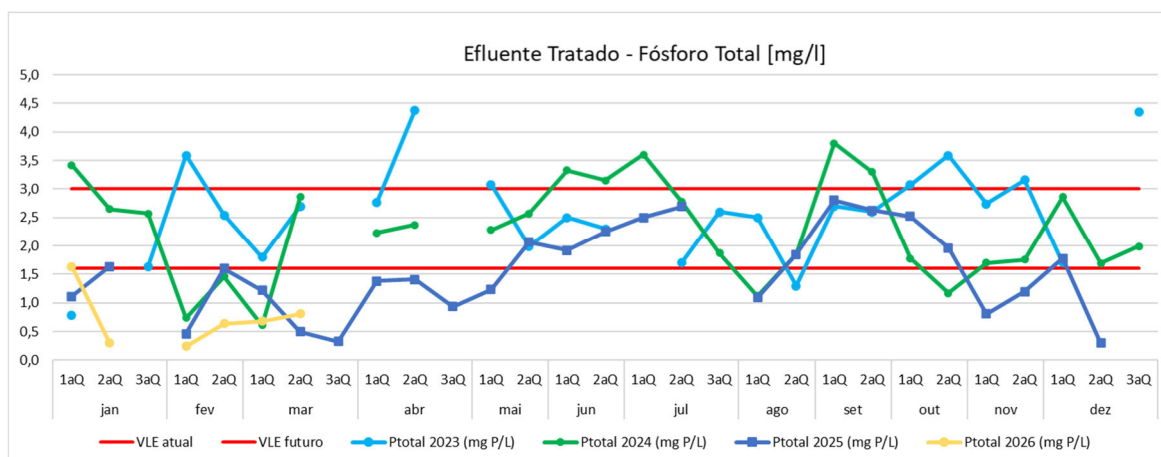
Evolução do parâmetro Sulfuretos Totais (S^{2-}):



Análise dos Resultados: Os valores de Sulfuretos mantêm-se abaixo do VLE, e também abaixo do Limite de Quantificação (LQ) do método analítico.

Evolução do parâmetro Fósforo Total:

De acordo com o TUA20230405001152, a monitorização do parâmetro Fósforo Total (P) seria obrigatória apenas para o cálculo da Taxa de Recursos Hídricos (TRH). A partir da data de renovação do TUA20230405001152, que entrou em vigor a 30/06/2025 o parâmetro Fósforo Total passa a estar incluído no programa de autocontrolo nos parâmetros com obrigatoriedade de reporte mensal, com um novo VLE de 3 mg/L, que será de 1,6 mg/L a partir de 01/01/2027.



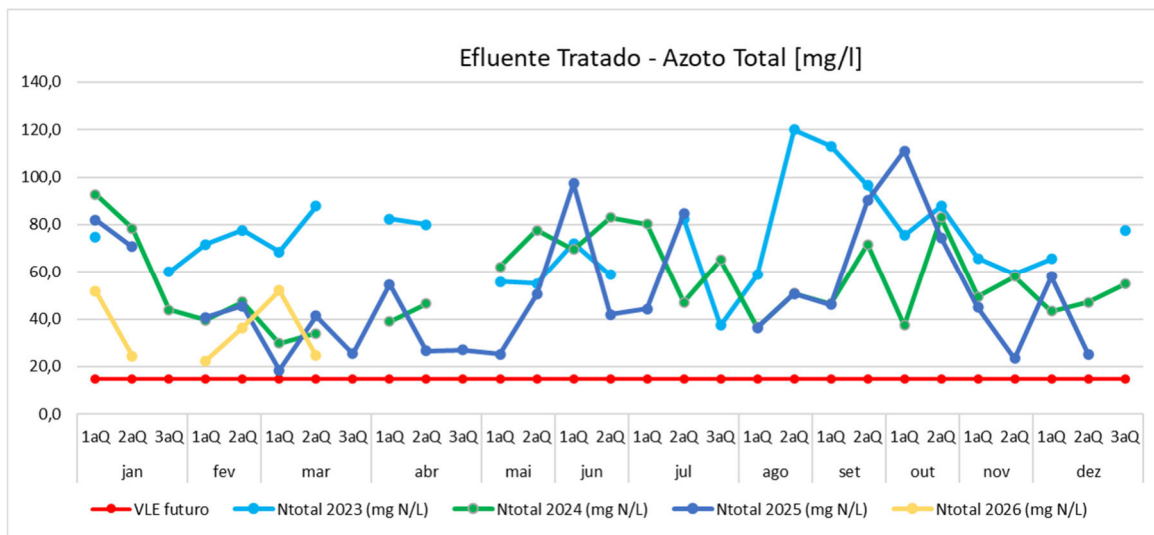
Análise dos Resultados: De um modo geral, os valores de Fósforo Total encontram-se na maioria das vezes abaixo do atual VLE (3 mg/L), mas acima do VLE futuro (1,6 mg/L). No primeiro trimestre de 2026 o valor encontra-se abaixo do VLE futuro. Podemos concluir que os valores estão abaixo do VLE atual desde janeiro de 2025, o que também se verifica pela observação da média dos últimos anos em período homólogo:

Média P total (jan -mar) mg/L	2023	2,2
	2024	2,0
	2025	1,0
	2026	0,7

Importa salientar que de acordo com o histórico do autocontrolo da ETAR de Alcanena, para o efluente tratado, este fazia parte dos parâmetros abaixo do VLE. Por análise destes dados ao longo dos anos verifica-se que há um aumento do valor do fósforo total no efluente bruto (potencialmente devido à alteração dos processos produtivos ou a modificações na formulação dos produtos químicos utilizados nas empresas de curtumes, cujas águas residuais são grandemente relevantes à entrada da ETAR de Alcanena) que se refletiu nos resultados do efluente final tratado. Face aos valores obtidos no parâmetro fósforo total no efluente tratado, acima dos futuros VLE, que refletem uma alteração nos processos industriais, a AQUANENA tem vindo a caracterizar este parâmetro nos diferentes utilizadores.

Evolução do parâmetro Azoto Total (N):

De acordo com o TUA20230405001152, a monitorização do parâmetro Azoto Total (N) continua a ser obrigatória para o cálculo da Taxa de Recursos Hídricos (TRH). Apesar de ainda não estar incluído no conjunto de parâmetros com obrigatoriedade de reporte mensal, terá um VLE de 15 mg/L a partir de 01/01/2027.



Análise dos Resultados: Os valores de Azoto Total encontram-se bastante acima do VLE futuro de 15 mg/L, com tendência a uma melhoria entre fevereiro e maio, meses em que habitualmente se verifica maior estabilidade dos processos biológicos de tratamento na ETAR.

A média dos últimos anos em período homólogo mostra uma tendência de melhoria de resultados do Azoto Total:

Média N total (jan -mar) mg/L	2023	73,4
	2024	52,2
	2025	46,3
	2026	35,3

De acordo com a renovação do TUA que entrou em vigor a 30/06/2025 os parâmetros Alumínio e Detergentes deixaram de ter monitorização obrigatória no programa de autocontrolo, com periodicidade de reporte mensal pelo que não se apresentaram os resultados nesta alínea. Relativamente aos parâmetros a analisar no efluente tratado, de acordo com o TUA20230405001152, nomeadamente à alínea com o código T000137, reporte de resultados em contínuo, a AQUANENA tem vindo a enviar os valores de Caudal, Condutividade elétrica, Temperatura e Carbono Orgânico Total em formato Excel, semanalmente de acordo com o exigido no TUA. A AQUANENA aumentou a frequência das determinações analíticas no laboratório interno, de modo a acompanhar os valores dados pelo sensor de medição em contínuo. Além disso mantém-se um contrato com o fornecedor para a calibração do sensor com periodicidade

trimestral, a última calibração foi realizada no dia 27/01/2026. Ainda assim os valores medidos em laboratório são substancialmente inferiores aos monitorizados pela sonda em contínuo, e agravam-se progressivamente à medida que se afasta a data de calibração.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme tem vindo a ser reportado, e tendo em conta as necessidades de melhoria identificadas no que diz respeito à qualidade do efluente tratado da ETAR de Alcanena, no que respeita ao **modelo preconizado de conceção-construção, para implementação da solução de afinação final, foi desenvolvido o caderno de encargos e preparado o processo de concurso internacional**, com lançamento previsto para dezembro de 2022. Contudo, **esta opção ficou suspensa, devido ao elevado valor de investimento previsto, com um acréscimo de custos muito elevado face à perspetiva inicial e devido ao prazo previsto para a sua conclusão (24 meses, após o lançamento).**

- **Investimento inicial previsto: €4.986.500;**
- **Investimento estimado** para lançamento da empreitada de conceção-construção – tratamento de afinação final: **€9.000.000.**

Desde então a Aquanena tem vindo a encetar contactos com diversas entidades competentes e decisores públicos, no sentido de apresentar as necessidades de investimento no sistema, nomeadamente o **Eng.º Arménio Figueiredo (Assessor do Conselho de Administração da EPAL)**, o **Eng.º Carlos Martins (Presidente do Conselho de Administração da EPAL)**, o **Eng.º Carmona Rodrigues (Presidente do Conselho de Administração da AdP – Águas de Portugal)**, o **Secretário de Estado do Ambiente, Dr. Emídio Sousa** e com a **Senhora Ministra do Ambiente e Energia (Maria da Graça Carvalho)**.

Ainda sem conhecer qualquer resposta, a AQUANENA em parceria com a INOVA + continua, à **procura de alternativas de reforço do financiamento comunitário**, uma vez que a empresa municipal AQUANENA, não reúne condições para endividamento, face aos montantes envolvidos.

Não obstante as diversas operações de beneficiação executadas de acordo com o perspectivado no Plano Estratégico, o sistema carece ainda de algumas intervenções estruturantes. Assim, tendo em conta a necessidade de melhorar o nível de tratamento da ETAR, a AQUANENA, procedeu à

contratação da **HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda.**, que através da sua equipa técnica tem acumulado, ao longo dos anos, conhecimentos sobre as características e desempenho da globalidade do sistema, para a realização de um estudo denominado **“Avaliação da Viabilidade de Tratamento de Afinação por Soluções de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena”**, prevendo-se a possibilidade de desenvolver uma solução extensiva, de descarga “zero”, pelo menos em períodos prolongados de tempo, e cujo relatório final se apresenta no presente relatório.

Em relação aos dados de controlo analítico para o efluente tratado apresentados na alínea 6, quando analisados de forma global, mostram um aumento de eficiência de depuração, que se demonstra pelos resultados analíticos obtidos nos últimos anos. Em relação ao trimestre em análise, marcado por muitos períodos de elevada pluviosidade, com consequente destabilização dos processos biológicos, verificou-se maior dificuldade em controlar parâmetros como a CBO5 e o Azoto amoniacal que habitualmente se encontram abaixo do VLE, SST e CQO cujos valores se apresentam habitualmente a oscilar em torno do VLE. O Parâmetro Azoto Total, mantém-se acima do VLE, mas abaixo dos anos anteriores em período homólogo. As fortes chuvadas que se fizeram sentir no primeiro trimestre de 2026 condicionaram fortemente os resultados obtidos, por um lado na redução dos valores por diluição, nomeadamente nos parâmetros CQO, Fósforo Total e Azoto Total, por outro lado, apesar de ter pouca expressão, no aumento da concentração de SST por arraste devido à diminuição do tempo de retenção hidráulico nos tanques de tratamento e consequentemente o arraste de sólidos.

Importa referir ainda, que na sequência da formação realizada pelo corpo técnico da AQUANENA nos dias 4 e 5 de dezembro de 2025 no Instituto Superior Técnico, com o título “Nova Diretiva Das Águas Residuais Urbanas (DARU) – Dificuldades, Desafios, Oportunidades e Soluções”, a AQUANENA reuniu com a equipa técnica do Laboratório Nacional de Engenharia CIVIL (LNEC) com o objetivo de obter uma proposta de prestação de serviços para Avaliação do processo de tratamento na ETAR de Alcanena para melhoria da remoção de Carência Química de Oxigénio e de Azoto, Fósforo e Micropoluentes, que numa perspetiva inicial tem como objetivo melhorar o processo de tratamento através da otimização da infraestrutura existente e numa perspetiva mais abrangente visa preparar o sistema de Alcanena para fazer face às novas exigências previstas na transposição jurídica da DARU para a lei nacional.

8. ANEXOS

- ANEXO 1 – HH_2416_Alcanena Relatório de Especificações Técnicas_V04;
- ANEXO 2 – Alcanena HH_2416 Balanço Hidrológico;
- ANEXO 3 – Alcanena HH_2416_R3 final_REV1;
- ANEXO 4 - Ensaio de Transmissão_2025;
- ANEXO 5 – MD Alcanena – Estudo Prévio_REV01;

ELABORADO POR

MARIA TERESA SILVA

MIGUEL GUERREIRO

ISABEL PIRES

O CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

NUNO SILVA

RÚBEN NUNES

MARIA TERESA SILVA

Alcanena, 15 de abril de 2026

ANEXO 1

AQUANENA – EMPRESA MUNICIPAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO, E.M., S.A.

Especificações para instalação e monitorização de Instalação Piloto na ETAR de Alcanena – Solução de Descarga “Zero”



R2- ESPECIFICAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE
UNIDADE PILOTO

OUTUBRO 2024

RELATÓRIO

NOME:	Especificações para instalação e monitorização de Instalação Piloto na ETAR de Alcanena – Solução de Descarga “Zero”
REFERÊNCIA:	[HH2416]
TIPO:	Relatório de Especificações técnicas
CONFIDENCIALIDADE:	Não confidencial
CLIENTE:	AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.
DATA:	24 de outubro de 2024

AUTORES:

- José Saldanha Matos (Eng.º Civil, PhD)
- Beatriz Cunha (Eng.ª Ambiente)

REVISTO E APROVADO POR:

José Saldanha Matos

DISTRIBUIÇÃO: Aquanena – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.

VERSÃO: V00

Versão	Data	Responsável	Pontos Alterados
V01	24/10/2024	JSM	Criação do documento

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	4
2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA INSTALAÇÃO PILOTO	4
3. CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS DE PLANTAÇÃO	7
3.1 ESCOLHA DE ESPÉCIES VEGETAIS	7
3.2 INSTRUÇÕES DE PLANTAÇÃO.....	10
4. EXPLORAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO PILOTO.....	12
5. CONDICIONANTES	12
6. ESTIMATIVA DE CUSTOS	13
7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	13
ANEXO 1 – DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS (EXCERTO DO PARECER TÉCNICO DE ARQUITETURA PAISAGISTA DO PROJETO)	17
ANEXO 2 – ESTIMATIVA ORÇAMENTAL	22

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.	10
Quadro 7.1. Cronograma correspondente à Fase 4 do projeto.	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Planta da instalação piloto proposta.	5
Figura 2.2. Corte AA' da instalação piloto proposta.	6
Figura 2.3. Planta e Corte BB' da caixa de recolha.	6
Figura 3.1. <i>Salix atrocinerea</i> . Fonte: Flora-on.....	8
Figura 3.2. <i>Juncus acutus</i> . Fonte: Flora on.	8
Figura 3.3. <i>Typha latifolia</i> . Fonte Flora-on.	9
Figura 3.4. <i>Populus nigra</i>	9
Figura 3.5. <i>Phragmites australis</i> . Fonte: Flora on.	10
Figura 3.6. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.....	11
Figura 3.7. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.....	11

Especificações para instalação e monitorização de Instalação Piloto na ETAR de Alcanena – Solução de Descarga “Zero”

RELATÓRIO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

1. INTRODUÇÃO

O presente documento refere-se a “Especificações para instalação e monitorização de Instalação Piloto na ETAR de Alcanena – Solução de Descarga “Zero””, tendo sido desenvolvido no âmbito de Contrato assinado pela AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Alcanena, E.M., S.A e pela Sociedade HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., datado de 09 de setembro de 2024.

Após a submissão do Relatório de Planeamento, em inícios de outubro, o presente relatório concretiza as especificações técnicas de Instalações Piloto de leitos de macrófitas para maximizar a retenção de água e evapotranspiração, cujo objetivo é obter uma situação tendencial de descarga “zero” do efluente da ETAR de Alcanena, evitando assim a descarga do caudal e cargas poluentes para a linha de água da Ribeira do Carvalho.

O documento é constituído por 7 capítulos. Após o presente capítulo introdutório, no Capítulo **Error! Reference source not found.** apresenta-se uma caracterização física da instalação, incluindo o dimensionamento da estrutura e os meios de enchimento a utilizar. No Capítulo **Error! Reference source not found.**, são descritos as características e os processos de plantação, abordando tanto a escolha das espécies vegetais quanto a organização da plantação. O Capítulo **Error! Reference source not found.** trata da exploração e monitorização da instalação piloto ao longo de seis meses. O Capítulo 5 apresenta condicionantes a esta fase de projeto. No Capítulo 6 discute as condicionantes desta fase do projeto. Por fim, o Capítulo 7 traz um cronograma de atividades referente à fase do estudo de ‘Análise de resultados das unidades piloto’.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA INSTALAÇÃO PILOTO

De forma a permitir um estudo mais detalhado, prevê-se que a construção de uma ou duas Unidades Piloto. Estas seguem as recomendações da bibliografia disponível para os leitos de macrófitas com salgueiros, nomeadamente na publicação de Brix e Arias (2011). As Unidades Piloto propostas apresentam características idênticas, diferenciando-se apenas na plantação.

Representadas em planta na Figura 2.1 e em corte lateral na Figura 2.2, ocupam uma área à superfície de $8 \times 8 \text{ m}^2$ e na base e $4 \times 4 \text{ m}^2$, com taludes a 45 graus. A altura total do leito é de 2 metros, com uma profundidade máxima de água de 1.8 m e borda livre de 20 cm de forma a prevenir a entrada de água proveniente de escorrências pluviais e permitir a acumulação de água na superfície durante o inverno. O fundo do leito tem uma inclinação de 2%.

A água que alimenta o leito é transportada por um tubo com diâmetro de 63 mm. Acoplada ao leito, encontra-se uma caixa de recolha de água em betão, com uma área de $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$ e altura de cerca de 2.6 m, conforme ilustrado na Figura 2.3, onde se pode estimar o volume efluente, por medição de nível. O leito é equipado com um tubo de drenagem com diâmetro de 90 mm, que conduz a água até à caixa de recolha. No interior da caixa, um conector em 'T' possibilita ou a descarga de fundo do leito, permitindo o seu esvaziamento total, ou a descarga para a camara de visita, através do sifão invertido, conforme a abertura ou fecho da válvula. No interior do leito Deve instalar-se um piezómetro no leito para controlo de altura da água no seu interior.

Quanto aos meios de enchimento, propõe-se a adição de gravilha com granulometria de 16/32 mm nas nos espaços laterais do leito, conforme ilustrado nas Figura 2.1 e 2.2. Prevê-se também a utilização de uma camada de gravilha com espessura entre 25 e 33 cm, ajustada ao declive de 2% da parte inferior do leito. Sobre essa camada, será aplicada uma camada de areão com granulometria de 4/8 mm e 1.35 m de altura, seguida por uma camada de 20 cm de terra vegetal no topo, onde será plantada a vegetação.

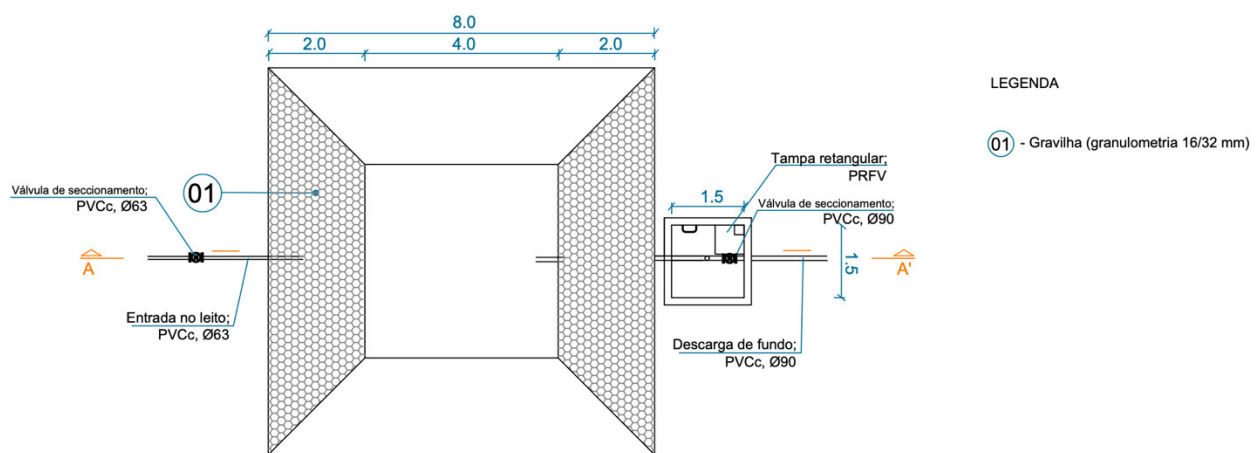


Figura 2.1. Planta da instalação piloto proposta.

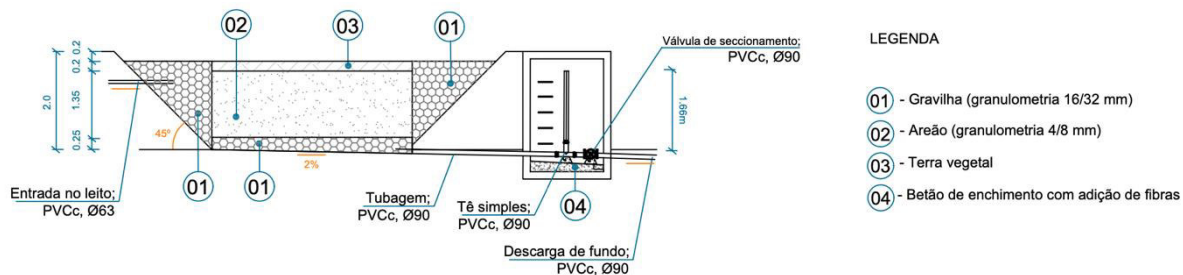


Figura 2.2. Corte AA' da instalação piloto proposta.

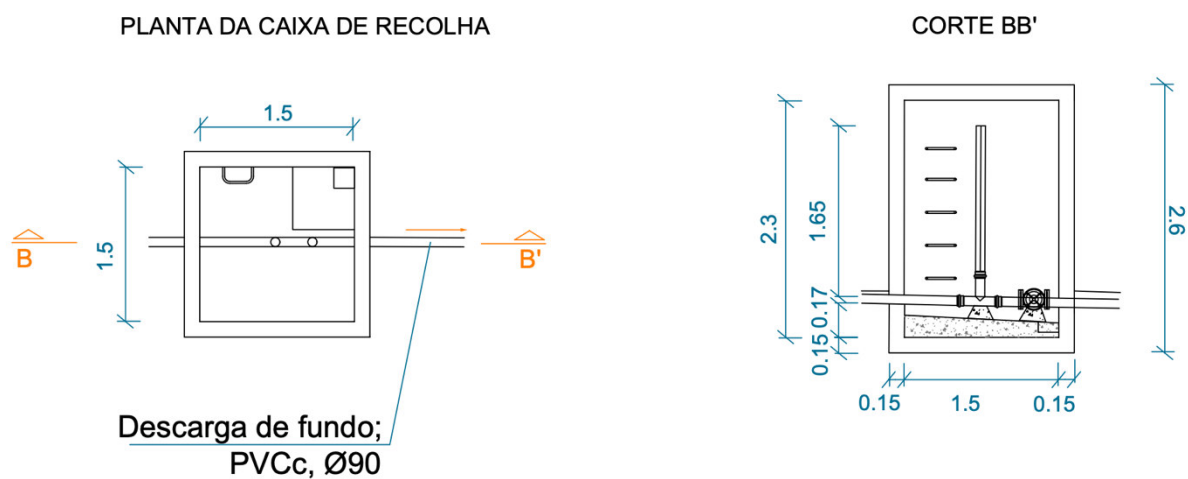


Figura 2.3. Planta e Corte BB' da caixa de recolha.

Adicionalmente, as disposições construtivas detalhadas relativas à caracterização física do leito encontram-se no Anexo 1.

3. CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS DE PLANTAÇÃO

3.1 ESCOLHA DE ESPÉCIES VEGETAIS

Para as Unidades Pilotos a executar optou-se, em primeiro lugar, por uma plantação de espécies vegetais em dois estratos: um estrato arbóreo e um estrato herbáceo, pois deste modo potencia-se a evapotranspiração durante o ano inteiro. Acresce que as espécies arbóreas ripícolas disponíveis no mercado têm todas folha caduca, assim a implementação do estrato herbáceo garante a evapotranspiração na estação fria.

A escolha das plantas teve em consideração as seguintes características das espécies vegetais:

- Adaptabilidade a ambientes encharcados e a águas eutórficas de modo contínuo ou temporário;
- Serem plantas perenes (plantas que vivem três anos ou mais);
- Apresentarem um sistema radicular volumoso e extenso;
- Possuírem capacidade para depuração da água e eliminação dos microrganismos do afluente;
- Terem capacidade de evapotranspirar, todas as espécies escolhidas têm uma taxa de crescimento rápido quer da parte aérea, quer da parte subterrânea e grande densidade foliar;
- Serem muito resistentes mecanicamente ao vento;
- Crescerem em pH entre os 5 e os 8,5;
- Serem preferencialmente espécies autóctones de Portugal Continental e de preferência da região;
- Criarem no estrato arbóreo-arbustivo matagais densos (*Salix atrocinerea*) ou que crescerem a grande altura (*Populus nigra*);
- Longevidade média ou grande;
- Criar associações de árvore ou grande arbusto caduco com herbácea perene para garantir que existe evapotranspiração na época em que as árvores estão sem folhas;
- Disponibilidade em viveiro em outubro de 2024;
- Não estarem classificadas como plantas invasoras segundo o Decreto-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho;
- Terem baixa suscetibilidade à incidência de pragas e doenças;
- Serem fáceis de podar e de eliminar;
- Resiliência a adaptação às alterações climáticas.

Tendo isto em conta, para a Unidade Piloto número um (01) escolheu-se a espécie *Salix atrocinerea* (borranzeira-preta) para o estrato arbóreo e *Juncus acutus* em conjugação com *Typha latifolia* (tábua-larga) para o estrato herbáceo. Estas espécies encontram-se representadas nas Figuras 3.1 a 3.3.



Figura 3.1. *Salix atrocinerea*. Fonte: Flora-on.



Figura 3.2. *Juncus acutus*. Fonte: Flora on.



Figura 3.3. *Typha latifolia*. Fonte Flora-on.

Para a Unidade Piloto número dois (02) escolheu-se o *Populus nigra* (choupo-negro) para o estrato arbóreo e *Phragmites australis* (caniço) para o estrato herbáceo, ilustradas nas Figuras 3.4 e 3.5.



Figura 3.4. *Populus nigra*



Figura 3.5. *Phragmites australis*. Fonte: Flora on.

No Quadro 4.1 encontra-se um resumo das características principais das espécies vegetais escolhidas.

Quadro 3.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.

Nome científico	Nome comum	Regime de folhagem	Altura (m)	Diâmetro (m)	Taxa de crescimento	Longevidade	Resistência ao vento	pH
Estrato herbáceo								
<i>Juncus acutus</i>	junco-agudo	perene	0.7-1.9	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Phragmites australis</i>	caniço	perene	1.2-2	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Typha latifolia</i>	tábua-larga	perene	1-3	-	rápido	perene	muito grande	-
Estrato arbóreo								
<i>Populus nigra</i>	choupo-negro	caduca	20-30	2-4	rápido	grande	muito grande	5-8.5
<i>Salix atrocinerea</i>	borrazeira-negra	caduca	5-6	2-4	rápido	75 anos	muito grande	5-8.5

3.2 INSTRUÇÕES DE PLANTAÇÃO

Na Unidade Piloto 01, o estrato arbóreo, representado pela espécie *Salix atrocinerea*, será transplantado em linhas e colunas com um espaçamento de aproximadamente 1.0 m.

Quanto ao estrato herbáceo, serão transplantadas 15 unidades de *Juncus acutus* e 15 unidades de *Typha latifolia* por metro quadrado, totalizando 240 unidades de cada espécie. Esta configuração está representada na Figura 3.6.

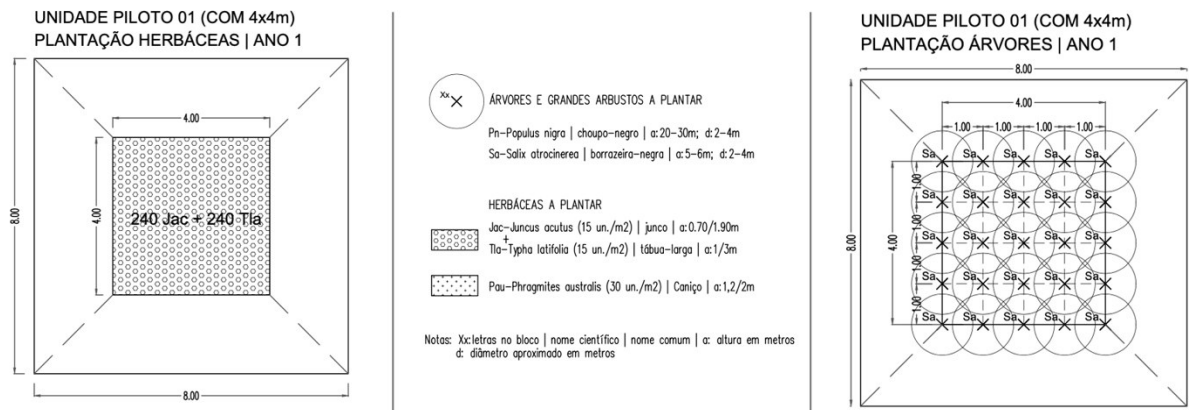


Figura 3.6. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.

Relativamente à Unidade Piloto 02, aplica-se o mesmo princípio de transplantar o estrato arbóreo, neste caso representado pela espécie *Populus nigra*, em linhas e colunas com espaçamento de aproximadamente 1.0 m. Para o estrato herbáceo, prevê-se o transplante de 30 unidade de *Phragmites australis* por metro quadrado, totalizando 480 unidades no leito. Esta configuração está representada na Figura 3.7.

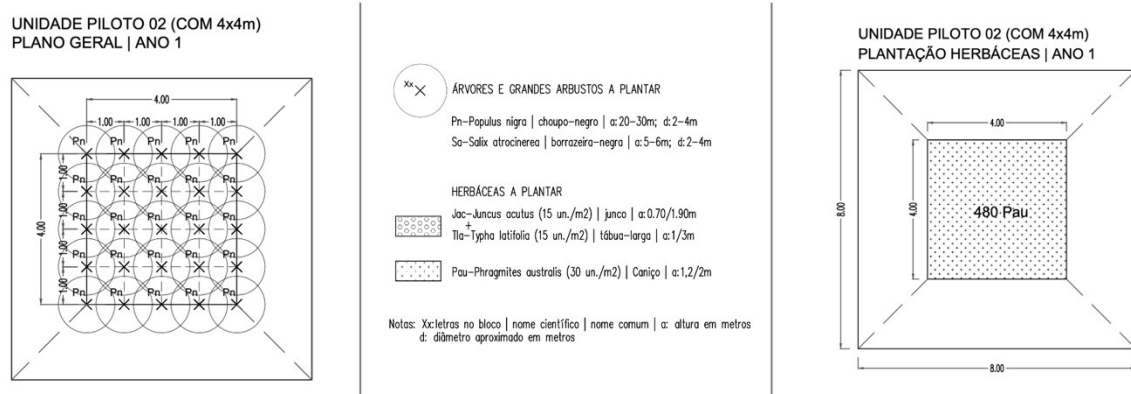


Figura 3.7. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.

A solução escolhida terá como primeiro objetivo a retenção e transpiração máxima do afluente nos leitos de macrófitas, e como objetivos secundários a maior longevidade possível das plantas, a promoção da biodiversidade e do sequestro de CO₂ e a possibilidade de se multiplicar estas Unidades Piloto para a criação de um futuro Parque Urbano.

As disposições construtivas detalhadas relativas à plantação encontram-se no Anexo 1.

4. EXPLORAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO PILOTO

A exploração e monitorização da instalação piloto é dividida em três fases, de acordo com o tipo de água utilizada. Nos dois primeiros meses (a confirmar com a evolução dos ensaios) , para os ensaios hidrológicos, será utilizada água proveniente de um furo da ETAR de Alcanena. No terceiro e quarto mês, sugere-se realizar a irrigação com uma mistura de cerca de 50% água de furo e 50% água residual. A partir sensivelmente do quinto mês, recomenda-se a utilização exclusiva de água residual para irrigação.

No primeiro ensaio, o leito de macrófitas será preenchido com água até transbordar, com o objetivo de determinar o volume de enchimento, isto é a sua porosidade.

Durante o primeiro mês, prevê-se a descarga de 1 a 2 m³/dia de água de furo, a confirmar, com uma avaliação diária (em dias úteis) dos volumes de água excedentes na caixa de recolha. Adicionalmente, será realizada a monitorização de variáveis climáticas, como precipitação, temperatura, radiação e vento, a partir da estação meteorológica a instalar no local.

No segundo mês, em que continuará a ser utilizada água de furo, o volume de descarga poderá ser ajustado com base nos resultados do primeiro mês. A carga hidráulica será avaliada até à sua capacidade máxima para cumprir o objetivo de descarga zero.

Nos terceiro e quarto meses, será realizada a irrigação com uma mistura de 50% água de furo e 50% água residual. Já no quinto e sexto meses, será utilizada exclusivamente água residual, com medição dos excedentes e análise de variáveis de qualidade da água, como CQO, CBO₅, nitrogénio (N), fósforo (P) e *E. coli*. Estas análises, bem como a medição dos caudais, serão realizadas, em princípio, no laboratório de análises da AQUANENA.

5. CONDICIONANTES

A principal condicionante destas unidade-piloto é o tempo disponível para a realização do estudo: está previsto serem monitorizadas apenas seis meses e acresce que apanha meses de Inverno, o período de adaptação das espécies vegetais e o seu pequeno porte de viveiro.

Idealmente as Unidades Piloto deveriam ser monitorizadas mais de dois anos e deveriam ser implementadas mais unidades, com maior diversidade de espécies vegetais e com repetições.

Uma possível desvantagem da implementação deste sistema de leitos de macrófitas, na ETAR de Alcanena, será a elevada área necessária para conseguir atingir os valores limite de efluente (VLE). No entanto esse espaço possa ser projetado de modo a ser utilizado como Parque Urbano e deste modo ser uma dupla função.

6. ESTIMATIVA DE CUSTOS

A caracterização e disposições construtivas para a implementação das duas unidades piloto constam no Anexo 1.

No Anexo 2 apresenta-se, em termos comerciais, uma versão detalhada de estimativa de custo das duas unidades piloto. A verba total é da ordem de 10 000 EUR, mas a grande maioria corresponde a trabalho de construção civil que pode ser realizada internamente, com recursos próprios da Aquanena.

7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

No total, prevê-se que a consultoria referente à Fase 4 do projeto, intitulada 'Análise de resultados das unidades piloto', seja realizada ao longo de um período de 6 a 8 meses, com início em fevereiro de 2025 e término em Julho de 2025. O cronograma de atividades proposto para a execução desta fase está representado no Quadro 7.1. Eventualmente pode prolongar-se o estudo da unidade piloto até 8 meses, até setembro, e continuar em operação posteriormente, mas sem medições sistemáticas no âmbito desta prestação de serviços

A investigação base inicia-se com o balanço hidrológico e a recolha de amostras para análise, seguida de uma apreciação dos resultados de qualidade da água. A fase termina com a formulação de expressões empíricas para simulação, em contexto local, dos balanços hídricos e da qualidade da água, e que permita tirar conclusões da viabilidade da solução e suportar a decisão de beneficiação da ETAR de Alcanena.

Quadro 7.1. Cronograma correspondente à Fase 4 do projeto.

Entregáveis/ Fases e Atividades					Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Julho				Agosto				Duração
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Semanas				
Fase 4: Análise de resultados das unidades piloto									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				24					
4.1 Recolha de amostras.									X	X																						2					
4.2 Realização de análises laboratoriais.										X	X	X	X	X	X	X	X	X														9					
4.3 Análise de resultados de qualidade.																		X	X	X	X	X	X									7					
4.4 Formulação de expressões empíricas para simulação em modelo calibrado.																								X	X	X	X	X				6					

Lisboa, 24 de outubro de 2024

ANEXOS

ANEXO 1 – DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS (EXCERTO DO PARECER TÉCNICO DE
ARQUITETURA PAISAGISTA DO PROJETO)

5. DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

5.1. CONDIÇÕES GERAIS

5.1.1 GENERALIDADES

A AQUANENA compromete-se a:

- Fornecer todos os materiais em boas condições.
- Assegurar o fornecimento do trabalho, segundo as condições estabelecidas no presente Caderno Técnico de Encargos.
- Consultar a Fiscalização em todos os casos omissos ou duvidosos.
- Substituir todas as plantas, sementes ou materiais considerados impróprios pela Fiscalização.
- Assegurar em número e qualificação a presença na obra de pessoal necessário à boa execução dos trabalhos.

A AQUANENA deverá proceder às plantações segundo as boas normas de cultura, e nos períodos apropriados para o efeito.

As plantações deverão ser executadas segundo os planos de plantação podendo, todavia, ocorrerem modificações durante a obra, desde que sancionadas pela Fiscalização.

5.1.2 DESMATAÇÃO DO TERRENO

- Antes da implementação dos leitos de macrófitas o terreno será limpo e desmatado, incluindo cepos e restos de plantas e matéria orgânica.

5.1.3 PLANTAÇÕES

Em todas as plantações a AQUANENA deverá respeitar escrupulosamente os respetivos módulos de plantação, não sendo permitidas quaisquer substituições de espécies ou dimensões indicadas das mesmas sem prévia autorização escrita da Fiscalização.

Esta operação compreende todos os fornecimentos de material vegetal, a abertura de covas (só para árvores e arbustos de grandes dimensões), plantação e rega de instalação.

5.2. NATUREZA E QUALIDADE DOS MATERIAIS

5.2.1 MATERIAL VEGETAL

Todas as plantas a utilizar deverão ser exemplares novos, fitopatologicamente sãos, bem conformados, ramificados desde o colo, sem raízes mortas ou deterioradas, e devem possuir desenvolvimento compatível com a espécie a que pertencem.

As plantas de folhas caduca, a fornecer em raiz nua (ou envasadas, se a altura do ano o justificar), deverão ter o sistema radicular bem desenvolvido e com cabelame abundante. As plantas de folha persistente deverão ser fornecidas em torrão (ou envasadas, se a altura do ano o justificar), suficiente consistente para não se desfazer facilmente.

5.2.2 ÁRVORES

As árvores serão de plumagem, com flecha vigorosa com botão terminal em bom estado. O caule deve ser bem direito desde o seu início e as raízes bem desenvolvidas, estendidas e não espiraladas.

As árvores a colocar devem ser das espécies que se seguem, com as referidas dimensões de contentores:

- Pn - *Populus nigra* CF1.3 L | Alt. 0,7-1 m
- Sa - *Salix atrocinerea* CF1.3 L | Alt. 0,7-1 m

5.2.3 HERBÁCEAS

Deverão ser plantas sãs, fornecidas em tufos suficientemente fortes e com abundante sistema radicular.

As herbáceas a plantar são as seguintes, com as referidas dimensões de contentores:

- Jac+Tla - *Juncus acutus* + *Typha latifolia* (15+15 un/m²) AF 40
- Pau - *Phragmites australis* (30 un/m²) AF 40

5.2.4 TERRA VIVA

A terra a fornecer será de textura franca e será proveniente da camada superficial de terrenos de mata ou da camada arável de terrenos agrícolas com elevada capacidade agrícola.

A camada a colocar sobre o terreno deverá possuir a espessura média mínima de 0,20m após compactação, salvo quando indicação em contrário nas peças desenhadas ou Mapa de Medições.

A terra viva será isenta de pedras e materiais estranhos provenientes de incorporação de lixo. Deve apresentar uma composição uniforme, sem qualquer incorporação do subsolo.

Deve ainda apresentar as seguintes características:

- pH: deve situar-se entre 5,0 e 7,0;
- Condutividade elétrica: deve ser inferior a 1500 micromhs por cm num extrato de solo e água de 1:2;
- Azoto (N): não deve ser inferior a 0,2%;
- Fósforo disponível (P): não deve ser inferior a 70 ppm quando extraído com 4,2% de NaHCO₃ ao pH 8,5;
- Potássio disponível (K): não inferior a 300 ppm quando extraído com 8% de nitrato de amónia.

5.3. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

5.3.1 PREPARAÇÃO DO TERRENO

i. Modelação

Antes de se iniciarem os trabalhos de preparação do terreno propriamente ditos, deverá este ser colocado às cotas definitivas do projeto.

As bases dos leitos de macrófitas deverão ser modeladas de modo a ficarem com uma inclinação mínima de 2%.

Deve o Empreiteiro remover toda a terra sobrança ou colocar a terra própria necessária, de modo a serem respeitadas as cotas e a modelação expressas no projeto ou indicadas no decorrer dos trabalhos.

ii. Espalhamento da terra viva

Na totalidade das zonas verdes prevê-se a necessidade de criar uma camada superior de terra viva com 0.20m de espessura, pelo que a superfície do terreno deverá ficar, após os trabalhos de movimentos de terras, 0.20m abaixo das cotas definitivas do projeto.

A terra viva será espalhada manual ou mecanicamente em camada uniforme, cuja espessura será cerca de 20% superior à espessura final da camada (0.25m) para efeito de compactação.

iii. Abertura de Covas

A abertura de covas deverá ser efetuada depois da marcação correta dos locais de plantação das árvores e herbáceas, de acordo com o respetivo plano, que será materializado por mestras que deverão ser conservadas até ao fim da obra.

A Fiscalização procederá à verificação desses trabalhos, ficando, no entanto, bem expresso que, em caso algum, a AQUANENA se poderá eximir à reconstrução de trabalhos mal executados, por ausência desta verificação.

5.3.2 PLANTAÇÕES

i. Árvores

Abrem-se pequenas covas de plantação, à medida do torrão ou do sistema radicular no caso da plantação em raiz nua, em posição central relativamente à caldeira.

Seguir-se-á a plantação propriamente dita, havendo o cuidado de deixar a parte superior do torrão, no caso de plantas envasadas, ou o colo das plantas, quando estas são de raiz nua, à superfície do terreno, para evitar problemas de asfixia radicular.

Por fim, será efetuada uma pequena rega para ajudar na fixação mais rápida do exemplar.

ii. Herbáceas

As herbáceas serão plantadas nas densidades indicadas, ficando dispostas em triângulos equiláteros salvo se indicado de outro modo nas peças desenhadas, respeitando as densidades por m², as indicações do projeto e o parecer da Fiscalização.

No que respeita à profundidade de plantação, facto importante no êxito da operação, deverão ser tomados todos os cuidados e exigências de cada espécie.

Terminada a plantação seguir-se-á a primeira rega, com água bem pulverizada e distribuída.

ANEXO 2 – ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

DESIGNAÇÕES		UNID.	QUANTIDADES	ORÇAMENTO	
				Preços unit. (€)	Imp. totais (€)
Notas: 1. Não constituindo este documento, uma descrição exaustiva das condições em que os trabalhos e fornecimentos deverão ser executados, deverá ser lido, obrigatoriamente, em conjunto com as peças desenhadas. 2. Nos preços unitários de cada artigo consideram-se incluídos o fornecimento dos materiais no local, a sua aplicação e acabamento, trabalhos de construção civil, trabalhos preparatórios e/ou complementares, bem como ensaios, vistorias e certificações, nos termos das normas e regulamentação aplicável, que sejam necessários à boa execução do mesmo e funcionamento dos sistemas. 3. Refere-se que as quantidades de trabalho indicadas resultam da projecção horizontal dos planos e taludes representados em projecto, não conferindo direito a erros e omissões o diferencial relativamente à área real. 4. Todos os artigos descritos abaixo, incluem o fornecimento dos materiais ao local, a sua aplicação e acabamento, e todos as operações de construção civil necessárias à correcta execução dos trabalhos e funcionamento dos sistemas. 5. Todos os materiais e acessórios têm de verificar previamente a compatibilidade total com os materiais existentes. 6. É da responsabilidade do empreiteiro conhecer todas as condicionantes da obra a executar e planejar o seu modo de execução, bem como prever na sua proposta todos os trabalhos complementares à correcta execução das tarefas. 7. É da responsabilidade do empreiteiro conhecer todas as condicionantes da obra e planejar o seu modo de execução, bem como prever na sua proposta todos os trabalhos complementares à correcta execução das tarefas, nomeadamente o estaleiro de obra, o plano de segurança e saúde e a gestão de resíduos. 8. A estimativa dos trabalhos a serem executados foram elaboradas com base nos elementos fornecidos externamente, nomeadamente o cadastro de infraestruturas existentes e levantamento topográfico das caixas. Sendo que estes dois elementos não estão coerentes um com outro, deverão ser executadas várias verificações no local no sentido de se confirmar quais as caixas onde ligam os sumidouros existentes bem como a possibilidade de ligação de novos sumidouros/caixas às caixas existentes. 9. Todos os trabalhos que estejam apresentados em peças desenhadas que não se encontrem especificados em mapa de quantidades deverão ser comunicados ao projetista em fase de concurso. 10. Caso existam divergências identificadas no local relativamente ao projeto, o projetista deverá ser contactado para que se atualize a informação no projeto inicial.					
1 TRABALHOS PREPARATÓRIOS					
1.1	Desmatação da área de intervenção, incluindo limpeza, carga, transporte e colocação dos produtos em vazadouro e eventual indemnização por depósito, e todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários e complementares para a correta execução da tarefa.	m ²	128.00	2.50 €	320.00 €
TOTAL DE 1					320.00 €
2 MOVIMENTO DE TERRAS					
2.1	Execução de escavação para receber os leitos de macrófitas, em terreno de qualquer natureza, por meios manuais ou mecânicos adequados, incluindo sobreelarguras, rebaixamento do nível freático se necessário, escoramentos, eventuais reparações e desvios de infraestruturas, compactação mecânica do terreno do fundo pelo menos a 95% do ensaio de Proctor modificado (CBR≥5%), e todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários e complementares para a correta execução da tarefa.	m ³	195.84	10.00 €	1 958.40 €
2.2	Carga, transporte e descarga em destino final compatível com as exigências legais dos materiais sobranes provenientes de escavação, considerando um coeficiente de empolamento de 1.25, incluindo todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários e complementares para a correta execução da tarefa.	m ³	244.80	3.50 €	856.80 €
TOTAL DE 2					2 815.20 €
3 BASES DE LEITO DE MACRÓFITAS "WETLAND"					
3.1	Fornecimento, colocação e espalhamento de meio de enchimento das plataformas de evapotranspiração, constituído por inerte de material da região com as espessuras indicadas nos desenhos de pormenor, incluindo todos os trabalhos, materiais e acessórios necessários e complementares para a correta execução da tarefa:				
3.1.1	Gravilha de origem calcária, com granulometria de 16 a 32 mm.	m ³	71.5	25.00 €	1 788.00 €
3.1.2	Areão de rio lavado, com granulometria de 4 a 8 mm.	m ³	43.1	54.00 €	2 328.48 €
3.1.3	Terra viva, com uma espessura de 20cm, proveniente da camada superficial de terrenos de mata ou de camada arável de terrenos agrícolas, devidamente isenta de pedras de dimensões superiores a 50mm, torrões, raízes, materiais orgânicos ou detritos, com composição uniforme e textura franca, incluindo carga, transporte, descarga, espalhamento e regularização de acordo com o projeto.	m ³	6.4	30.00 €	192.00 €
TOTAL DE 3					4 308.48 €
4 PLANTAÇÕES					
4.1	Fornecimento e plantação de árvores, bem conformadas, com flecha intacta e raízes com torrão, com sistema radicular bem desenvolvido e cabelame abundantes, fornecidas em vasos/contentores devidamente etiquetadas, incluindo abertura de cova, tapamento e todos os trabalhos e materiais necessários à sua plantação conforme módulos de plantação.				
4.1.1	Pn – <i>Populus nigra</i> (ref. Sigmetum), CF 1,3L - H=0,7-1,00m.	Un	25	12.00 €	300.00 €
4.1.2	Sa – <i>Salix atrocinerea</i> (ref. Sigmetum), CF 1,3L- H=0,7-1,00m.	Un	25	12.00 €	300.00 €
4.2	Fornecimento e plantação de herbáceas, incluindo fornecimento, abertura de cova, tapamento, bem como remoção a vazadouro dos materiais sobranes, conforme módulos de plantação.				
4.2.1	Jac – <i>Juncus acutus</i> (ref. Sigmetum), AF40.	Un	240	2.70 €	648.00 €
4.2.2	Tia – <i>Typha latifolia</i> (ref. Sigmetum), AF40.	Un	240	3.50 €	840.00 €
4.2.3	Pau – <i>Phragmites australis</i> (ref. Sigmetum), AF40.	Un	480	3.00 €	1 440.00 €
TOTAL DE 4					3 528.00 €

ANEXO 2

AQUANENA – EMPRESA MUNICIPAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO, E.M., S.A.

Balanços Hidrológicos preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena



R3- RELATÓRIO DE
PROGRESSO

MAIO 2025

RELATÓRIO

NOME:	Balanços Hidrológicos preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena
REFERÊNCIA:	[HH2416]
TIPO:	Relatório de progresso
CONFIDENCIALIDADE:	Não confidencial
CLIENTE:	AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.
DATA:	27 de maio de 2025

AUTORES:

- José Saldanha Matos (Eng.º Civil, PhD)
- Beatriz Cunha (Eng.ª Ambiente)

REVISTO E APROVADO POR:

José Saldanha Matos

DISTRIBUIÇÃO: Aquanena – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.

VERSÃO: V00

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	6
2. SISTEMA DE ALCANENA	9
2.1 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO SISTEMA DE DRENAGEM.....	9
2.2 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DA ETAR	9
2.3 QUALIDADE DO ALFUENTE E EFLUENTE DA ETAR.....	12
2.4 ENQUADRAMENTO AMBIENTAL	19
2.4.1 <i>Dados climáticos</i>	19
2.4.2 <i>Resultados analíticos de águas subterrâneas</i>	21
2.4.3 <i>Resultados analíticos de águas superficiais</i>	26
2.5 ESTUDOS DESENVOLVIDOS E PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO	31
3. SOLUÇÕES DE BASE NATURAL PARA DESCARGA “QUASI” ZERO – ESTADO DE ARTE... 37	
4. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES PILOTO NA ETAR DE ALCANENA	43
5. MONITORIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES PILOTO E DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	51
6. RESULTADOS DE BALANÇOS HÍDRICOS.....	55
7. OPÇÕES DE BASE NATURAL PARA O CONTROLO DO EFLUENTE DA ETAR	58
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	59

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. Licença de rejeição – VMA.....	14
Quadro 2.2. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre janeiro e junho de 2023.	15
Quadro 2.3. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre julho e dezembro de 2023.	15
Quadro 2.4. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre janeiro e agosto de 2024.	16
Quadro 2.5. Nomenclatura e localização dos pontos de amostragem, de acordo com classificação do INAG e amostragem AQUANENA.....	22
Quadro 2.6. Nomenclatura dos pontos de amostragem das águas superficiais.	26
Quadro 2.7 - Características do tanque da instalação piloto.	33
Quadro 4.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.	48
Quadro 6.1. Cálculo da saída de água do sistema para os Períodos A do Leito 01 e 02.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Fotografia aérea da ETAR de Alcanena.	10
--	----

Figura 2.4. Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; a) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.	11
Figura 2.5. Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Calci; d) torres de absorção química	12
Figura 2.2. Evolução de SST, CBO5 e CQO das águas residuais afluentes à ETAR de Alcanena, entre janeiro de 2024 e setembro de 2024.....	13
Figura 2.3. Evolução da concentração de NH_4^+ nas águas residuais afluentes à ETAR de Alcanena, entre janeiro de 2024 e setembro de 2024.....	13
Figura 2.4. Localização no terreno dos pontos de recolha de águas subterrâneas.	22
Figura 2.5. Evolução mensal do pH das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.....	23
Figura 2.6. Evolução mensal da temperatura das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.....	24
Figura 2.7. Evolução mensal da condutividade das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.....	24
Figura 2.8. Evolução semestral da concentração de Crómio VI nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.	25
Figura 2.9. Evolução semestral da concentração de nitratos nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.	26
Figura 2.10. Localização no terreno dos pontos de recolha das águas superficiais.	27
Figura 2.11. Evolução trimestral do pH das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.....	28
Figura 2.12. Evolução trimestral da condutividade das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.	29
Figura 2.13. Evolução trimestral da concentração de Crómio VI nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.	30
Figura 2.14. Evolução trimestral da concentração de nitratos nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.....	31
Figura 2.15. Instalação piloto de unidades de macrófitas na ETAR de Alcanena.	34
Figura 2.16. Dados de SST da estação piloto da ETAR de Alcanena (julho 2019).....	34
Figura 2.17. Área para implantação dos leitos de macrófitas, segundo o PE-AL 2021.....	36
Figura 3.1 – Zonas húmidas construídas – “Bruce Peninsula National Park”.	37
Figura 3.2. Imagem da solução de base natural – ETAR de Nimr, em Oman.....	38
Figura 3.3. Soluções de base natural – co benefícios e serviços de ecossistemas.	40
Figura 3.4. Esquema de um sistema de salgueiros sem saída (sistema evaporativo) (adaptado de <i>H. Brix and C.A. Arias, 2005</i>).	41
Figura 4.1. Planta da instalação piloto proposta.	44
Figura 4.2. Corte AA' da instalação piloto proposta.	44
Figura 4.3. Planta e Corte BB' da caixa de recolha.	44
Figura 4.4. <i>Salix atrocinerea</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.	46
Figura 4.5. <i>Juncus acutus</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora on.	46
Figura 4.6. <i>Typha latifolia</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte Flora-on.....	47

Figura 4.7. <i>Populus nigra</i> , utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte Flora-on.....	47
Figura 4.8. <i>Phragmites australis</i> , utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte: Flora on.	48
Figura 4.9. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.....	49
Figura 4.10. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.....	49
Figura 4.11. Vista comparativa dos Leitos 01 (esquerda) e 02 (direita), com vegetação estabelecida (maio de 2025).....	50
Figura 4.12. Processo de construção do Leito 03 (à esquerda) e Leito 03 concluído (à direita) (maio de 2025).....	50
Figura 5.1. Estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.	51
Figura 5.2. Evolução da temperatura média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.....	52
Figura 5.3. Evolução da radiação média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.....	53
Figura 5.4. Evolução da velocidade média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.....	53
Figura 5.5. Evolução da precipitação registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.....	54
Figura 6.1. Esquema representativo do balanço hidrológico aplicado ao leito de macrófitas em estudo.....	56
Figura 6.2. Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo.	56
Figura 6.3. Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo.	57

Balanços Hidrológicos Preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena

RELATÓRIO DE PROGRESSO

1. INTRODUÇÃO

O presente documento refere-se aos “Balanços Hidrológicos preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena”, tendo sido desenvolvido no âmbito do Contrato assinado pela AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Alcanena, E.M., S.A e pela Sociedade HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., datado de 09 de setembro de 2024.

Na sequência da submissão do Relatório de “*Planeamento e das Especificações Técnicas para as Instalações Piloto*”, o presente relatório inclui a apresentação e discussão de resultados de balanços hidrológicos das Instalações Piloto de leitos de macrófitas na ETAR de Alcanena, nestes primeiros meses, e que foram concebidas para maximizar a retenção de água e a evapotranspiração. O objetivo último é alcançar uma situação tendencial de descarga zero do efluente da ETAR de Alcanena, evitando assim a emissão de caudais e cargas poluentes para a linha de água da Ribeira do Carvalho.

O documento é constituído por 8 capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 apresenta um enquadramento do sistema de Alcanena, incluindo a ETAR, os estudos previamente realizados e o contexto ambiental envolvente. O Capítulo 3 apresenta, resumidamente, o estado de arte das soluções de base natural com vista a maximizar a evapotranspiração. O Capítulo 4 descreve as Instalações Piloto, abordando tanto as suas características físicas como a plantação. O Capítulo 5 refere-se à exploração e monitorização da instalação piloto ao longo do período em análise. No Capítulo 6, são analisados os balanços hídricos de cada uma das unidades piloto. O Capítulo 7 é dedicado à aplicação das opções de base natural à afinação do efluente da ETAR. Por fim, no Capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões e recomendações.

2. SISTEMA DE ALCANENA

2.1 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO SISTEMA DE DRENAGEM

Em termos sumários, o sistema de águas residuais de Alcanena inclui, as seguintes componentes principais, para além das redes de drenagem “em baixa”:

1. Sistema de Monsanto com uma extensão de emissários domésticos de 5148 m com 136 câmaras de visita, e de emissários de efluente industrial pré-tratado em 8768 m com 219 câmaras de visita.
2. Sistema de Vila Moreira com uma extensão de emissário doméstico de 3365 m com 69 câmaras de visita, e de emissários de efluente industrial pré-tratado com uma extensão total de 5413 m com 124 câmaras de visita.
3. Sistema de Gouxaria com uma extensão de emissários domésticos de 7234 m com 170 câmaras de visita e de emissários de efluente industrial pré-tratado em 11538 m com 263 câmaras de visita.
4. Uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), dispondo de tratamento terciário (lamas ativadas de média carga, com zonas anóxicas e remoção de azoto).

Para além destas componentes principais do sistema, existem várias obras ou componentes complementares, nomeadamente, o sistema de recuperação de crómio, designado por SIRECRO e o sistema de aterro sanitário de Alcanena.

2.2 CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DA ETAR

O projeto de execução da ETAR de Alcanena teve lugar em finais da década de 70 e início da década de 80, mas a entrada em funcionamento da ETAR só teve lugar em fevereiro de 1988, sob gestão de uma empresa privada, a LUSÁGUA, S.A. Na Figura 2.1 apresenta-se uma fotografia aérea da ETAR de Alcanena.



Figura 2.1. Fotografia aérea da ETAR de Alcanena.

As águas residuais urbanas e industriais de quase todo o concelho são conduzidas até à ETAR de Alcanena, que está dimensionada para tratar um caudal de 10 000 m³ por dia, com uma carga orgânica equivalente a 400 000 habitantes, sendo que os caudais domésticos transportam cerca de 2,5% do total da carga orgânica afluyente à ETAR. Os efluentes a tratar são encaminhados para a estação de tratamento através de um sistema de drenagem separativo doméstico e de um sistema separativo industrial.

Pela análise dos gráficos conclui-se que, em média, a ETAR admite um caudal de 200 000 m³/mês, compatível com o seu caudal de dimensionamento, e que descarrega cerca de 170 000 m³/mês (5 600 m³/dia) de efluente tratado na linha de água. É também possível verificar que existe uma variabilidade temporal muito significativa, em termos de distribuição mensal, face aos períodos de chuva.

A ETAR, que ocupa uma área de 4 750 m², dispõe de tratamento terciário (lamas ativadas de média carga, com zonas anóxicas e remoção de azoto) e apresenta as seguintes operações e processos de tratamento para as fases líquida e sólida:

- **Fase líquida** – elevação inicial, tamisação, desarenamento/desengordurador, equalização/homogeneização, tratamento biológico por lamas ativadas em dois estágios, incluindo tratamento físico-químico, decantação primária e secundária, microtamisação e descarga na Ribeira do Carvalho.
- **Fase sólida** – espessamento com duas unidades de desidratação mecânica com filtros prensa, após estabilização das lamas (a lama desidratada é misturada com cinza, cal e cimento (Calci)) com transporte a destino final para o Aterro Sanitário de Lamas.

Na Figura 2.2 apresentam-se fotografias de diversos órgãos pertencentes à fase líquida do tratamento de águas residuais na ETAR de Alcanena. Por sua vez, a Figura 2.3 ilustra os órgãos associados à fase sólida do tratamento.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 2.2. Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; a) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.



a)



b)



c)



d)

Figura 2.3. Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Calci; d) torres de absorção química

O efluente final da ETAR é lançado na Ribeira do Carvalho, afluente do rio Alviela, cujas nascentes são conhecidas por "Olhos de Água". A EPAL possui a captação dessa água desde 1880.

O rio Alviela tem um comprimento aproximado de 37 km e a sua bacia hidrográfica, com uma superfície de cerca de 327 km², tem origem no Maciço Calcário Estremenho, formação cársica com aquíferos sensíveis a contaminação.

2.3 QUALIDADE DO ALFUENTE E EFLUENTE DA ETAR

No âmbito do Plano Estratégico de Alcanena (PE-AL), 2029-2021, e posteriormente, foram analisados os vários elementos disponíveis, constatando a significativa variabilidade temporal da qualidade da água, em termos nomeadamente de SST, CQO e CBO₅, com impossibilidade de satisfazer os requisitos de descarga dos efluentes, com o atual sistema de tratamento.

As Figura 2.4 e Figura 2.5 ilustram, respetivamente, a evolução dos valores de SST, CBO₅, CQO e de NH₄⁺ no afluente, mais recentemente, entre janeiro e setembro de 2024. Os afluentes brutos apresentam concentrações extremamente elevadas, com valores de SST geralmente

entre 1 000 e 4 000 mg/L, CQO entre 3 000 e 6 000 mg/L, CBO5 entre 2 000 e 3 000 mg/L, e NH_4^+ variando entre 100 e 150 mg/L.

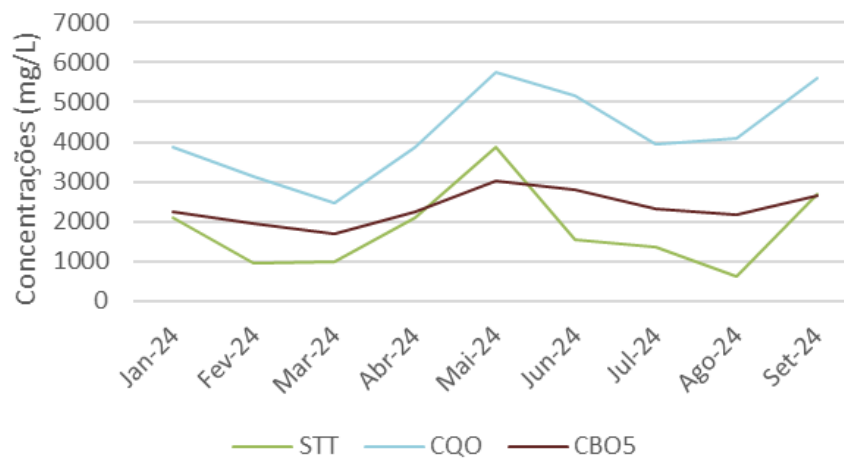


Figura 2.4. Evolução de SST, CBO5 e CQO das águas residuais afluentes à ETAR de Alcanena, entre janeiro de 2024 e setembro de 2024.

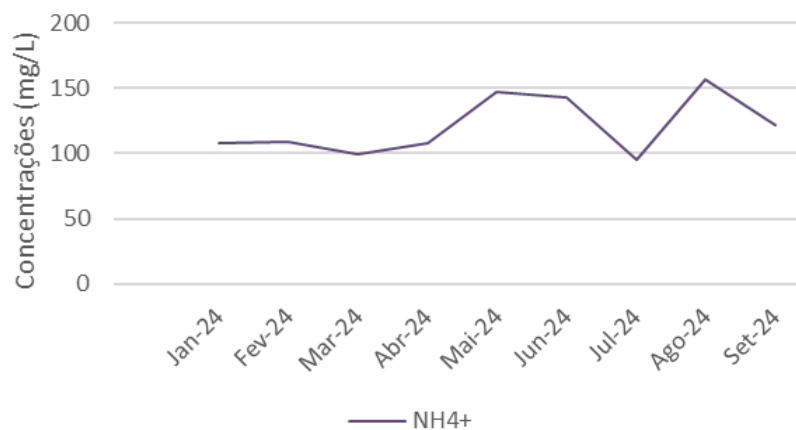


Figura 2.5. Evolução da concentração de NH_4^+ nas águas residuais afluentes à ETAR de Alcanena, entre janeiro de 2024 e setembro de 2024.

No Quadro 2.1 apresentam-se os VMA (Valor Máximo Admissível) e os LWG (Certificação para a Indústria do Couro), bem como a média global de resultados em 2023 e 2024.

Quadro 2.1. Licença de rejeição – VMA.

Licença de rejeição - 2023/2024					
Parâmetro	VMA atual	VMA janeiro 2024	LWG	Média Global 2023	Média Global 2024
pH	6-9	6-9	--	7.4	7.8
SST	35 (28)	35 (28)	20.0	43.9	20.5
Sulfuretos	1.0	1.0	1.0	<0,1	<0,1
Crómio	2.0	1.6	<0,1	0.6	0.4
CQO	125(120)	125(120)	<120	227	180
CBO5	25.0	20.0	<15	13.8	15.6
Al	10.0	10.0	--	0.0	0.1
P total	--	1.6	2.0	2.5	2.4
N total	--	15.0	<15	72.1	56.4
NH4	10.0	8.0	6.0	<0,1	<0,1
Detergente	2.0	2.0	--	0.3	0.2
<i>E. coli</i>					

O facto de o número de conformidades permitido na licença ser muito baixo, não superior a 10-15%, em face do número total de amostras, faz com que os valores médios daqueles parâmetros tenham de ser, forçosamente, muito inferiores aos VMA para garantir a satisfação da legislação.

Na Figura 2.4 e Figura 2.5, apresentam-se, respetivamente, a evolução de SST, CBO₅ e CQO e, de N e P no efluente, entre janeiro de 2023 e agosto de 2024.

No Quadro 2.2 a Quadro 2.4 apresentam-se, respetivamente, a evolução desses parâmetros de qualidade no efluente ao longo do tempo, na forma tabelada.

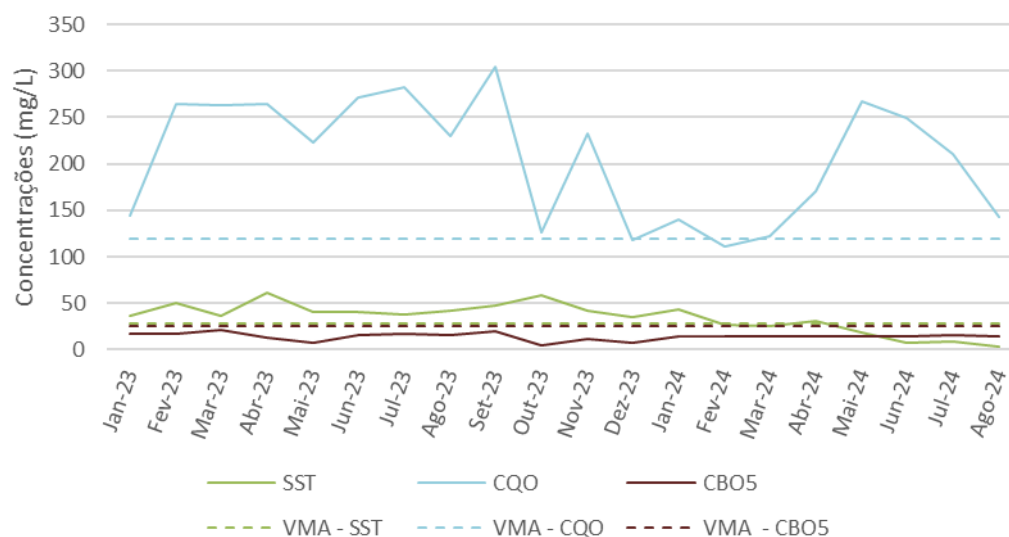


Figura 2.4. Evolução de SST, CBO₅ e CQO no efluente tratado entre janeiro de 2023 e agosto de 2024 (e limites VMA atuais, em período estival).

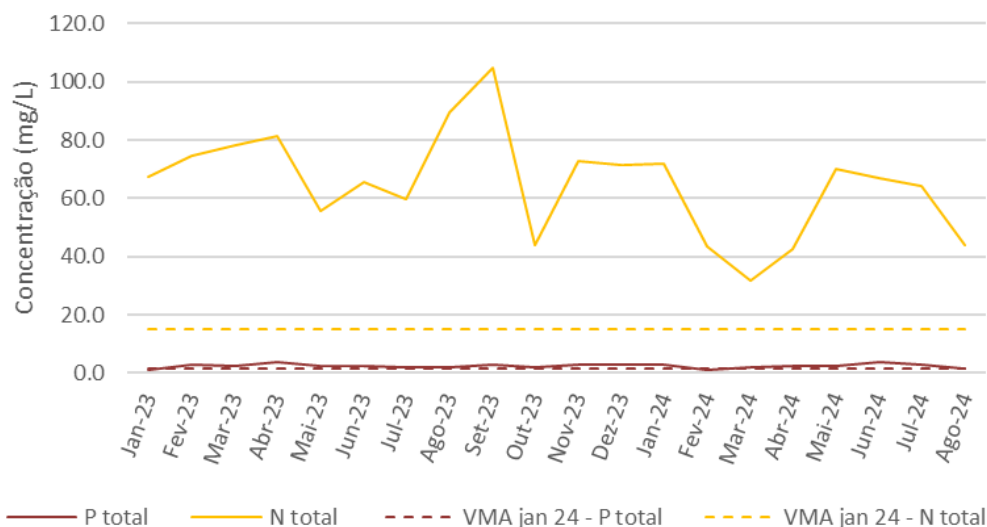


Figura 2.5. Evolução de P e N total no efluente tratado entre janeiro de 2023 e agosto de 2024 (e limites VMA de janeiro 2024, em período estival).

Quadro 2.2. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre janeiro e junho de 2023.

Parâmetro	JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN	
pH	7.7	8.0	7.4	7.8	7.3	8.0	7.6	7.8	8.0	7.9	7.7	7.5
SST	40	33	66	34	36	37	40	82	48	32	31	51
Sulfuretos	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Crômio	1.2	1.5	1.7	1	0.8	0.6	0.8	1.0	0.3	0.1	0.5	0.5
CQO	152	138	288	240	254	273	307	221	193	253	264	278
CBO5	24	12	11	23	< 20	22	10	17	9	7	17	15
Al	0.061	0.07	0.05	0.05	0.03	0.01	0.04	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05
P total	0.8	1.6	3.6	2.5	1.8	2.7	2.8	4.4	3.1	2.0	2.5	2.3
N total	74.8	60.0	71.7	77.7	68.5	87.8	82.4	80.1	55.9	55.0	72.2	58.9
NH4	0.48	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17
Detergente <i>E. coli</i>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0.02	2.00	0.20	0.2	0.1

Quadro 2.3. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre julho e dezembro de 2023.

Parâmetro	JUL		AGO		SET		OUT		NOV		DEZ	
pH	7.5	7.7	8.0	7.8	7.7	7.5	0.0	7.9	7.7	8.0	7.6	7.6
SST	25	50	55	28	47	47	0	118	63	30	33	33
Sulfuretos	< 0,1	0.2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0.0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Crômio	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.7	0.0	1.2	0.8	0.6	0.4	0.5
CQO	254	310	262	197	355	254	0	252	162	257	278	106
CBO5	16	19	14	19	19	21	0	9	16	12	8	6
Al	0.030	0.06	0.04	0.11	0.04	0.01	0.00	0.06	0.07	< 0,02	< 0,02	0.04
P total	1.7	2.6	2.5	1.3	2.7	2.6	0.0	3.6	2.7	3.2	3.0	1.7
N total	82.4	37.3	58.9	120.0	113.0	96.5	0.0	87.9	65.7	59.1	94.2	65.6
NH4	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Detergente <i>E. coli</i>	0.10	0.70	0.10	0.1	0.50	0.20	0.00	0.40	0.33	0.17	0.36	0.1

Quadro 2.4. Resultados de parâmetros de qualidade no efluente entre janeiro e agosto de 2024.

Parâmetro	JAN			FEV			MAR			ABR			MAI			JUN			JUL			AGO		
pH	7.8	7.5	8.0	7.5	7.7	7.7	8.0	7.8	7.9	7.4	7.5	8.2	8.1	7.6	7.7	8.2	7.7	8.1	7.9					
SST	34	68	27	20	34	15	37	34	27	21	16	13	6	2	8	9	11	1	7					
Sulfuretos	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05					
Crómio	0.6	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	< 0,2	0.3	0.3	< 0,2	< 0,2	< 0,2					
CQO	76	182	163	75	147	82	163	122	219	181	352	245	245	257	160	230	240	134	151					
CBO5	2	29	14	<14	<14	< 14	< 14	< 14	< 14	14	< 14	<14	<14	<14	19	<14	<14	< 14	< 14					
Al	< 0,02	0.06	0.03	0.02	0.04	0.02	0.09	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.10	0.13	<1,0	0.05					
P total	3.4	2.7	2.6	0.7	1.5	0.6	2.9	2.2	2.4	2.3	2.6	3.3	3.8	3.7	3.6	2.8	1.9	1.1	1.9					
N total	92.7	78.4	43.9	39.5	47.3	29.8	33.9	38.9	46.4	62.1	77.6	69.5	86.5	44.6	80.2	47.0	65.2	36.6	50.8					
NH4	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,00	< 1,00					
Detergente	0.07	0.10	0.53	0.12	<0,02	0.04	0.24	0.09	0.11	0.10	0.54	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1					
E. coli	13 000	9800	3900	4900	650	1100	14000	2400	1800	290	2900	11000	8200	> 24000	1500.0	6500.0	24000.0	> 24000	> 24000					

Os requisitos de descarga raramente são satisfeitos para qualquer dos parâmetros, ou seja, e referindo a médias mensais, a ETAR nunca cumpriu os limites impostos pela licença de descarga para os parâmetros de SST e CQO, sendo que para a CBO₅ e o NH₄⁺ apenas cumpriu muito pontualmente.

Cruzando os dados de concentração no afluente e efluente com as eficiências globais de tratamento, conclui-se que o cerne da problemática incide nas elevadas concentrações destes parâmetros no caudal admitido na ETAR. De facto, comparando valores típicos de um efluente doméstico em Portugal (800 mg/L para CQO, 350 mg/L para CBO₅ e 500 mg/L para SST), com as concentrações médias do afluente bruto à ETAR de Alcanena (doméstico e industrial) (cerca de 5 500 mg/L para a CQO, 3 000 mg/L para a CBO₅ e 2 600 mg/L para SST) verifica-se um agravamento de concentrações entre 500% a quase 1000%, relativamente a esgoto típico doméstico.

Esta disparidade de valores evidencia a forte componente industrial da massa líquida afluente à ETAR, também confirmada pela proporção entre o caudal afluente doméstico e o afluente industrial, da ordem de 1 para 5. As indústrias locais, em que predominam os curtumes, são indústrias que produzem efluentes com cargas poluentes muito elevadas e de limitada biodegradabilidade.

À data, o tratamento efetuado na ETAR de Alcanena não é suficiente para cumprir os VLE impostos pela licença de descarga. No sentido de inverter essa tendência, tornou-se necessário estudar, para além de outras intervenções, uma etapa complementar de tratamento terciário/quaternário, para afinação do efluente.

Em conformidade com as recomendações do Plano Estratégico, para a evolução do sistema de saneamento Alcanena, foram realizadas as intervenções prioritárias seguintes:

- **Reabilitação da obra de entrada de efluentes (Parafusos de Arquimedes).**
- **Sistema de controlo de sulfuretos nos 3 emissários, com objetivo de reduzir odores ofensivos e melhorar o tratamento na ETAR.**
- **Cobertura dos tanques de homogeneização e sistemas de extração de gases, para controlo da libertação de odores.**

- **Sistema de injeção de oxigénio líquido para uma oxidação mais eficiente do efluente.**
- **Estudos piloto para afinação final do efluente, nomeadamente, ozonização, sistema MBR, eletrocoagulação e leito de macrófitas.**
- **Estudo-solução de filtragem para afinação do efluente final através de meio filtrante (vidro ionizado) para remoção de sólidos suspensos totais e assegurar o cumprimento da Licença de Rejeição.**
- **Investimentos complementares, incluindo a aquisição de equipamentos para o tanque de reserva da ETAR, sistemas de medição e controlo, infraestruturas elétricas, novo software de gestão laboratorial, bem como automatismos de controlo e comando.**

Os principais objetivos estratégicos do Plano foram, nomeadamente: garantir o cumprimento dos limites estabelecidos na Licença de Rejeição para o efluente final na ETAR de Alcanena, assegurar o controlo eficaz de sulfuretos e de odores ofensivos, e mitigar afluições indevidas ao sistema de tratamento. O investimento para a concretização de parte desses objetivos foi de cerca de 5.0 M €.

O tratamento terciário de afinação tem como objetivo a remoção de poluentes que se mantêm no efluente após terem passado pelas fases de tratamento anteriores em concentrações acima das desejáveis, como partículas dificilmente decantáveis, microrganismos patogénicos, nutrientes, como azoto e fósforo, ou outros compostos, como herbicidas ou pesticidas. A afinação do efluente final permite não só que este garanta as condições necessárias para ser descarregado no meio recetor, como permite a sua reutilização para fins compatíveis.

Tendo em consideração os parâmetros cujos VLE não são atualmente cumpridos na descarga da ETAR de Alcanena, consideraram-se processos de tratamento terciário que permitissem a remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos bem como azoto total e *E.Coli*, tais como a decantação assistida com reagentes e/ou processos de membranas, soluções de base natural (e.g., híbridas com lagoas e plantas macrófitas), ou com recurso a ozono e eletrocoagulação, e desinfecção posterior.

Relativamente à situação antes das intervenções, 2019, 4 a 5 anos depois, a análise de resultados mostra uma evolução significativa, sobretudo em termos de remoção de Sólidos Suspensos Totais (SST) e CBO₅, mas que ainda não garantem a satisfação de nova licença, em termos da CQO e *E.Coli*, (prevista entrar em vigor em 2025)

A ter também em conta, os requisitos da nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU), aprovada no Conselho a 5 de novembro de 2024, e que entrou em vigor em 01 de janeiro de 2025. Essa nova Diretiva é muito exigente em termos de remoção de nutrientes (0.5 mg/l e 6 mg/l, nomeadamente para P e N) e de tratamento quaternário (remoção de micropoluentes orgânicos, para populações equivalentes servidas superiores a 150 000 e.p. ou superiores a

10 000 e.p, que descarreguem para zonas de risco). O intervalo para aplicação da Diretiva terá lugar entre 2025 e 2045, com metas parcelares.

Resumidamente, entre os aspetos relevantes da nova Diretiva, com impacto futuro no sistema de saneamento em Alcanena, incluem-se os seguintes:

- 1- Redução, na generalidade, dos riscos de poluição de meios recetores, com alargamento do princípio do tratamento mínimo de nível secundário a sistemas que sirvam mais de 1000 e.p (2000 e.p na anterior Diretiva);
- 2- **Redução da poluição por nutrientes**, com requisitos mais exigentes para os limites de emissão dos parâmetros fósforo total (0,5 mg/l) e azoto total (6 mg/l), e que se devem agora aplicar aos sistemas que sirvam mais de 150 000 e.p. independentemente do meio recetor, e àqueles que sirvam mais de 10 000 e.p. e que descarreguem para zonas sensíveis, em termos de risco de eutrofização (Zonas sensíveis a definir pela Entidade Licenciadora (APA))
- 3- **Controlo da poluição por excedentes** (“overflows”) de sistemas unitários, pseudo-separativos ou de separativos pluviais, para bacias de mais de 100 000 e.p, por forma a carga poluente não exceder 2% da carga total poluente anual (indicador de referência, não vinculativo).
- 4- **Redução de poluição por micro-poluentes orgânicos**, através de exigência da eficiência global de remoção de pelo menos 80%, para 6 desses compostos (produtos da indústria farmacêutica e cosmética), para os sistemas que servem mais de 150 000 e.p., ou sirvam mais de 10 000 e.p., e que descarreguem para meios recetores de risco. Zonas de risco a definir pela APA (2028)
- 5- **Objetivo de neutralidade carbónica a nível nacional** (ETAR > 10 000 e.p.).
- 6- **Responsabilidade alargada ao produtor** (com financiamento de 80 % de todos os encargos do tratamento quaternário, pela Indústria farmacêutica e cosmética).

No Quadro seguinte apresentam-se, resumidamente, os requisitos da nova Diretiva (DARU)

Quadro – Requisitos da Nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU)

Directiva WWTD-Aprovada em reunião do Conselho de 5 de novembro de 2024 (4 D)							
Domínio/datas	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2040/2045	Observações		
Controlo de qualidade de excedentes ("overflows")	Monitorização em vigor. Identificação de zonas de risco, para 10 000 a 100 000, em 2028. Controlo 2% do total tempo seco (processos equivalentes) objetivo não vinculativo	Planos integrados de gestão de AR para aglomerados > 100 000 e.p. em 2033 (conteúdo definido)	e Planos integrados concretizados para aglomerados > 100 000 e.p., em 2039 (conteúdo definido)	Meta satisfeita (tendencialmente 2% de carga poluente em TS na ETAR) para todos os aglomerados > 10.000 e.p. (áreas de risco), em 2045.		Planos devem incluir reserva, infiltração e pre-tratamento, para controlo das descargas	Muitas exigências de monitorização Redução e macroplásticos
Sistemas de tratamento individuais (STI) (até 1000 e.p.) (d > 10 a 25 e.p./ha)	Inspeções regulares em todos os Estado Membro (EM) e apresentação de relatórios para EM com elevado nº de STI	Entrada em vigor de legislação da UE para STI					
Agglomerados de pequenas dimensões (1000 a 2000)	Definição de novos valores- limite de descarga (de tratamento secundário) para aglomerados populacionais com > 1000 e.p. (sistemas centralizados)	Todos os aglomerados > 1.000 e 2000 p.e. devem satisfazer os valores limite de descarga, em 2035 (com derrogações, para Países, clima frio, e ultraperiféricas)			Densidade > 10 a 25 hab./há (não disperso)	Derrogação de data para TS para PE entre 1250 e 2000 ep, se justificado, ou se se garantir (NBS etc) o mesmo nível de tratamento.	
Tratamento secundário e Tratamento terciário -Controlo de nutrientes (azoto e fósforo)	Identificação de zonas de risco a eutrofização, em 2027 Remoção de N (80%:10 mg/l ou 8 mg/l, conforme > 10 000 ou 150 000 ep) e/ou P (87,5% ou 90% : 1 ou 0,5 mg/l)	Em 2033, meta intercalar (30%) para remoção de N e P em ETAR > 150 000 p.e. e de (20%) para ETAR > 10 000 p.e. em zona sensível (ZS)	Meta intercalar (70%) para remoção de N e P em ETAR > 150 000 p.e. em 2036, e 100% em 2039. Para ETAR > 10 000 e.p. em zonas de risco, 30%: 2036 e 60%:2039.	Cumprimento a 100%, em 2045, com derrogações	Recuperação de fósforo e azoto-circularidade de nutrientes. Requisitos mínimos de recuperação. Em casos justificados, se o efluente for reutilizado em agricultura, o TT pode não se aplicar a essa fracção (derrogação).	Derrogação justificada e aceite de TSec (e TTer), se tiver lugar a descarga em águas profundas com diluição/dispersão (< 150 000 ep) ou regiões ultraperiféricas	>2000 aplica-se TS. Para Pop entre 2000-10 000, a descargas para oceano, data limite passa cumprimento para para 2035
Controlo de Micropoluentes (farmacêuticos, cosméticos-tratamento quaternário)	Implementação, com responsabilidade alargada do produtor 80% custos Identificação de área de risco em 2030	Meta intercalar (20% em 2033) para instalações acima de 150 000 p. e 10%, em 2033, para > 10 000 .	Cumprimento pelas ETAR > 150 000 e.p. e satisfação das metas intercalares, 60%, em 2039, para as áreas "em risco", em 2035	Todas as ETAR > 150 000 e > 10 000 a descargas para zonas em risco devem dispor de tratamento avançado, até 2045			
Neutralidade Energética	Implementação de auditorias energéticas para as ETAR e sistemas acima de 100 000 e.p. e de 10 000 e.p., respetivamente em 2028 e 2032	satisfação da meta intercalar de neutralidade carbónica (20%, 40%,) em 2030 e 2035	Satisfeita as metas intercalares para efeitos de neutralidade energética (40% e 70%) em 2035 e 2040	100% em 2045.	Produção de energia on site ou off site. Possibilidade de aquisição até 30%, fora do setor, até 2045, perante certas condições justificadas pelas auditorias		
Responsabilidade Alargada do Produtor	Princípio de Responsabilidade Alargada ao Produtor para cobertura de custos adicionais associados ao Tratamento Quaternário				Exceções a aplicação da RAP (se tiver lugar baixa produção, 1 ton /ano ou se se demonstrar que biodegrada)		

2.4 ENQUADRAMENTO AMBIENTAL

2.4.1 DADOS CLIMÁTICOS

O concelho de Alcanena situa-se, do ponto de vista Climatológico, na barreira de condensação Montejunto-Estrela, constituída por várias serras - incluindo a Serra dos Candeeiros e a Serra de Aire. A análise climática da área em estudo indica que se trata de uma região com clima temperado, moderadamente chuvoso e seco, onde o défice de água no verão é grande e a eficácia térmica é nula ou pequena. As Figuras seguintes (Figura 2.6 a 2.11) apresentam uma caracterização climática de Alcanena com base em diversos parâmetros, registados pela estação meteorológica local entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

No que diz respeito aos contrastes térmicos, a temperatura mais elevada foi registada no verão, entre junho e julho, com uma temperatura média máxima próxima de 24°C. No inverno, as temperaturas mínimas médias atingiram cerca de 10°C, em dezembro de 2023. A radiação solar

seguir um padrão semelhante ao da temperatura, com picos no verão, chegando a $6\,000\text{ W/m}^2$, e mínimos no inverno, abaixo de $2\,000\text{ W/m}^2$. A umidade relativa, por sua vez, mostrou um comportamento inverso, com máximos entre novembro de 2023 e janeiro de 2024, atingindo 94%, e mínimos médios entre abril e setembro de 2024, situando-se em 68%. A velocidade do vento apresentou uma tendência de aumento contínuo, passando de 0.7 m/s em dezembro de 2023 para 2.6 m/s em agosto de 2024.

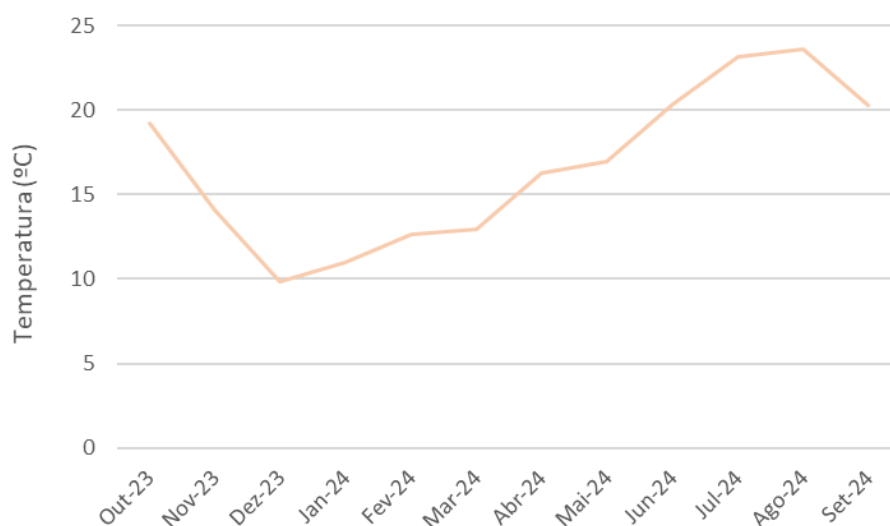


Figura 2.6. Evolução da temperatura em Alcanena entre outubro de 2023 e setembro de 2024.



Figura 2.7. Evolução da temperatura em Alcanena entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

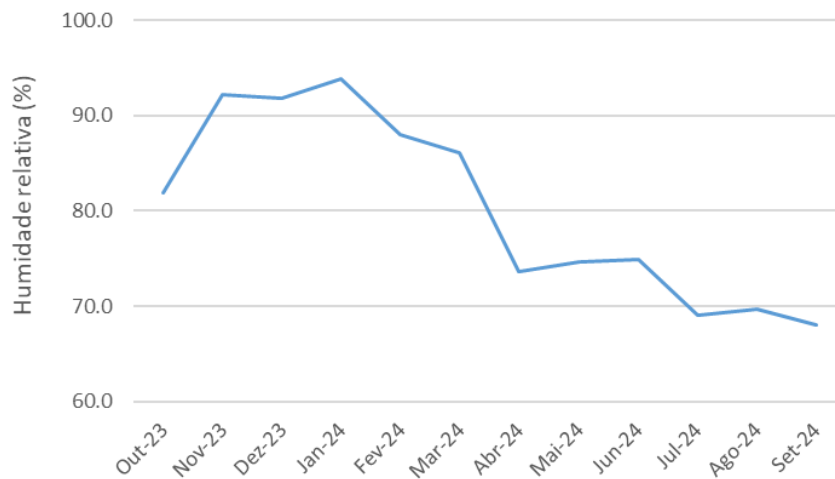


Figura 2.8. Evolução da humidade relativa em Alcanena entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

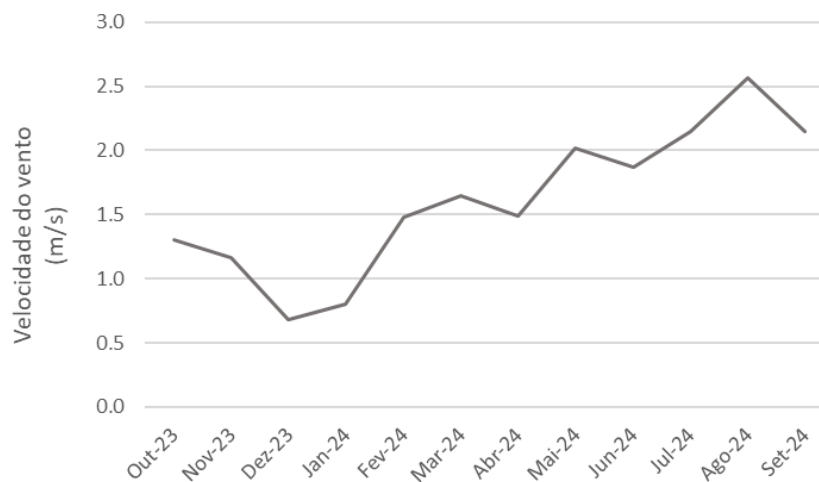


Figura 2.9. Evolução da velocidade do vento em Alcanena entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

2.4.2 RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com o intuito de detetar eventuais fugas de lixiviados resultantes do aterro, encontra-se a operar uma rede de monitorização de águas subterrâneas definida pelo Instituto da Água, constituída por vários pontos de recolha de água, em piezómetros, furos e poços.

As amostras de água são recolhidas de forma pontual, com uma frequência que pode variar entre mensal, semestral ou anual, dependendo dos parâmetros de análise. Para este projeto, optou-se por apresentar os resultados de quatro pontos de monitorização específicos. As características detalhadas desses pontos encontram-se no Quadro 2.5, e a localização é indicada na planta da Figura 2.6.

Quadro 2.5. Nomenclatura e localização dos pontos de amostragem, de acordo com classificação do INAG e amostragem AQUANENA.

Amostragem Aquanena	Numeração INAG	Coordenadas	Tipologia	Descrição do local	Profundidade (m)
3	329/271	39°26'58"N 8°40'07"W	Poço	Imediatamente a montante da ETAR	8
4	329/269 (RLA 1)	39°26'50"N 8°40'05"W	Furo	Abastecimento da ETAR	301
6	329/268 (INAG 5)	39°26'47"N 8°40'10"W	Piezômetro (nível piezométrico de 4.9 m)	Imediatamente a jusante da ETAR	17
10	329/267 (INAG 4)	39°26'42"N 8°39'58"W	Furo	Rega de taludes e jardins – estrada de acesso ao aterro de resíduos	184

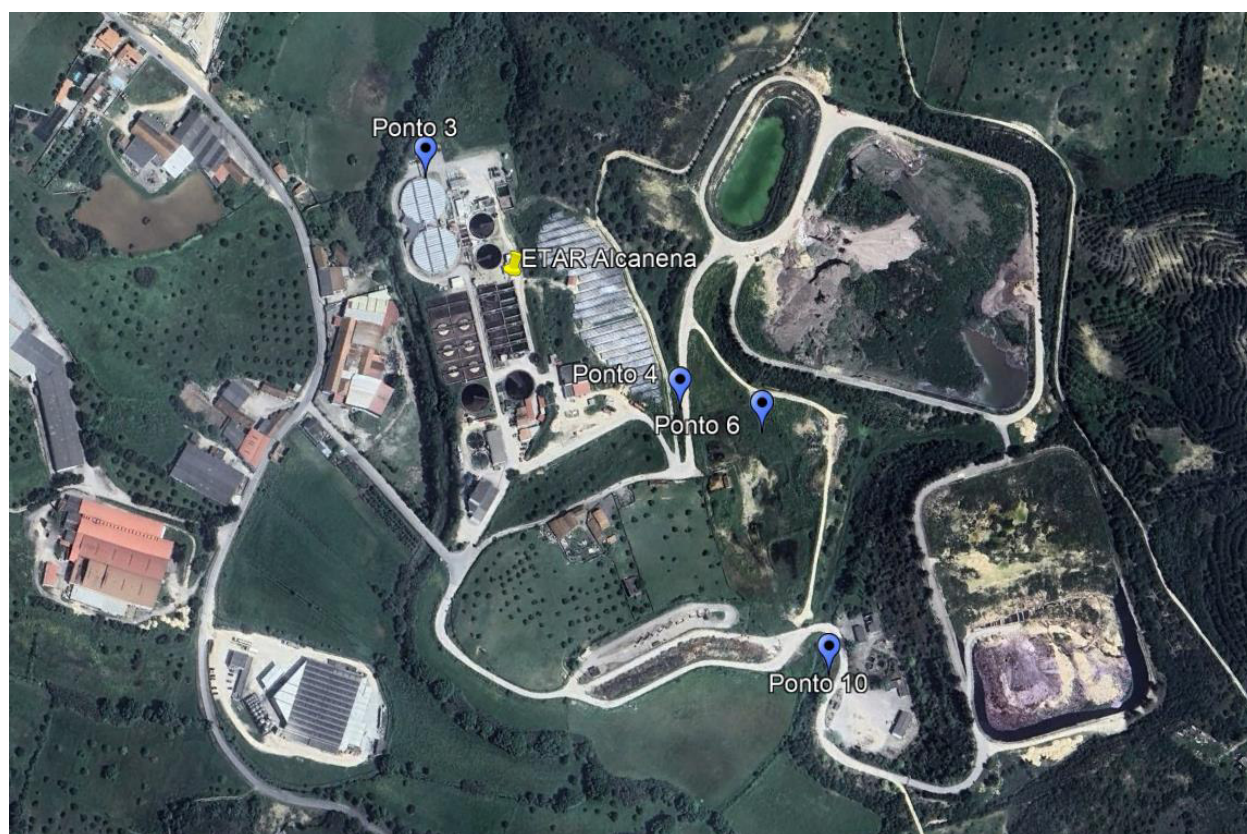


Figura 2.6. Localização no terreno dos pontos de recolha de águas subterrâneas.

Os resultados das análises para pH, temperatura, condutividade elétrica, concentração de crómio VI e concentração de nitratos encontram-se nas figuras seguintes (Figura 2.7 a Figura 2.11). É importante destacar que, para as concentrações de Crómio VI e nitratos, os limites de

quantificação, que variam conforme o mês, estão assinalados nos gráficos, sendo os valores abaixo desse limite considerados como tal.

Os valores de pH nos diferentes pontos apresentam comportamentos semelhantes, variando entre 6.7 e 7.9, com uma média de 7.3. Apesar das flutuações moderadas, os pontos permanecem num intervalo neutro.

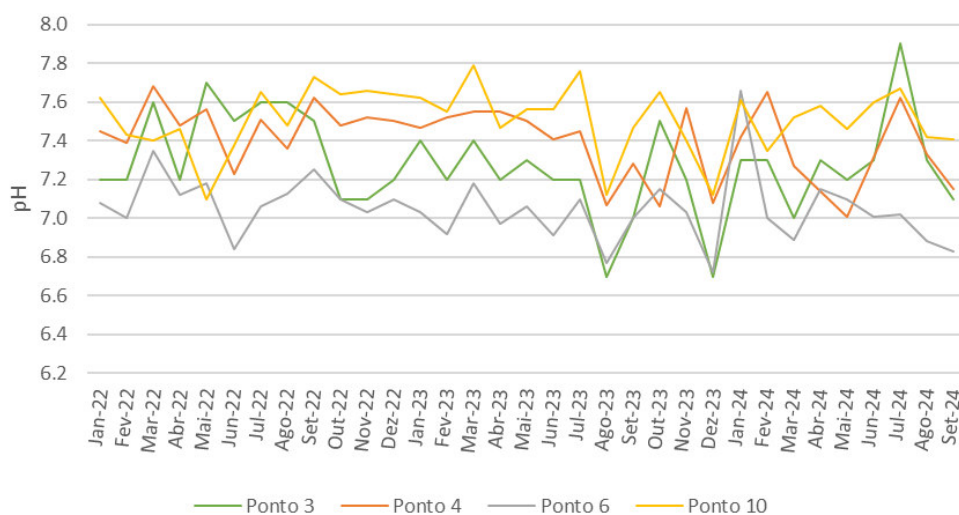


Figura 2.7. Evolução mensal do pH das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.

Em relação à temperatura, os valores nos diferentes pontos mostram comportamentos semelhantes, variando entre 15.5°C e 26.2°C, com uma média de aproximadamente 20°C. Observam-se variações sazonais típicas, com picos de temperatura durante o verão, especialmente nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

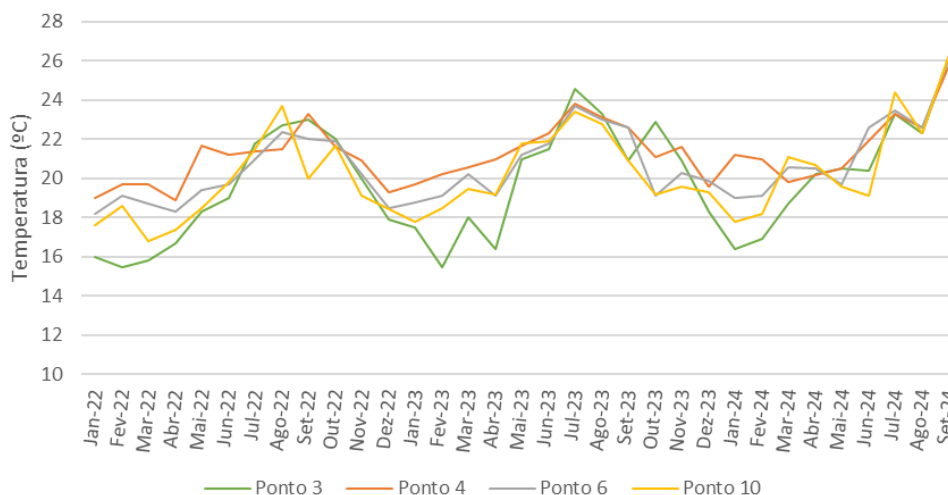


Figura 2.8. Evolução mensal da temperatura das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.

A condutividade elétrica apresenta uma variabilidade considerável entre os diferentes pontos de amostragem, com uma média geral próxima de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O Ponto 6 destaca-se com os níveis mais elevados e de forma constante, atingindo valores superiores a 1 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando uma possível maior concentração de sais dissolvidos ou poluentes. Por outro lado, os Pontos 4 e 10 mostram, em geral, níveis de condutividade mais baixos, em torno de 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, embora com algumas exceções pontuais de variação.

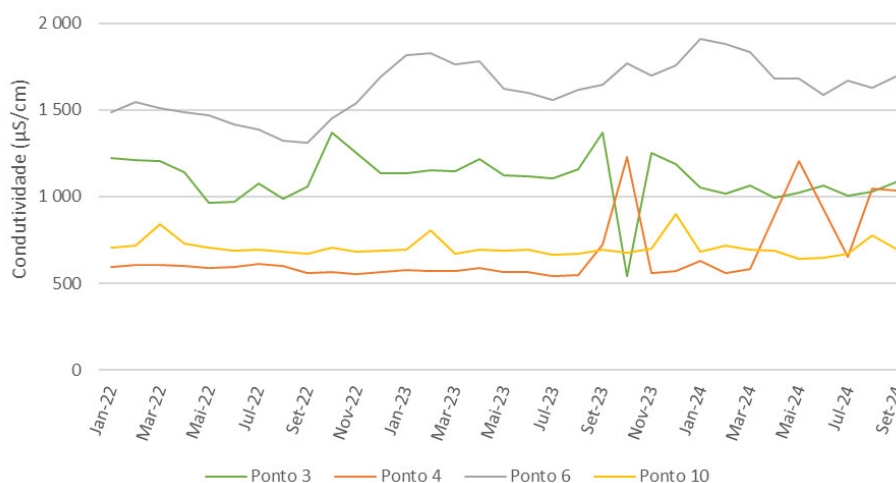


Figura 2.9. Evolução mensal da condutividade das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.

Relativamente à concentração de Crómio VI, foi estabelecido um limite de quantificação de 0.01 mg/L para as amostras recolhidas em outubro de 2023 e abril de 2024. O Ponto 10, que está localizado mais distante da ETAR de Alcanena, apresenta uma concentração inicial quase

atingindo 0.05 mg/L em outubro de 2022. No entanto, após abril de 2023, os valores caem significativamente para níveis abaixo do limite de quantificação. O Ponto 6 mostra uma tendência semelhante, com concentrações iniciais de cerca de 0.030 mg/L, mas após abril de 2023 também apresenta uma queda acentuada para o limite de quantificação. Já os Pontos 3 e 4, que estão bastante próximos da ETAR, mantêm concentrações consistentemente baixas e estáveis, próximas ou abaixo do limite de quantificação ao longo do período analisado.

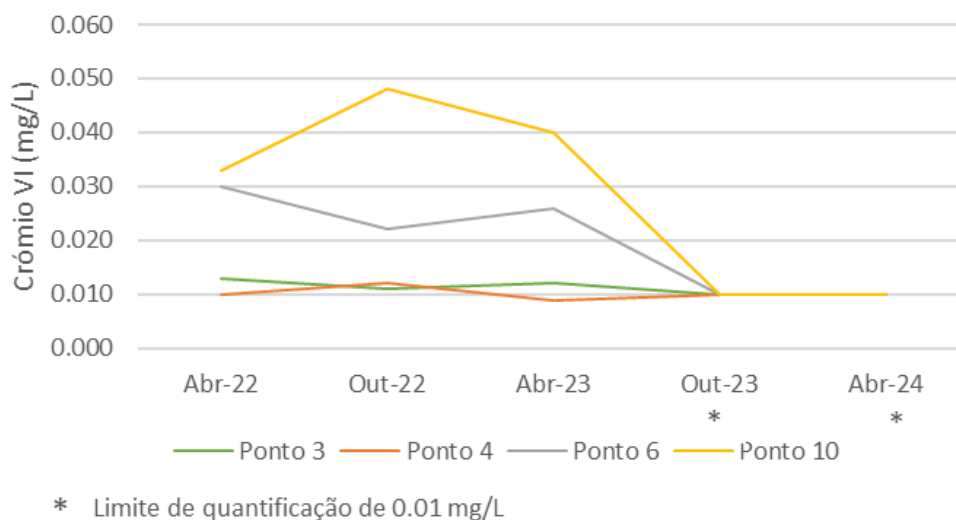


Figura 2.10. Evolução semestral da concentração de Crômio VI nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.

Para a concentração de nitratos nas águas subterrâneas, foi estabelecido um limite de quantificação de 1.0 mg/L para as amostras recolhidas em abril de 2022 e abril de 2023. O Ponto 6 apresenta concentrações significativamente mais elevadas, variando entre 2.00 mg/L e 3.5 mg/L, indicando uma possível fonte de contaminação. Em contraste, os Pontos 3, 4 e 10 mostram

concentrações de nitratos significativamente inferiores às observadas no Ponto 6, sempre abaixo do limite de quantificação de 1.00 mg/L.

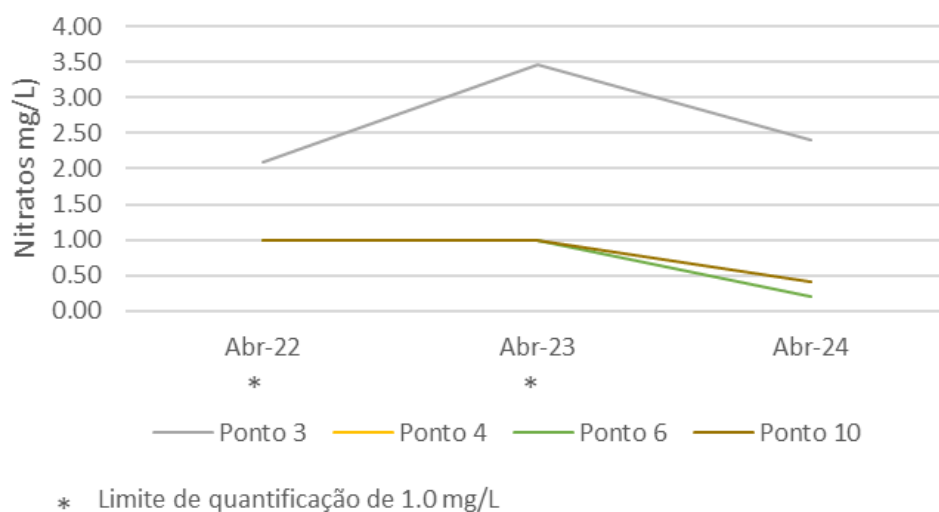


Figura 2.11. Evolução semestral da concentração de nitratos nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e setembro de 2024.

2.4.3 RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Adicionalmente, está implementado um Programa de Monitorização das águas superficiais na área circundante à ETAR, na ribeira do carvalho. No Quadro 2.6 e na Figura 2.12 são apresentadas, respetivamente, as características e a localização de quatro pontos de recolha de amostras. Os pontos 5, 7, e 8 encontram-se situados nas linhas de água que afluem ao rio Alviela, sendo que o Ponto 9 está localizado ao longo do próprio curso do rio.

Quadro 2.6. Nomenclatura dos pontos de amostragem das águas superficiais.

Pontos de amostragem	Coordenadas	Localização
5	39°27'24"N 8°40'18"W	Ribeira de Vila Moreira - Alcanena
7	39°26'47"N 8°40'07"W	Ribeira do Carvalho – jusante da ETAR
8	39°26'23"N 8°40'03"W	Ribeira do Carvalho – jusante do Sistema de Tratamento de Alcanena
9	39°26'43"N 8°42'42"W	Nascentes do Rio Alviela

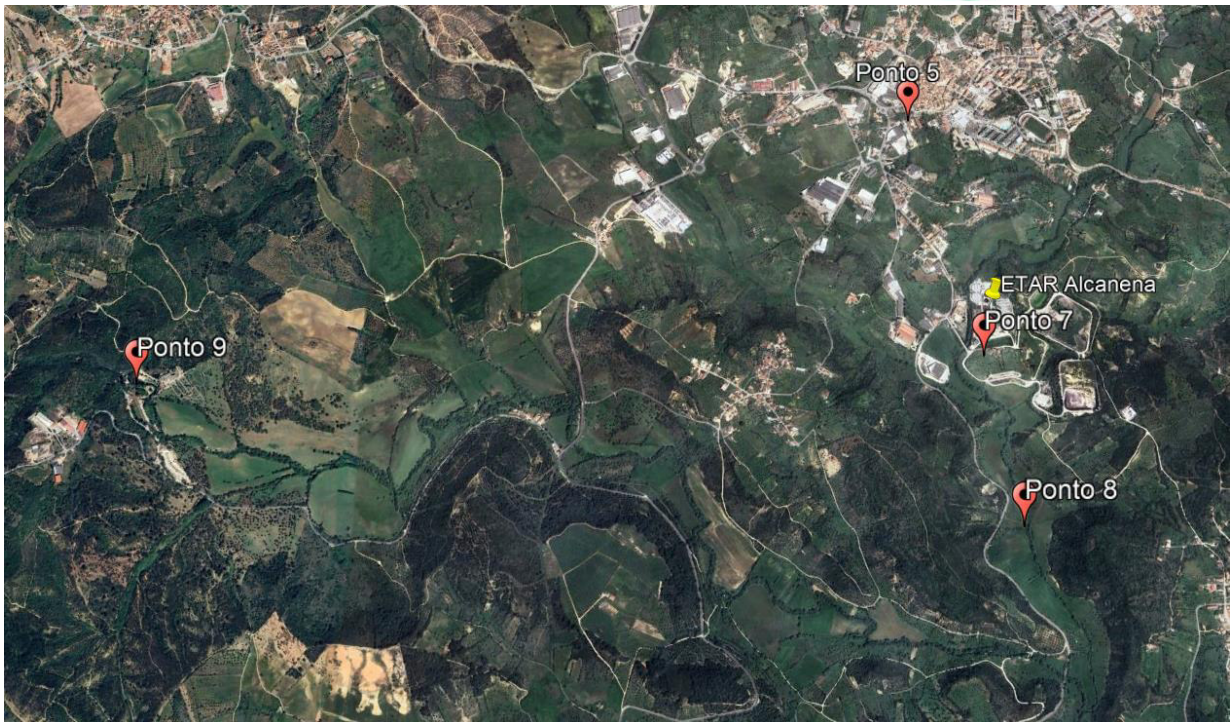


Figura 2.12. Localização no terreno dos pontos de recolha das águas superficiais.

Os resultados das análises para pH, temperatura, condutividade elétrica, Crómio VI e nitratos encontram-se nas figuras seguintes (Figura 2.13 a Figura 2.16). Tal como na análise das águas subterrâneas, para as concentrações de crómio VI e nitratos, os limites de quantificação, que variam conforme o mês, estão assinalados nos gráficos, sendo os valores abaixo desse limite considerados como tal.

Em relação ao pH, os valores nos diferentes pontos apresentam comportamentos semelhantes, variando entre 7.0 e 8.2, com uma média de 7.7. Apesar das flutuações moderadas, os pontos permanecem num intervalo neutro.

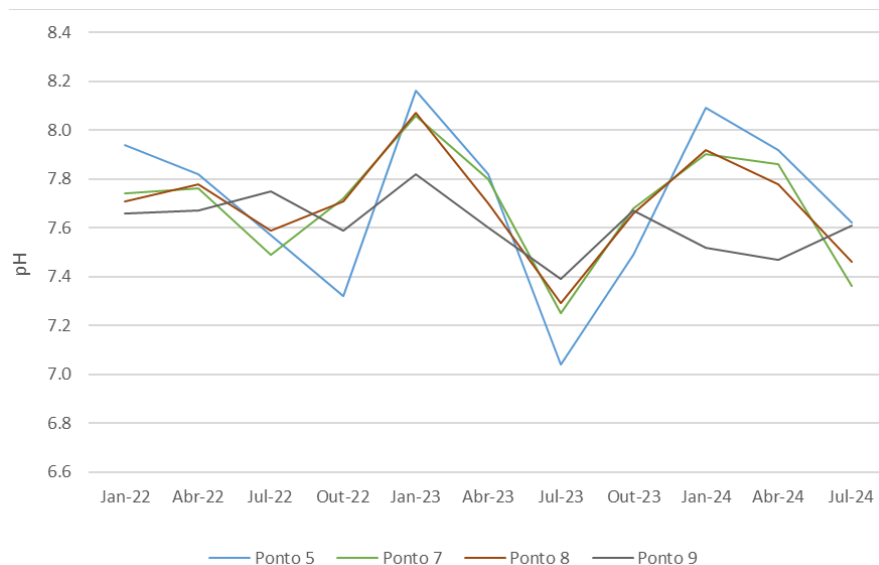


Figura 2.13. Evolução trimestral do pH das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.

Os valores de temperatura apresentam comportamentos bastante semelhantes nos quatro pontos, oscilando entre 9.7°C e 23.3°C, com uma média de 22°C. Observam-se variações sazonais típicas, com picos de temperatura durante o verão, especialmente nos meses de julho.

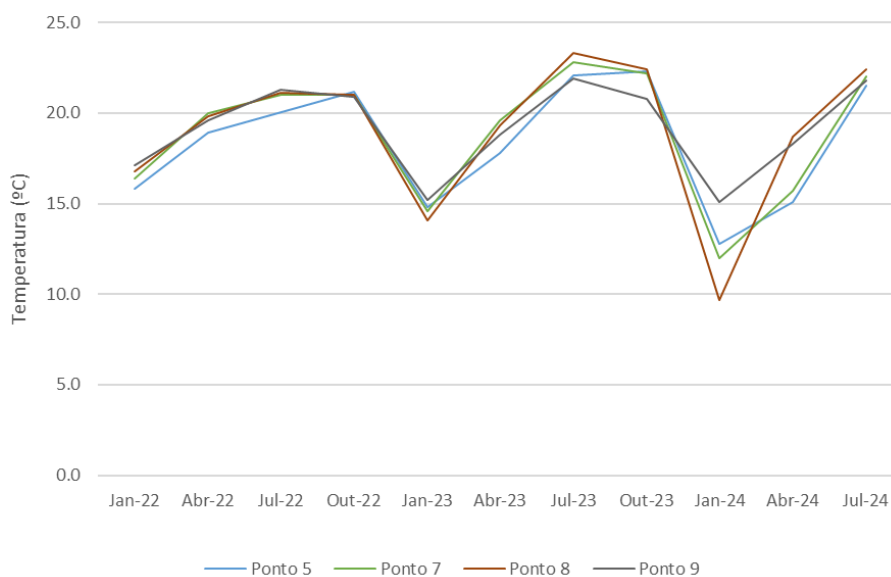


Figura 2.18. Evolução trimestral da temperatura das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.

Em relação à condutividade, os Pontos 7 e 8 apresentam comportamentos muito semelhantes, com flutuações significativas. Ambos atingem picos superiores a 12 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e mínimos a cerca de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugerindo uma maior presença de sólidos dissolvidos. Por outro lado, os Pontos 5 e 9 também exibem comportamentos semelhantes entre si, mas com níveis de

condutividade muito baixos e estáveis, em torno de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estes valores indicam uma baixa salinidade e uma quantidade reduzida de sólidos dissolvidos.

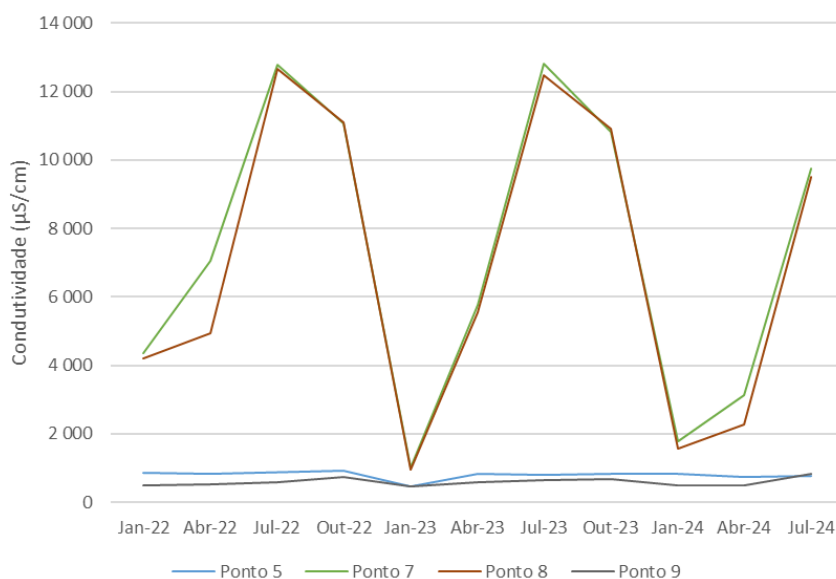


Figura 2.14. Evolução trimestral da condutividade das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.

As concentrações de Crómio VI nas águas recolhidas ao longo do ano apresentam diferentes limites de quantificação, conforme indicado no gráfico. Os Pontos 5 e 9 exibem concentrações constantes e baixas, próximas aos limites de quantificação, sem grandes variações ao longo do tempo. Em contraste, os Pontos 7 e 8 mostram grandes oscilações nas concentrações de Crómio VI. Inicialmente, observa-se um aumento acentuado entre janeiro e outubro de 2022, com os níveis a ultrapassarem os 0.35 mg/L. Posteriormente, em janeiro de 2023, verifica-se uma queda abrupta para 0.02 mg/L, seguida de pequenas flutuações. Ambos os pontos se mantêm consistentemente abaixo do limite de 0.1 mg/L entre janeiro e julho de 2024.

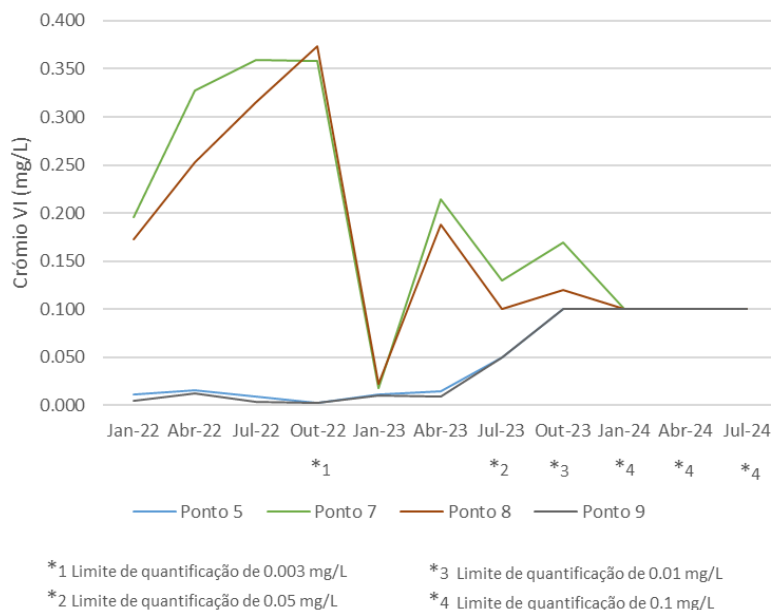


Figura 2.15. Evolução trimestral da concentração de Crómio VI nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.

Relativamente às concentrações de nitratos nas águas subterrâneas, estas seguem tendências semelhantes às observadas para o Crómio VI. Os Pontos 5 e 9 apresentam concentrações baixas e estáveis, geralmente abaixo de 10 mg/L ou próximas desse valor. Por outro lado, os Pontos 7 e 8 exibem concentrações significativamente mais elevadas, com picos superiores a 35 mg/L. No entanto, assim como no caso do Crómio VI, há uma queda acentuada nas concentrações entre outubro de 2022 e janeiro de 2023. Novos picos ocorrem em abril e outubro de 2023.

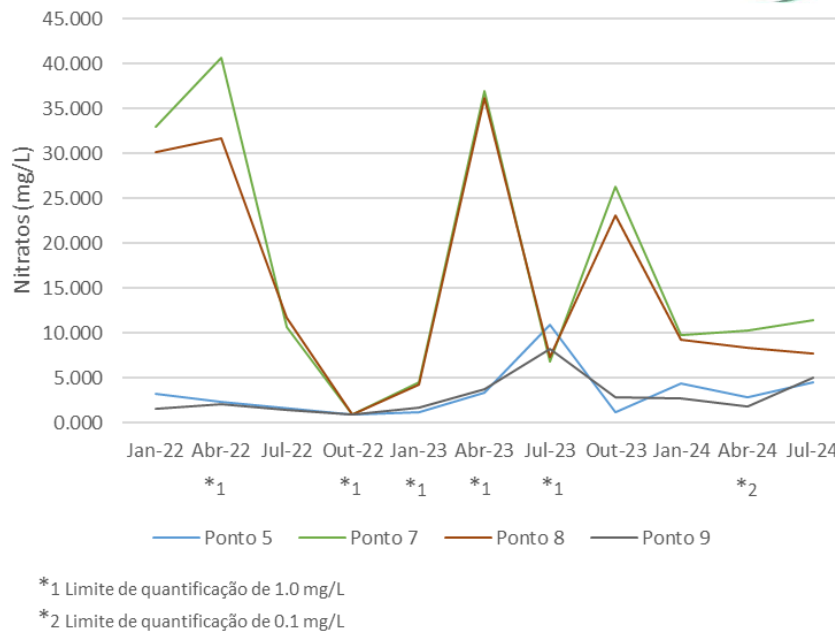


Figura 2.16. Evolução trimestral da concentração de nitratos nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e julho de 2024.

2.5 ESTUDOS DESENVOLVIDOS E PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO

O desenvolvimento do Plano Estratégico para a Evolução do Sistema de Saneamento de Alcanena decorreu entre janeiro 2020 e fevereiro 2021.

A prestação de serviços da HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., incluiu a avaliação do controlo na origem das afluências indevidas ao sistema, nomeadamente de origem pluvial, a avaliação da qualidade de água residual no interior do sistema de drenagem, nomeadamente do ponto de vista da evolução e controlo da concentração dos sulfuretos dissolvidos e de gás sulfídrico, da avaliação do desempenho ambiental da ETAR, e da gestão integrada do sistema conjunto Coletor-ETAR. O objetivo principal desta prestação de serviços foi o desenvolvimento de um Plano Estratégico de evolução do sistema de saneamento de Alcanena de curto, médio e longo prazo, com identificação de medidas prioritárias e complementares que permitissem assegurar, com riscos mínimos, a satisfação das condições legais de descarga de efluentes do sistema de tratamento no meio recetor, formulado com base em conhecimento real de campo (programas de monitorização) e simulação de quantidade e qualidade de afluências com modelos pré-calibrados.

Constituíram ainda objetivos importantes dessa consultoria, o desenvolvimento e implementação de modelos de simulação hidráulica (baseados no SWMM) e ambiental (AEROSEPT) do sistema de drenagem industrial, para apoiar as decisões de intervenção e de gestão, a elaboração do projeto de algumas intervenções consideradas prioritárias, nomeadamente:

- a) A reabilitação das estações de monitorização e de controlo de sulfuretos;
- b) A remodelação da obra de entrada da ETAR;
- c) A cobertura de órgãos e reforço da capacidade de tratamento e controlo de odores na ETAR.

Nos estudos anteriores previram-se ainda intervenções estruturantes da fase líquida, baseadas no reforço do tratamento físico-químico e/ou biomembranas, com recurso a ozonização e/ou carvão ativado.

Mas estas intervenções, para serem credíveis do ponto de vista do cumprimento da legislação, atual e futura, resultam em custos, sobretudo de operação e manutenção, especialmente penalizadores. As exigências futuras respeitam nomeadamente a desinfecção e o tratamento quaternário, com remoção de micro-poluentes (da indústria farmacêutica e cosmética), previstas em sede da nova DARU, já aprovada no Parlamento Europeu.

Nesse sentido entendeu-se, em 2024, explorar de forma mais profunda e detalhada o recurso a soluções de base natural para controlo do efluente final da ETAR, reduzindo e flexibilizando, assim, as exigências de depuração na atual ETAR.

O conceito geral foi o de procurar, através desse tipo de soluções, reduzir as cargas poluentes, reduzindo simultaneamente, e de forma significativa, o caudal total, bem como as concentrações de poluentes, tendencialmente, numa abordagem do tipo “zero discharge” (ou seja, com leitos de macrófitas ou plataformas de evapotranspiração do tipo “willows”- salgueiros ou choupos, para maximizar a evapotranspiração), enquanto a matriz de solo e raízes promovem a filtração, a retenção e a captação de matéria orgânica e nutrientes, azoto e fósforo.

Este estudo tem uma componente relevante de inovação e investigação aplicada, com ensaios *in situ* e exploração de unidades piloto, por forma a garantir o desempenho da solução proposta, à escala protótipo. Tal exige um estudo prolongado de cariz fundamentalmente climático, baseado em dados e resultados hidrológicos (avaliação de balanços hídricos e de taxas de infiltração e evapotranspiração) ao longo do tempo.

Já anteriormente, a Aquanena tinha avaliado as condições de afinação do efluente final da ETAR por leitos de macrófitas, explorando unidades piloto na própria ETAR. Para esta instalação, a AQUANENA instalou quatro leitos “piloto” em paralelo, com as dimensões apresentadas no Quadro 2.7, mas sem intuito de maximizar a evapotranspiração.

Quadro 2.7 - Características do tanque da instalação piloto.

Caraterísticas	Valor
Tanque (CxLxH cm)	110x68x57
Área superficial (m ²)	0.748
Altura da caixa (m)	0.57
Altura da gravilha (m)	0.35
Altura de AR a partir do fundo (m)	0.3
Porosidade do meio (%)	33
Volume de AR (l)	74.1

O meio de enchimento foi gravilha de granulometria de 4-8 mm (gravilha do tipo APAH 4), com uma densidade das plantas entre 35 e 40 plantas/m² de *Phragmites australis* para 3 unidades, sendo a 4ª unidade plantada com *Typha latifolia*. Foi instalado um tubo PVC previamente perfurado no interior do leito, de modo a permitir amostragem e posterior a análise de parâmetros de qualidade da massa líquida (temperatura, condutividade, pH e potencial redox).

Foi assumida uma carga mássica típica, de 30 kg/hab·dia para a CBO₅ (Kadlec and Wallace, 2009) ou uma carga de 200 kg/hab·dia para a CQO (Albuquerque et al., 2008). Propôs-se um valor de referência de caudal de 40 L/dia, resultando num tempo de residência hidráulico no leito de aproximadamente 1.8 dias. Os 40 L/dia podem ser aplicados de forma aproximadamente contínua, com alimentação a partir de uma mangueira com torneira semi-aberta, ou de forma intermitente, por exemplo, com alimentação quatro vezes por dia, 10 L por cada aplicação, ou duas vezes por dia, cada uma de 20 L.

Foi ainda prevista a exploração de várias cargas hidráulicas, ou menores que o valor de referência, por exemplo 20 L/dia, ou superiores, 60 L/dia, assegurando tempos diferentes de residência hidráulica e diferentes desempenhos dos leitos, em termos de taxas de remoção de matéria orgânica.

De acordo com a informação disponibilizada pela AQUANENA, no início do mês de julho de 2020 foi concluída a implantação da instalação piloto de acordo com o apresentado na Figura 2.17. Os tanques numerados de 1 a 4 correspondem, respetivamente, aos caudais de 20, 40, 60 e 40 L/d. O quarto leito, identificado com o número 4, está, como referido anteriormente, plantado com a espécie *Typha latifolia* e um caudal de 40 litros por dia.

Tal como sugerido, foi realizada uma monitorização diária e recolha de amostras individuais à saída de cada leito duas vezes por semana (pH, CQO e SST).



Figura 2.17. Instalação piloto de unidades de macrófitas na ETAR de Alcanena.

Na Figura 2.18 apresentam-se os dados de exploração da estação piloto, no que diz respeito à CQO e SST, respetivamente.

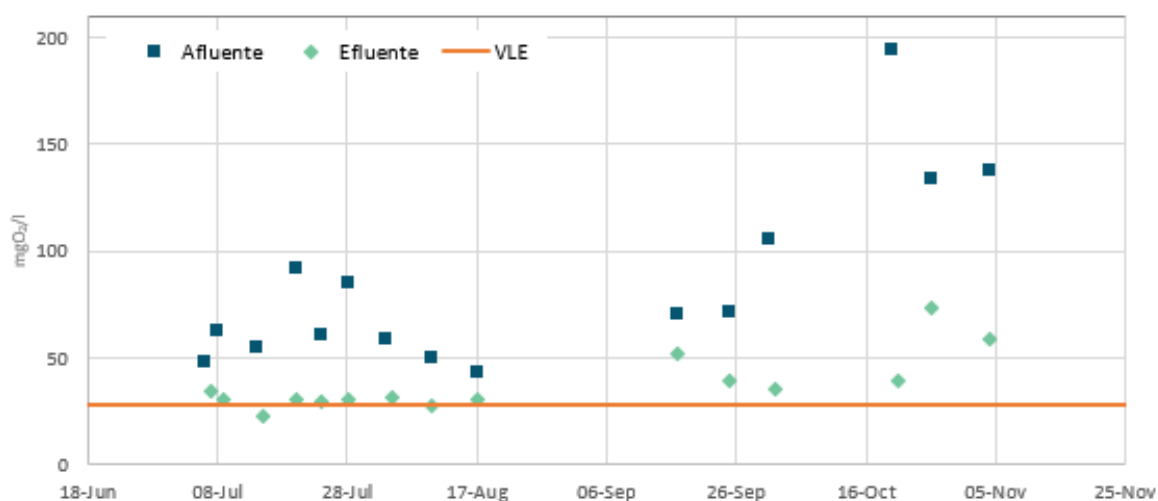


Figura 2.18. Dados de SST da estação piloto da ETAR de Alcanena (julho 2019).

Através da análise dos dados obtidos, é possível verificar que os leitos de macrófitas da estação piloto apresentaram, à data, uma eficiência limitada de remoção da CQO do afluente, removendo cerca de 55% de SST. Observa-se igualmente, que os VLE da ETAR não são satisfeitos para CQO e se encontram próximo dos valores limites para os SST. Não houve medição de eficiência em termos de microbiologia.

Apesar das plantas não se encontrarem totalmente desenvolvidas, a baixa eficiência obtida para a remoção de CQO corrobora a existência de matéria orgânica dificilmente biodegradável, pelo

que se crê que se não deverá assumir uma perspetiva otimista, antes pelo contrário, no que respeita ao cumprimento da nova licença de descarga.

Na prática, através da realização dos ensaios de OUR ("Oxygen Uptake Rate") foi possível posteriormente observar em laboratório /Espanha) a **difícil biodegradabilidade do efluente, com concentrações elevadas de CQO inerte (CQOI) no efluente clarificado, a rondar os 350 - 400 mg/L.**

Assim, a redução de matéria orgânica que ocorre na 2ª etapa do tratamento na ETAR de Alcanena é limitada, o que **indiciou que seria necessário quebrar as cadeias de carbono da matéria orgânica presente, através de um oxidante forte, para que se tornasse mais biodegradável, ou usar técnicas de adsorção (carvão ativado) muito dispendiosas, ou recorrer a soluções inovadoras, de engenharia natural, com otimização da evapotranspiração. As técnicas de oxidação avançada, por ozonização, também não resultaram em valores promissores, dado o impacto negativo da espécie de Crómio ($\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{6+}$)**

Na área envolvente às instalações da ETAR de Alcanena, existem espaços disponíveis para implantação de múltiplas unidades de leitos de macrófitas, tal se observa na Figura 2.19.



Figura 2.19. Área para implantação dos leitos de macrófitas, segundo o PE-AL 2021.

3. SOLUÇÕES DE BASE NATURAL PARA DESCARGA “QUASI” ZERO – ESTADO DE ARTE

A construção de leitos da macrófitas, ou *wetlands*, consiste não só numa intervenção de engenharia natural, alternativa a soluções de natureza físico-química, mas também numa intervenção de arquitetura paisagística, agregando valor paisagístico e de lazer.

De facto, além dos benefícios ambientais, tais como regularização climática, preservação e recuperação dos ecossistemas e manutenção e desenvolvimento da biodiversidade de fauna e flora, as *wetlands* apresentam-se diversos benefícios socioculturais como a estética criada pela paisagem, a possibilidade de atividades recreativas e de lazer, e a oportunidade de educação ambiental direta ou indiretamente. A poupança em encargos com reagentes e lamas, é muito significativa.

Na Figura 3.1 apresentam-se imagens do “*Bruce Peninsula National Park*”, uma *wetland* natural com cerca de 15 400 ha situada no Canadá. Tal como se pode observar, através da instalação de infraestruturas adequadas, é possível adaptar uma *wetland* num espaço adequado à prática de atividades recreativas e de lazer.



Figura 3.1 – Zonas húmidas construídas – “Bruce Peninsula National Park”.

Relativamente a plataformas de evapotranspiração, apesar de não se conhecerem aplicações deste tipo de sistemas em Portugal, estas são muito comuns nos países escandinavos, países bálticos, Polónia, Irlanda e Inglaterra (Brix e Arias, 2011). Na Dinamarca, por exemplo, existem

mais de 500 sistemas de ET (evapotranspiração) em operação, com utilização de salgueiros. Estes sistemas são geralmente constituídos por um leito com mais de 1,5 m de profundidade, preenchido com solo e plantado com espécies de salgueiros (*Salix viminalis* L.). A área superficial dos sistemas depende da quantidade e qualidade das águas residuais afluentes e da precipitação anual local (Brix e Gregersen, 2001).

Os fatores meteorológicos que determinam a ET são parâmetros climáticos, designadamente a radiação solar (a maior fonte de energia para a evaporação da água), a temperatura, a humidade do ar e a velocidade do vento (o vento e a turbulência do ar contribuem significativamente para a remoção do vapor de água).

Existem diferentes tipos de sistemas por ET de comprovado sucesso no tratamento de águas residuais municipais, lamas fecais e lixiviados de aterro com plantações de salgueiros (Rosenqvist et al., 1997; Hasselgren, 1998; Hasselgren, 1999), entre os quais se destacam os seguintes: sistemas de ET em que o leito é impermeabilizado através de uma membrana, impedindo a infiltração no solo, pelo que a totalidade da água residual afluente e da precipitação que cai sobre o sistema tem de ser evapotranspirada anualmente; sistemas de ET com infiltração, que permitem alguma infiltração no solo. Dadas as condicionantes impostas pelos planos de ordenamento do território vigentes e o facto de o afluente já ter anteriormente tratamento terciário, o sistema por ET proposto pode não prevê, a confirmar, a impermeabilização do leito.

A título de exemplo, refere-se a ETAR de Nimr, em Oman, reportada como a maior do Mundo, deste tipo (Figura 3.2).



Figura 3.2. Imagem da solução de base natural – ETAR de Nimr, em Oman.

As *wetlands* cobrem 500 ha, e as lagoas de evaporação 800 ha. A ETAR de SBN trata águas residuais contaminadas com óleo, geradas durante a exploração e produção de petróleo. Neste sentido, o tratamento é realizado por meio de diferentes ações químicas e biológicas que ocorrem

nas plantas e no solo das *wetlands*, incluindo absorção pelas plantas, biodegradação e volatilização. Para tal, recorrem-se a diferentes espécies, nomeadamente *Typha*, *Cyperus* e *Juncus*.

Esta ETAR com solução de base natural apresenta uma capacidade de tratamento de 175 000 m³/dia (Stefanakis 2019), cerca de 30 vezes mais do que o caudal efluente da ETAR Alcanena. O tratamento realizado no local atende ao limite de efluentes de 0.5 ppm para óleos na água, estabelecido pelos Padrões Nacionais do Sultanato de Oman. O tratamento dos efluentes no local é eficiente, com uma redução de 99% no consumo de energia em comparação com as instalações de tratamento convencionais (Stefanakis et al. 2018).

Este projeto contribui com mais de 6% para o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa até 2030, conforme o Acordo de Paris.

As *wetlands* representam um novo ecossistema, que se pode tornar num local crucial para aves migratórias, cujo habitats se encontram sob pressão. Nesta ETAR Já foram avistadas mais de 100 espécies, incluindo garças, íbis, andorinhas-do-mar e corvos-marinheiros.

O efluente tratado das *wetlands* é utilizado para a irrigação de culturas locais, incluindo milho e algodão. Os resíduos vegetais das *wetlands* também são recolhidos e convertidos em biocombustível.

Na Figura 3.3 apresentam-se os co benefícios deste tipo de solução, quando vistos numa perspetiva sistémica, ou seja, como um sistema de sistemas, com impacte em vários setores, da água, da energia, da natureza, da economia e do desenvolvimento.

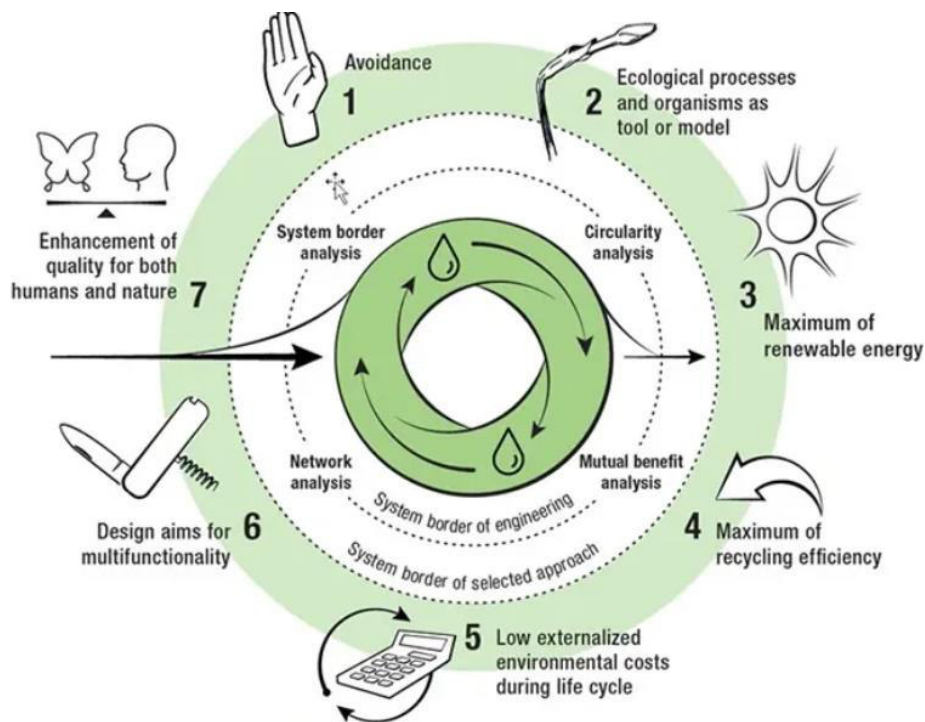


Figura 3.3. Soluções de base natural – co benefícios e serviços de ecossistemas.

Segundo H. Brix e C.A. Arias (2005), num sistema doméstico individual (equivalente a 5 habitantes), as águas residuais devem ser previamente tratadas num tanque de sedimentação com duas ou três câmaras, com um volume mínimo de 2 m³, antes de serem encaminhadas para o sistema com salgueiros. Os autores também indicam que a área necessária para o sistema depende do volume de águas residuais a tratar, da precipitação média anual e da evapotranspiração potencial do local.

Os sistemas fechados normalmente seguem a configuração padrão apresentada na Figura 3.4, caracterizada por uma profundidade de 1.5 metros, taludes com inclinação de 45° e uma largura típica de 8 metros. No fundo do leito é instalado um tubo de drenagem, que pode ser utilizado para esvaziar o sistema caso ocorra acumulação de sais ao longo do tempo.

Para manter as plantas jovens e saudáveis, garantindo elevadas taxas de transpiração, cerca de um terço a metade dos salgueiros é colhido anualmente. Além disso, durante o primeiro ano de estabelecimento, os salgueiros devem ser cuidadosamente monitorizados quanto à presença de pragas, ao crescimento de infestantes e à saúde geral das plantas. As infestantes devem ser removidas por métodos mecânicos.

Para maximizar a evapotranspiração, os sistemas devem ser instalados em áreas abertas, afastados de edifícios e árvores, de modo a evitar sombreamento por construções altas ou vegetação densa. O leito deve ser orientado perpendicularmente à direção predominante do vento, e deve existir acesso adequado para toda a maquinaria necessária à instalação e à

colheita dos salgueiros (Brix & Arias, Danish Guidelines for Small-Scale Constructed Wetland System for Onsite Treatment of Domestic Sewage, 2005) (Brix e Arias, 2011).

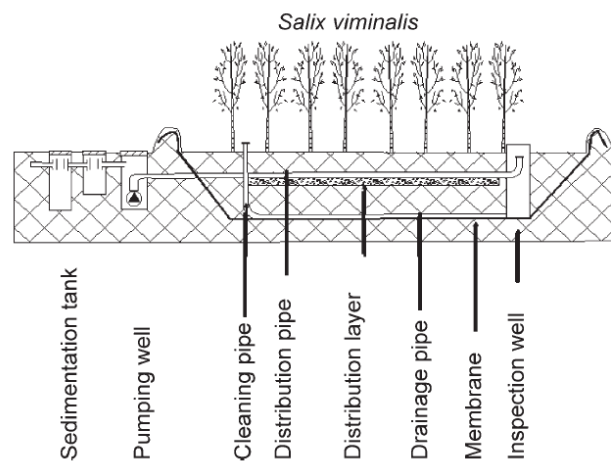


Figura 3.4. Esquema de um sistema de salgueiros sem saída (sistema evaporativo) (adaptado de H. Brix and C.A. Arias, 2005).

4. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES PILOTO NA ETAR DE ALCANENA

De forma a permitir um estudo detalhado e realista, foram concebidas três Unidades Piloto. Estas unidades foram projetadas com base nas recomendações presentes na bibliografia disponível sobre leitos de macrófitas com salgueiros, especialmente na publicação de Brix e Arias (2011). As Unidades Piloto 01 e 02 foram construídas no início de dezembro e apresentam características semelhantes entre si, diferenciando-se apenas pelo tipo de plantação.

Representadas em planta na Figura 4.1 e em corte lateral na Figura 4.2, as unidades 01 e 02 ocupam uma área superficial de 8 x 8 m², reduzindo-se para 4 x 4 m² na base, com taludes a 45°. A altura total do leito é de 2 metros, com uma profundidade máxima de água de 1.8 m e uma borda livre de 20 cm, destinada a prevenir a entrada de água proveniente de escorrências pluviais e a permitir a acumulação de água na superfície durante o inverno. O fundo do leito apresenta uma inclinação de 2%.

A Unidade Piloto 03, que só entrou em operação na 2ª quinzena de maio, apresenta menores dimensões que as outras duas, com uma base 2m x 2m e taludes com inclinação de 3 (vertical) para 2 (horizontal). Além disso, distingue-se das restantes por incluir uma camada de geomembrana na base, exatamente para avaliar de forma direta apenas a componente de evapotranspiração.

A alimentação dos leitos é realizada através de um tubo com diâmetro de 63 mm. Acoplada ao sistema, existe uma caixa de recolha em betão com área de 1.5 x 1.5 m² e altura aproximada de 2.6 m, conforme ilustrada na Figura 4.3. O leito está equipado com um tubo de drenagem de 90 mm que conduz a água até à caixa de recolha. No interior desta caixa, um conector em 'T' permite a descarga pelo fundo do leito, possibilitando o seu esvaziamento total, ou a descarga para a câmara de visita, através de um sifão invertido, conforme a posição da válvula. No interior do leito, será instalado um piezómetro para controlo da altura da água.

Quanto aos meios de enchimento, adicionou-se gravilha com granulometria de 16/32 mm nos espaços laterais do leito, conforme ilustrado nas Figura 4.1 e 2.2. Foi também colocada uma camada de gravilha com espessura entre 25 e 33 cm, ajustada ao declive de 2% da base do leito. Sobre essa camada, aplicou-se uma camada de areão com granulometria de 4/8 mm e altura de 1.35 m, seguida por uma camada superior de 20 cm de terra vegetal, onde foi instalada a vegetação.

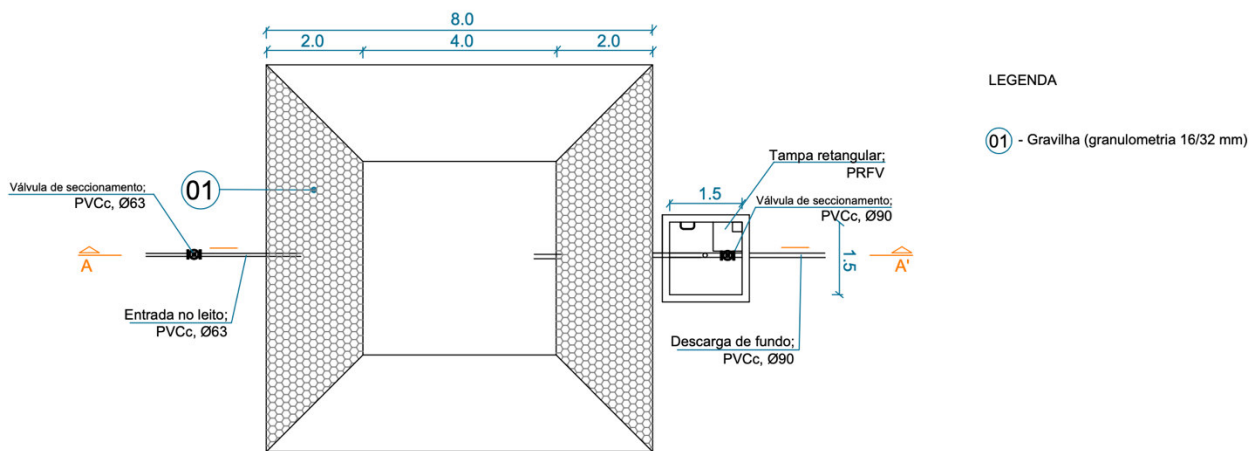


Figura 4.1. Planta da instalação piloto proposta.

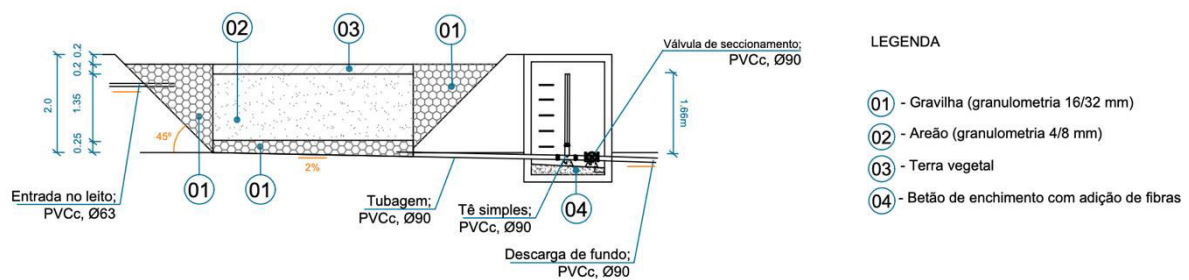


Figura 4.2. Corte AA' da instalação piloto proposta.

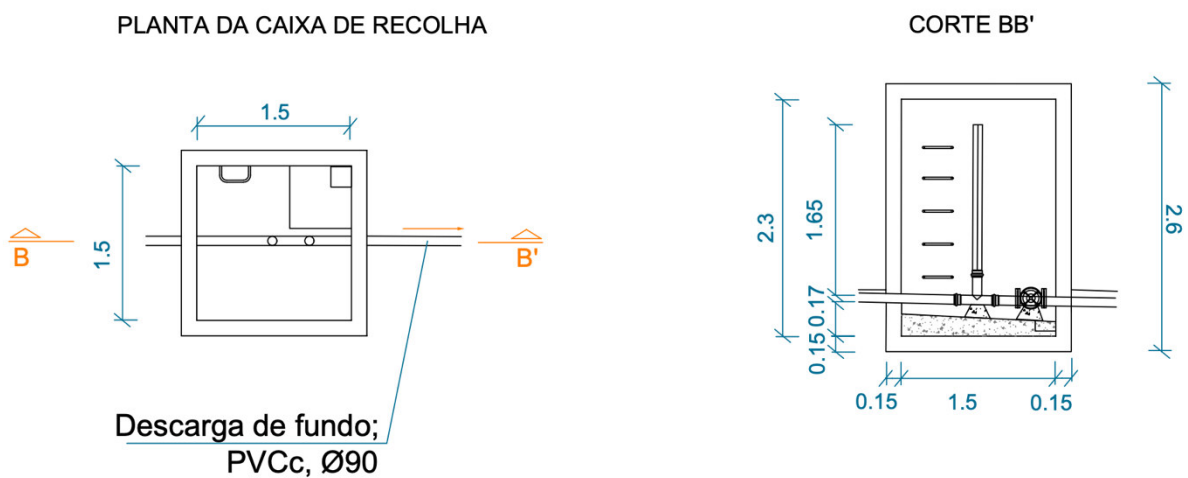


Figura 4.3. Planta e Corte BB' da caixa de recolha.

Relativamente à vegetação dos leitos, optou-se por uma plantação de espécies vegetais em dois estratos: um estrato arbóreo e um estrato herbáceo, pois deste modo potencia-se a evapotranspiração durante o ano inteiro. Acresce que as espécies arbóreas ripícolas disponíveis

no mercado têm todas folha caduca, assim a implementação do estrato herbáceo garante a evapotranspiração na estação fria.

A escolha das plantas teve em consideração as seguintes características das espécies vegetais:

- Adaptabilidade a ambientes encharcados e a águas eutórficas de modo contínuo ou temporário;
- Serem plantas perenes (plantas que vivem três anos ou mais);
- Apresentarem um sistema radicular volumoso e extenso;
- Possuírem capacidade para depuração da água e eliminação dos microrganismos do afluente;
- Terem capacidade de evapotranspirar, todas as espécies escolhidas têm uma taxa de crescimento rápido quer da parte aérea, quer da parte subterrânea e grande densidade foliar;
- Serem muito resistentes mecanicamente ao vento;
- Crescerem em pH entre os 5 e os 8,5;
- Serem preferencialmente espécies autóctones de Portugal Continental e de preferência da região;
- Criarem no estrato arbóreo-arbustivo matagais densos (*Salix atrocinerea*) ou que crescerem a grande altura (*Populus nigra*);
- Longevidade média ou grande;
- Criar associações de árvore ou grande arbusto caduco com herbácea perene para garantir que existe evapotranspiração na época em que as árvores estão sem folhas;
- Disponibilidade em viveiro em outubro de 2024;
- Não estarem classificadas como plantas invasoras segundo o Decreto-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho;
- Terem baixa suscetibilidade à incidência de pragas e doenças;
- Serem fáceis de podar e de eliminar;
- Resiliência a adaptação às alterações climáticas.

Tendo isto em conta, para a Unidade Piloto 01 e 03 escolheu-se a espécie *Salix atrocinerea* (borranzeira-preta) para o estrato arbóreo e *Juncus acutus* em conjugação com *Typha latifolia* (tábua-larga) para o estrato herbáceo. Estas espécies encontram-se representadas nas Figuras 3.1 a 3.3.



Figura 4.4. *Salix atrocinerea*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.



Figura 4.5. *Juncus acutus*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora on.



Figura 4.6. *Typha latifolia*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte Flora-on.

Para a Unidade Piloto número dois (02) escolheu-se o *Populus nigra* (choupo-negro) para o estrato arbóreo e *Phragmites australis* (caniço) para o estrato herbáceo, ilustradas nas Figuras 3.4 e 3.5.



Figura 4.7. *Populus nigra*, utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte Flora-on.



Figura 4.8. *Phragmites australis*, utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte: Flora on.

No Quadro 4.1 encontra-se um resumo das características principais das espécies vegetais escolhidas.

Quadro 4.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.

Nome científico	Nome comum	Regime de folhagem	Altura (m)	Diâmetro (m)	Taxa de crescimento	Longevidade	Resistência ao vento	pH
Estrato herbáceo								
<i>Juncus acutus</i>	junco-agudo	perene	0.7-1.9	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Phragmites australis</i>	caniço	perene	1.2-2	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Typha latifolia</i>	tábua-larga	perene	1-3	-	rápido	perene	muito grande	-
Estrato arbóreo								
<i>Populus nigra</i>	choupo-negro	caduca	20-30	2-4	rápido	grande	muito grande	5-8.5
<i>Salix atrocinerea</i>	borrazeira-negra	caduca	5-6	2-4	rápido	75 anos	muito grande	5-8.5

Nas Unidades Piloto 01 e 03, o estrato arbóreo foi idêntico, representado pela espécie *Salix atrocinerea*, que foi transplantado em linhas e colunas com um espaçamento de aproximadamente 1.0 m. Quanto ao estrato herbáceo, foram transplantadas 15 unidades de *Juncus acutus* e 15 unidades de *Typha latifolia* por metro quadrado, totalizando 240 unidades de cada espécie. Esta configuração está representada na Figura 4.9.

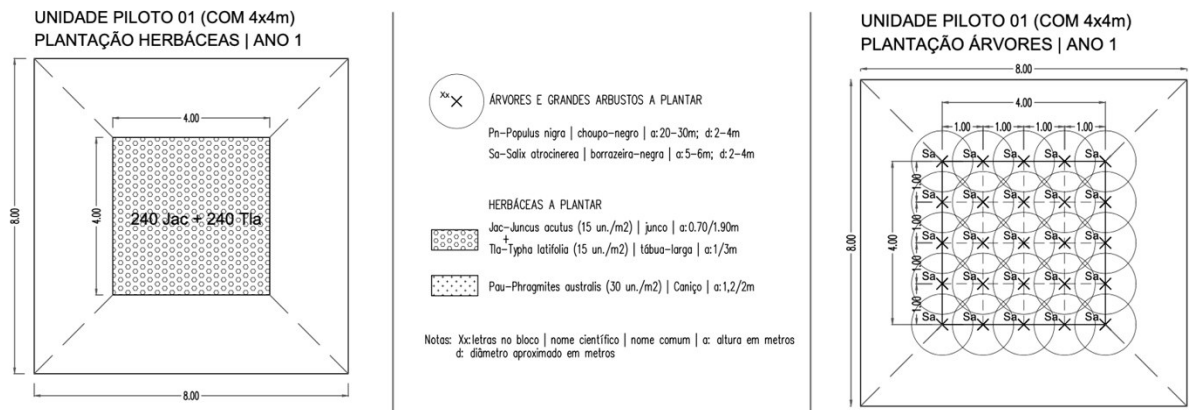


Figura 4.9. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.

Relativamente à Unidade Piloto 02, aplicou-se o mesmo princípio de transplante do estrato arbóreo, utilizando a espécie *Populus nigra*, disposta em linhas e colunas com espaçamento aproximado de 1,0 m. Para o estrato herbáceo, transplantaram-se 30 unidades de *Phragmites australis* por metro quadrado, perfazendo um total de 480 unidades no leito. Esta configuração encontra-se representada na Figura 4.10.

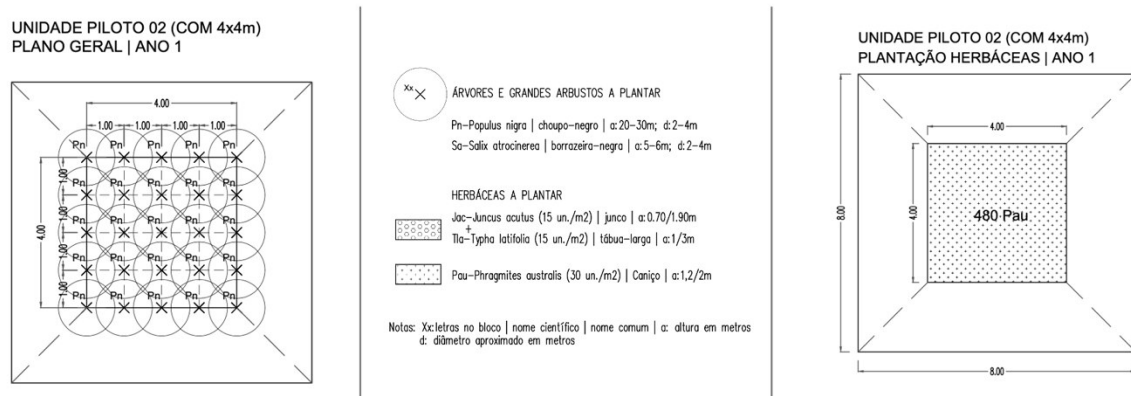


Figura 4.10. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.

A solução escolhida terá como primeiro objetivo a retenção e transpiração máxima do afluente nos leitos de macrófitas, e como objetivos secundários a maior longevidade possível das plantas, a promoção da biodiversidade e do sequestro de CO₂ e a possibilidade de se multiplicar estas Unidades Piloto para a criação de um futuro Parque Urbano.

Na Figura 4.11, é possível observar fotografias dos dois primeiros leitos, cerca de 6 meses após a sua construção. A Figura 4.12 ilustra o processo de construção do terceiro leito e o leito já concluído, que, ao contrário dos anteriores, incorpora um geotêxtil e uma geomembrana de 2 mm como componentes do seu sistema.



Figura 4.11. Vista comparativa dos Leitos 01 (esquerda) e 02 (direita), com vegetação estabelecida (maio de 2025).



Figura 4.12. Processo de construção do Leito 03 (à esquerda) e Leito 03 concluído (à direita) (maio de 2025).

5. MONITORIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES PILOTO E DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A monitorização da instalação piloto está organizada em três fases, definidas pelo tipo de água utilizada. Nos primeiros meses, utilizou-se água proveniente do furo da ETAR de Alcanena e posteriormente, procedeu-se ao enchimento com uma mistura aproximada de 50% de água do furo e 50% de água residual, e por fim só água residual.

A partir de maio/junho de 2025, sugeriu-se a utilização exclusiva de água residual, apenas para os Leitos 01 e 02, já que o Leito 03 apenas entrou em operação mais tarde, na segunda quinzena de maio. Previu-se a medição dos excedentes e a análise de parâmetros de qualidade da água, tais como CQO, CBO₅, nitrogénio (N), fósforo (P) e *E. coli*. Estas análises, assim como a medição dos caudais, serão realizadas, em princípio, no laboratório da AQUANENA, a partir de agosto ou setembro de 2025, no que respeita aos excedentes. Por outro lado, convém monitorizar a evolução dos parâmetros de qualidade da água do aquífero local.

Desde o início da operação tem-se analisado e registado a quantidade de enchimento, assim como o nível da água no leito, ao longo do tempo. Esta monitorização detalhada permite estudar o comportamento hidráulico do sistema, bem como compreender as variações no nível de água em resposta às diferentes condições operacionais e climáticas.

Complementarmente, procedeu-se à monitorização de variáveis climáticas, nomeadamente precipitação, temperatura, radiação, e velocidade do vento, recorrendo a uma estação meteorológica (Figura 5.1). Os dados registam-se no período compreendido entre 12 de fevereiro e 16 de abril de 2025. Nas figuras abaixo apresentam-se os respetivos resultados.



Figura 5.1. Estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

Começando pela temperatura média (Figura 5.2), observa-se uma tendência clara de aumento a partir de meados de março, refletindo a transição do inverno para a primavera. Até ao final de fevereiro ou início de março de 2025, os valores médios situam-se entre aproximadamente 4 °C e 17 °C, com variações diárias acentuadas. A partir desse ponto, as temperaturas começam a subir de forma mais consistente, atingindo picos próximos dos 27 °C no final de março e início de abril. Após esse máximo, regista-se uma descida gradual até meados de abril. No conjunto do período analisado, as temperaturas variaram entre cerca de 1 °C e 28 °C.

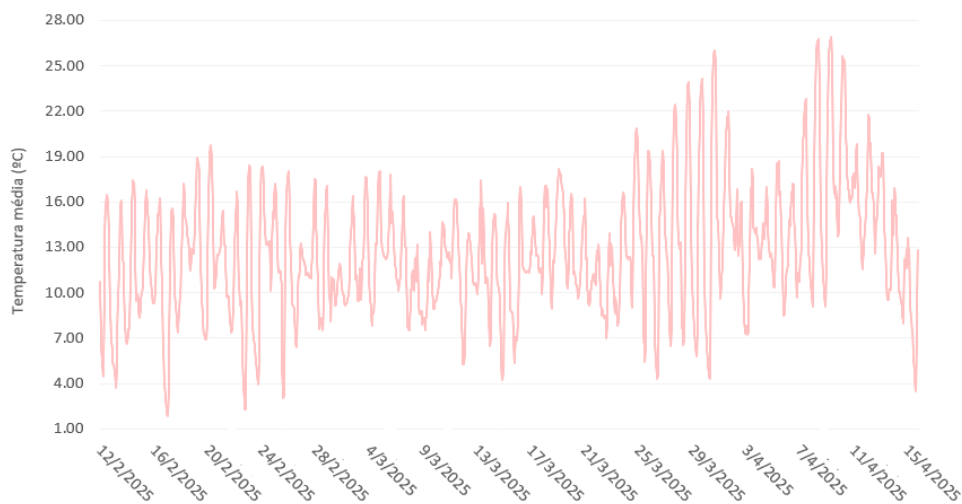


Figura 5.2. Evolução da temperatura média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

O gráfico da radiação média (Figura 5.3) mostra uma evolução clara ao longo do tempo, com valores que variam entre 0 e cerca de 840 W/m². Observa-se um padrão diário bem definido, com picos marcados que refletem os períodos de luz solar durante o dia e valores próximos de zero à noite. No início do período analisado, entre dezembro e janeiro, os picos de radiação são menos frequentes e de menor intensidade, o que é compatível com o inverno, estação caracterizada por dias mais curtos e menor exposição solar. A partir de meados de fevereiro, verifica-se um aumento progressivo na intensidade e frequência dos picos de radiação. Este aumento torna-se particularmente evidente em março e início de abril, com valores frequentemente superiores a 700–800 W/m².

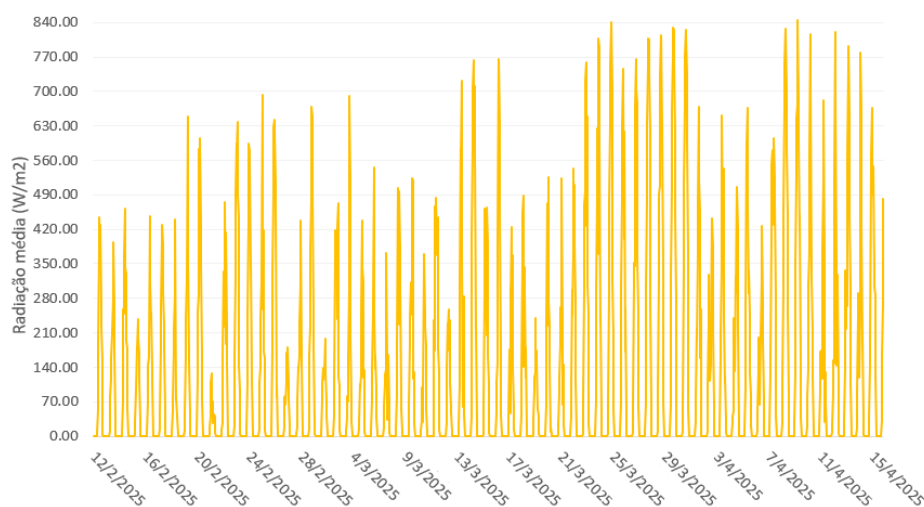


Figura 5.3. Evolução da radiação média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

Relativamente à velocidade do vento (Figura 5.4), os valores registados variam entre aproximadamente 0.3 m/s e 4.5 m/s ao longo do período analisado. A partir de meados de março, observa-se uma tendência de aumento nas velocidades médias, atingindo picos mais frequentes e intensos. Esta fase de maior intensidade prolonga-se até ao final de março, seguindo-se uma redução evidente dos valores no início de abril. Esta variação poderá estar associada à mudança sazonal e à maior instabilidade atmosférica típica da transição do inverno para a primavera.

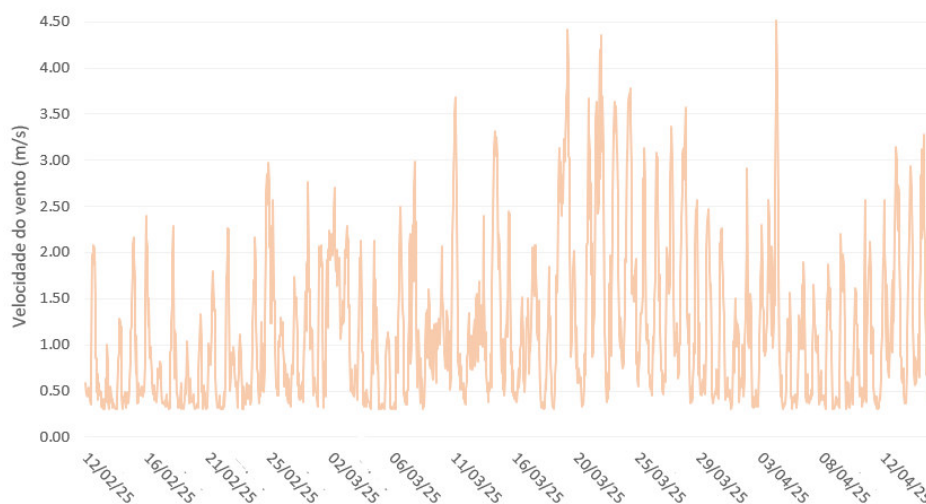


Figura 5.4. Evolução da velocidade média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

Relativamente à precipitação (Figura 5.5), o período compreendido entre 12 de fevereiro e 16 de abril caracteriza-se por uma distribuição irregular dos eventos de chuva, com valores variando entre 0 e 18 mm por dia. Observam-se episódios esporádicos de precipitação, com intensidade variável, sendo que os maiores acumulados se concentram sobretudo entre meados de fevereiro e o final de março. Este padrão é consistente com a transição do inverno para a primavera, período habitualmente marcado por maior instabilidade atmosférica. A partir de início de abril de

2025, nota-se uma redução clara na ocorrência de precipitação, indicando o início de uma fase mais seca e estável, em linha com o aumento da radiação solar e da temperatura registados nesse período.

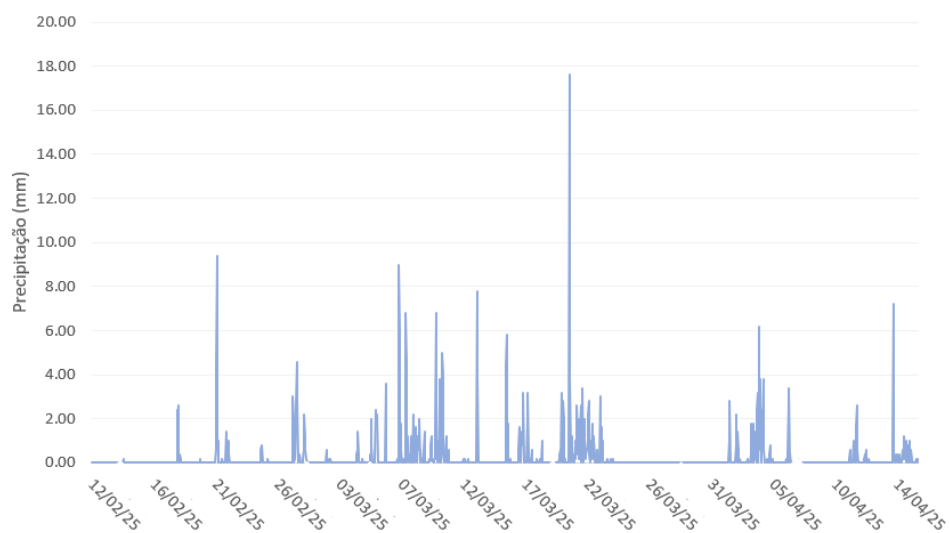


Figura 5.5. Evolução da precipitação registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

6. RESULTADOS DE BALANÇOS HÍDRICOS

O balanço de massa em leitos de macrófitas consiste na quantificação precisa das entradas, saídas e transformações de massa, neste caso de água, no sistema. Este balanço é essencial para compreender o funcionamento do sistema e identificar eventuais perdas ou acumulação de substâncias, contribuindo para a otimização do dimensionamento e operação dos leitos, bem como para a sustentabilidade ambiental do sistema.

Os principais elementos considerados num balanço de massa típico para um leito de macrófitas incluem:

- **Caudal de entrada (afluente):** Corresponde ao volume de água introduzido no sistema durante os ciclos de enchimento, representando a principal fonte de entrada hídrica no leito.
- **Caudal de saída (efluente):** Corresponde ao volume de água que sai do leito após o processo de tratamento.
- **Precipitação:** Refere-se à contribuição adicional de água proveniente da chuva.
- **Infiltração:** Representa as perdas de água para o subsolo, que ocorrem quando o sistema não está totalmente impermeabilizado.
- **Evapotranspiração:** Engloba tanto a evaporação direta da superfície do leito como a transpiração das plantas.
- **Acumulação:** Refere-se à variação de volume armazenado no interior do leito ao longo do tempo, podendo estar associada à retenção temporária de água no meio poroso.

Tendo em conta que este sistema não inclui saída de efluente, o balanço de massa hidráulico deste sistema pode ser representado pela expressão 1 (Wallace e Knight, 2006). A Figura 6.1 ilustra este balanço de forma esquemática, representando as principais entradas, saídas e variações no sistema.

$$Q_{in} + P = ET + I + \Delta S \quad (1)$$

Sendo,

Q_{in} : Caudal de entrada (afluente) por enchimento do leito;

P : Precipitação incidente sobre o leito;

ET : Perdas por evapotranspiração;

I : Perdas por infiltração;

ΔS : Variação de volume armazenado no interior do leito.

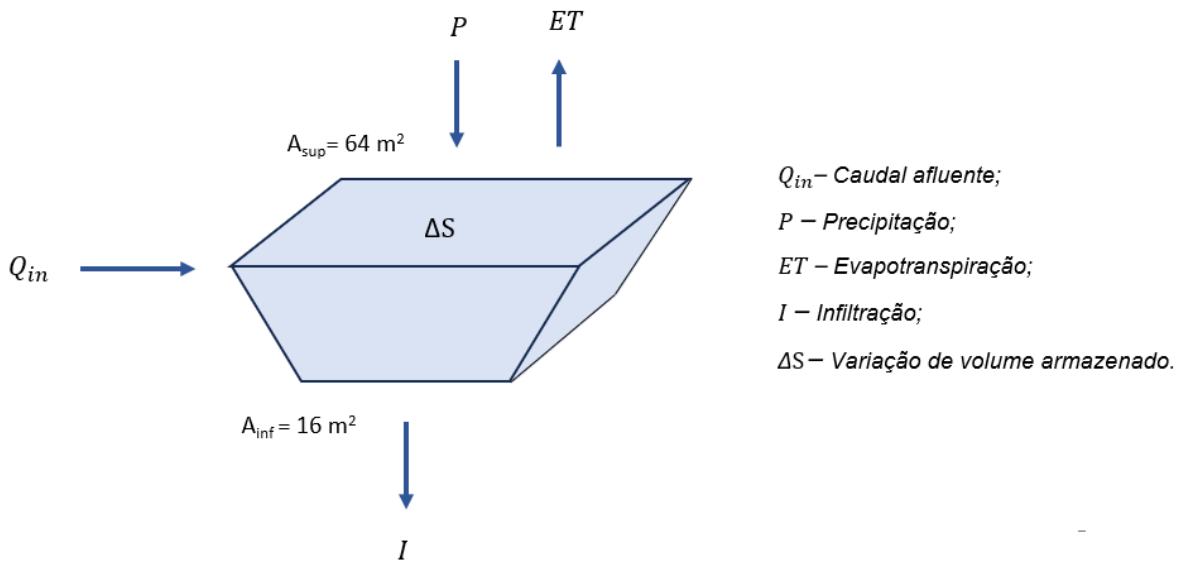


Figura 6.1. Esquema representativo do balanço hidrológico aplicado ao leito de macrófitas em estudo.

De forma a possibilitar o cálculo do balanço hídrico disponível em cada leito, foram analisados os dados de monitorização das unidades piloto 01 e 02, conforme ilustrado na Figura 6.2 e Figura 6.3, referentes respetivamente ao Leito 01 e Leito 02, em termos de evolução das entradas de água (enchimento) e de nível de água nos leitos. Os gráficos apresentam três variáveis principais: o nível de água no leito, o volume de enchimento e a precipitação. Estas variáveis mostram como o nível de água varia ao longo do tempo em resposta à precipitação e ao enchimento. A partir desses dados, é possível calcular o volume de água perdido, que corresponde, não havendo excedentes, à soma da infiltração e da evapotranspiração.

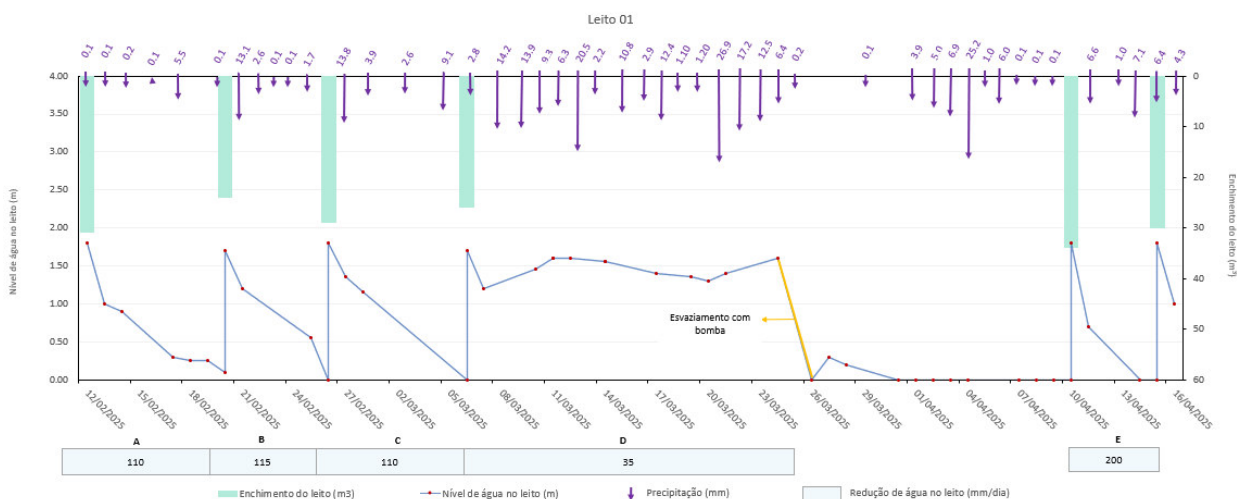


Figura 6.2. Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo.

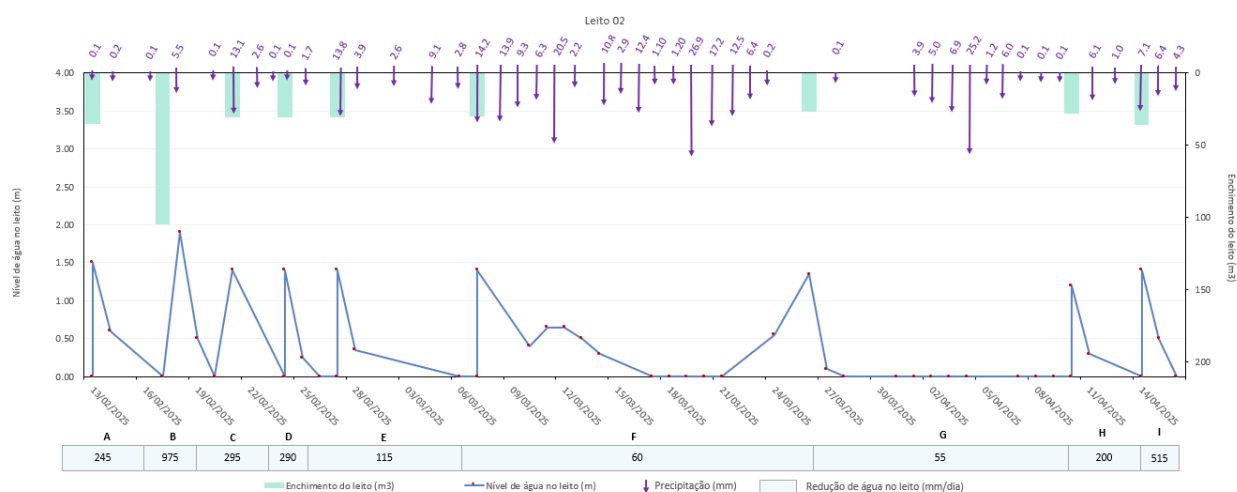


Figura 6.3. Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo.

Para o balanço hídrico, cada gráfico foi dividido em diferentes períodos, que vão desde o momento do enchimento até imediatamente antes do enchimento seguinte. Esses períodos foram identificados com letras de A a F para o Leito 01 e de A a I para o Leito 02. Com base na expressão (01), calculou-se a perda de água no sistema, definida como o volume resultante da soma dos volumes de enchimento e da precipitação, subtraindo o volume de água acumulada no leito. A título de exemplo, os resultados correspondentes ao período A do Leito 01 e ao período A do Leito 02 encontram-se apresentados no Quadro 6.1.

Quadro 6.1. Cálculo da saída de água do sistema para os Períodos A do Leito 01 e 02.

Leito 01 - Período A			Leito 02 - Período A		
Parâmetro	Unidade	Valor	Parâmetro	Unidade	Valor
Duração	dias	8	Duração	dias	4
Enchimento	m ³	31	Enchimento	m ³	35
Excedente	m ³	0.5	Excedente	m ³	0
Precipitação	mm	6.10	Precipitação	mm	0.40
Saída de água do sistema	m ³	30.89	Saída de água do sistema	m ³	35.03
Saída de água do sistema	mm/dia	107.24	Saída de água do sistema	mm/dia	243.23

Relativamente ao Leito 01, verificou-se que os enchimentos ocorrem em intervalos regulares, com volumes que variam entre aproximadamente 25 e 35 m³ por ciclo. Em todos os períodos analisados (A a E), exceto no período D, observou-se uma redução acentuada do nível de água no leito com esvaziamento total, geralmente entre 5 a 8 dias, indicando perdas médias de 125 mm/dia. No período D, o nível de água manteve-se relativamente elevado e estável ao longo do tempo, com uma perda mais reduzida, da ordem dos 35 mm/dia. Este comportamento atípico é explicado pela elevada precipitação registada nesse intervalo, o que motivou uma intervenção final com esvaziamento forçado através de bomba.

O Leito 02, que apresenta um número superior de ciclos (A a I), evidencia volumes de enchimento semelhantes aos do Leito 01, com exceção do período B, em que a válvula de entrada de água permaneceu aberta involuntariamente durante a noite. De forma geral, o leito apresenta um comportamento hidráulico semelhante ao do Leito 01, caracterizado por uma descida rápida do

nível da água após cada enchimento, com a quase totalidade do volume a desaparecer em poucos dias — frequentemente entre 2 e 8 dias. Esta dinâmica correspondeu a perdas de água bastante elevadas, com um valor médio de 300 mm/dia nos períodos A, B, C, D, E, H e I. À semelhança do Leito 01, também aqui se identificou um comportamento fora do padrão no período F, registando-se uma perda de cerca de 60 mm/dia. Tal comportamento é associado à elevada precipitação verificada nesse período.

Tendo em conta que se trata de um sistema de leitos de macrófitas por evapotranspiração, seria expectável que a água permanecesse no sistema por mais tempo, sendo gradualmente controlada e enviada para a atmosfera, se não tivesse lugar infiltração. No entanto, os dados evidenciam que a água desaparece sistematicamente poucos dias após o enchimento. A velocidade de descida do nível de água e a ausência de escoamento superficial ou de exedentes sugerem que a maior parte do volume está a infiltrar-se diretamente no solo, apesar de ele ser relativamente impermeável (sites e argilas).

A evapotranspiração é um processo lento, dependente do clima, do tipo de vegetação e da exposição solar. Mesmo em condições de elevada temperatura, os valores típicos de evapotranspiração situam-se entre 4 a 12 mm por dia, muitos inferiores às perdas observadas nos gráficos. Além disso, o período em análise (fevereiro a março de 2025) corresponde a meses frios e húmidos em Portugal, em que a evaporação é naturalmente mais baixa. Por outro lado, a vegetação ainda se encontrava numa fase inicial de crescimento, com previsivelmente muito baixa atividade de transpiração.

Deste modo, a evapotranspiração não foi a principal causa da descida acentuada do nível da água, a qual é atribuída à infiltração direta no solo devido à ausência de barreira 100% impermeável. Ou seja, trata-se de um sistema de infiltração lenta, em terreno plantado, a funcionar em carga, ou seja, com altura de água significativa (até 1,8 m de carga, logo após o enchimento)

Essa foi a principal razão para a construção da 3.ª unidade piloto, em operação desde a segunda quinzena de maio de 2025, totalmente impermeabilizada, e com uma plantação semelhante à da 1.ª bacia, com dimensões relativamente mais reduzidas. Esta unidade servirá para avaliar de forma mais adequada o comportamento do sistema, especialmente em termos de evapotranspiração.

Com os dados disponíveis, tudo leva a crer que a redução da água nos dois leitos seja, nesta 1ª fase de crescimento da cultura arbórea, devido essencialmente a mecanismos de infiltração

7. OPÇÕES DE BASE NATURAL PARA O CONTROLO DO EFLUENTE DA ETAR

Extrapolando para a escala real, tendo em conta o caudal de descarga da ETAR de 5 600 m³/dia, e aplicando um fator de segurança de 2, a área necessária, em face dos resultados das taxas de infiltração, é inferior a 5 hectares.

Com base na bibliografia, e se não se tivesse em conta a infiltração lenta, a área necessária para assegurar uma descarga nula poderia situar-se em cerca de 20 hectares. A eficácia do sistema dependerá fortemente do equilíbrio na distribuição de caudais pelas diferentes unidades de leitos, ainda a definir com base nos resultados das unidades piloto. Para essa distribuição ser equilibrada, requer-se, em princípio, um reservatório de equilíbrio, uma rede de distribuição sob pressão e válvulas de controlo de caudal monitorizadas e temporizadas à entrada de cada unidade.

A ocorrerem “excedentes” do sistema, em tempo húmido, o que será expectável, será praticamente isento de SST e poderá cumprir, eventualmente, os requisitos microbiológicos.

Em todo o caso, existem por enquanto dúvidas em relação a outros parâmetros, nomeadamente no que respeita ao CQO refratário ou inerte, ainda a esclarecer com os resultados das unidades piloto, sendo que se poderá prever, eventualmente, uma reserva de água a jusante. Essa reserva de água serviria como volante de regularização e área adicional de evaporação e para proporcionar condições a recirculação da massa líquida para a cabeça da ETAR ou ao início do sistema de *wetlands*.

O facto da área de *wetlands* ter lugar numa zona REN, “que pertence ao rio” merecerá naturalmente discussão com a APA- A ocupação do leito maior da ribeira do Carvalho com essas espécies depuradoras terá de ser aceite pela Entidade Licenciadora, nomeadamente pela APA e pela CCDR.

De notar, ainda, que para a solução ser credível, requer-se que os estudos de campo tenham lugar ao longo de períodos prolongados de tempo, para garantir o crescimento das árvores que otimizam a transpiração. O ideal seria 2 anos de ensaios, embora se possam tirar conclusões mais cedo.

Em face da componentes de investigação deste tipo de trabalho, e para aumentar a sua escala, poderia ser interessante a candidatura a um programa de investigação da União Europeia, por exemplo a um projeto LIFE

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente documento apresentam-se os “*Balanços Hidrológicos preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena*”, refletindo o compromisso da Aquanena em controlar a descarga do efluente tratado na Ribeira do Carvalho, e em condições de cumprimento sustentado da respetiva licença.

A ETAR de Alcanena trata predominantemente efluentes industriais, sobretudo provenientes da indústria de curtumes, caracterizados por elevadas cargas poluentes e baixa biodegradabilidade. Apesar das melhorias implementadas desde 2019, os parâmetros legais de descarga, nomeadamente CQO, SST, *Escherichia coli* e nutrientes, continuam a não ser cumpridos. Nesse contexto, a estratégia adotada recorre a soluções de base natural, como os sistemas de leitos de macrófitas tipo Willows, inspirados em modelos consolidados noutros locais do Mundo, visando a descarga zero.

Para validar esta abordagem, foram construídas inicialmente duas unidades piloto, que entraram em operação em dezembro de 2024, e uma terceira unidade, em funcionamento desde a segunda quinzena de maio de 2025. Estas unidades apresentam diferentes espécies vegetais (por exemplo *Salix*, *Populus*, *Phragmites*, *Typha* e *Juncus*) e estão a ser monitorizadas ao longo do tempo, para efeito de balanços hídricos. As medições incluem o nível de água nos leitos. Paralelamente, estão a ser analisados parâmetros ambientais relevantes, como precipitação, temperatura, radiação solar e velocidade do vento.

Assumindo a contribuição da componente de infiltração (infiltração lenta, em carga) , e em face dos resultados médios obtidos até ao momento nas unidades piloto, superiores a 200 mm/dia, a área de implantação dos leitos pode eventualmente reduzir-se significativamente (até 5 ha de área total), ou seja, muito inferiores às áreas exigíveis caso a perda de água dependesse exclusivamente da evapotranspiração.

O facto de se prever a instalação dos leitos de macrófitas (LM) em Zona REN, e que pertencerá ao rio (no que respeita ao seu leito maior) , apela a que as intervenções de construção devam ter uma expressão mínima, sendo nesse contexto de evitar a impermeabilização das unidades de LM com geomembrana.

Lisboa, 27 de maio de 2025

ANEXO 3

ENSAIOS TRANSMITÂNCIA - ETAR de Alcanena

Emitido por : MT/MP/LG

Data : 21/03/2025

Ed / Ver : 01 / 00

Arquivo : Lab Doc 2019

Mês: Março/Abril/Maio/Junho

Ano: 2025

Dia	Amostra 1	Caudal 1	Transmitância 1	Amostra 2	Caudal 2	Transmitância 2	Amostra 3	Caudal 3	Transmitância 3	Observações
	Horas	instantaneo		Horas	instantaneo		Horas	instantaneo		
24/mar	10:20		38,3	12:08	517	39,3	16:05	520	38,9	
25/mar	08:35	611	31,5	12:08	600	29,5	16:57	525	27,6	
26/mar	09:15	565	21,6	13:33	459	17,5	16:30	575	17,4	
27/mar	08:50	365	10,6	13:32	496	10,9	16:55	437	11,7	
28/mar	10:24	442	10,7	14:30	455	10,1	16:41	462	10,2	
29/mar	08:30	632	10,2	12:40	370	8,6	15:50	375	8,1	
30/mar	08:30	305	8,9	13:00	440	9,4	16:00	200	9,5	
31/mar	09:36	368	12,0	13:49	381	15,2	16:49	378	12,3	
01/abr	08:54	327	12,0	14:37	367	12,7	16:46	388	9,7	
02/abr	07:53	240	5,0	14:01	396	4,1	15:36	461	3,8	
03/abr	08:24	418	3,2	14:17	425	2,0	16:58	451	1,8	
04/abr	08:48	469	2,0	14:25	567	1,8	15:45	558	1,8	
07/abr	08:46	380	14,9	12:10	421	15,4	16:22	449	17,5	
08/abr	08:40	419	15,7	13:26	432	18,4	15:38	453	16,6	
09/abr	09:27	466	15,6	13:18	442	13,7	15:07	419	12,4	
10/abr	08:52	378	12,1	13:41	328	8,7	15:32	421	9,4	
11/abr	09:14	425	7,0	14:41	450	6,0				
12/abr	08:30	357	5,8	12:30	279	5,6	16:00	321	5,5	
13/abr	08:51	181	6,7	12:18	290	7,1	15:40	243	7,3	
14/abr	08:41	406	7,7	13:41	454	8,6	16:14	325	7,9	
15/abr	09:25	270	15,8	14:20	439	11,0	16:35	433	10,2	
16/abr	08:23	402	8,6	12:14	427	9,4	16:44	440	8,3	
17/abr	07:39	369	13,3	13:46	493	10,3				
18/abr	08:10	310	9,1	12:00	420	8,7	16:00	450	8,6	
19/abr	07:50	228	10,6	12:10	385	10,4	15:50	395	11,7	
20/abr	08:00	362	14,9	11:50	477	17,4	15:55	455	18,3	
21/abr	08:31	262	25,2	12:00	375	23,2	16:05	453	26,7	
22/abr	08:56	360	27,9	14:10	449	28,4				
23/abr	08:24	439	24,3	13:41	458	22,2				
24/abr	08:55	412	35,8	12:12	483	12,7	16:15	476	12,4	
25/abr	08:30		27,4	12:00		22,5	15:30		10,7	
26/abr	08:30		31,4	12:00		31	15:30		30,7	
27/abr	08:30		27,1							
28/abr	08:40	287	28,9							
29/abr	08:54	281	22,6	14:40	364	21,4	16:46	380	21,0	
30/abr	08:18	350	30,5	16:46	289	29,7				
01/mai	08:05	189	28,7	11:45	264	26,4	20:00	142	27,1	
02/mai	08:14	285	27,2	12:21	402	27,3	20:00	142	27,4	
03/mai	08:05	181	17,8	11:40	330	18,0	20:00	-	18,7	
04/mai	08:00	295	25,3	12:10	310	27,4	20:00	330	26,9	
05/mai	08:51	300	31,0	13:22	386	30,4	20:00	360	31,3	
06/mai	08:19	361	18,7	13:31	348	20,7	20:00	333	19,1	
07/mai	13:04	402	19,5	20:00	359	19,1	20:00	359	17,3	
08/mai	08:25	361	31,0	15:36	385	30,5	20:22	315	10,3	
09/mai	08:52	242	7,7	14:34	374	6,8	19:50	371	6,6	
10/mai				12:50	300	5,8				
11/mai							19:47	295	6,4	

12/mai	08:38	218	7,3	12:19	157	8,0	20:00	389	8,0	
13/mai	11:30	380	7,7	14:15	262	8,0	20:00	330	8,7	
14/mai	08:47	190	6,4	12:16	212	6,4	20:00	384	5,9	
15/mai	09:00	175	5,2	12:13	199	5,7	20:00		4,4	
16/mai	08:28	189	3,6	12:29	267	3,2	20:00	250	4,4	
17/mai	08:00	234	3,5	12:00	119	3,6	20:00	229	3,3	
18/mai	08:00	159	3,5	12:00	80	3,6	20:00	200	3,9	
19/mai	08:30	173	3,9	12:25	261	4,6	20:00	200	5,3	
20/mai	08:27	214	4,8	12:07	214	5,0	20:00	240	4,8	
21/mai	08:53	150	3,5	12:11	181	3,4	20:10	283	2,6	
22/mai	07:41	67	2,0	12:00	290	1,7	20:00	338	1,8	
23/mai	08:39	216	1,0	12:08	156	0,8	20:10	266	3,4	
24/mai	08:15	210	6,2	15:30	159	6,0	20:00	171	7,1	
25/mai	08:25	9	0,7	11:45	160	0,8	20:00	107	0,1	
26/mai	08:18	75	0,5	13:01	197	0,6	20:00	235	0,5	
27/mai	08:33	176	1,0	12:00	151	1,5	20:10	295	1,4	
28/mai	08:38	193	1,2	12:15	128	0,9	20:00	213	0,6	
29/mai	08:00	100	0,2	12:00	124	0,2	20:00	175	0,0	
30/mai	08:24	24	0,0	13:27	181	0,0	23:10	193	0,1	
31/mai	08:40	165	0,1	12:30	217	0,1	22:30	190	0,2	
01/jun	09:20	69	0,2	11:30	224	0,2	20:00	150	0,2	
02/jun	08:22	19	0,3	12:07	120	0,4	20:20	250	0,5	
03/jun	08:33	142	0,6	12:23	187	0,7	19:45	214	0,7	
04/jun	08:09	150	0,5	12:16	202	0,4	19:40	210	0,3	
05/jun	08:42	166	0,4							

ANEXO 4

AQUANENA – EMPRESA MUNICIPAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO, E.M., S.A.

Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena



RELATÓRIO FINAL

ABRIL 2026

RELATÓRIO

NOME:	Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena
REFERÊNCIA:	[HH2416]
TIPO:	Relatório final
CONFIDENCIALIDADE:	Não confidencial
CLIENTE:	AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.
DATA:	14 de abril de 2026

AUTORES:

- Beatriz Cunha (Eng.^a Ambiente)
- Guilherme Amoreira (Arquiteto)
- José Saldanha Matos (Eng.^o Civil, PhD)

REVISTO E APROVADO POR:

José Saldanha Matos

DISTRIBUIÇÃO: Aquanena – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.

VERSÃO: V02

Versão	Data	Responsável	Pontos Alterados
V01	20/03/2026	JSM	Criação do documento
V02	14/04/2026	JSM	Revisão geral do documento

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	10
2. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR	11
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
2.2 LICENÇA DE REJEIÇÃO	11
2.3 DIRETIVA (EU) 2024/3019 – NOVA DARU	11
3. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DE ALCANENA	15
3.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ETAR	15
3.2 ANÁLISE SUMÁRIA DO DESEMPENHO ANALÍTICO DA ETAR	18
4. ENQUADRAMENTO AMBIENTAL	23
4.1 MONITORIZAÇÃO ANALÍTICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	23
4.2 MONITORIZAÇÃO ANALÍTICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	27
5. PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO – SÍNTESE DE ESTADO DE ARTE	31
6. ATIVIDADES REALIZADAS	35
6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
6.2 CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PILOTO	35
6.3 SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DE VEGETAÇÃO	37
6.4 CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS UNIDADES PILOTO	41
6.5 ATIVIDADES DE DIVULGAÇÃO TÉCNICA E CAPACITAÇÃO	46
7. ESTIMATIVA TEÓRICA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COM ESTRATOS HERBÁCEOS E ARBÓREOS	49
7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
7.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA	50
7.3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CONDIÇÕES PADRÃO	53
7.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CONDIÇÕES NÃO PADRÃO	60
8. INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DAS TRÊS UNIDADES PILOTO	65
8.1 METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS	65
8.1.1 <i>Monitorização climática</i>	65
8.1.2 <i>Metodologia de análise dos balanços hídricos</i>	67
8.1.3 <i>Monitorização da qualidade da água</i>	70
8.2 RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL	71
8.2.1 <i>Resultados climáticos</i>	71
8.2.2 <i>Resultados de balanços hídricos</i>	75
8.2.3 <i>Resultados de qualidade da água</i>	82

9. SÍNTESE DE RESULTADOS E CONCLUSÕES PRELIMINARES	91
10. PRÓXIMAS ETAPAS	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos na Diretiva EU 2024/3019.....	14
Quadro 4.1. Nomenclatura e localização dos pontos de amostragem, de acordo com classificação do INAG e amostragem AQUANENA.....	23
Quadro 4.2. Nomenclatura dos pontos de amostragem das águas superficiais.	27
Quadro 6.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.	40
Quadro 7.1 - Valores de ET_0 médias (mm/dia) para diferentes regiões agroclimáticas. Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith (1998).....	51
Quadro 7.2 – Valores médios mensais da evapotranspiração de referência (ET_0) em Alcanena, estimada com recurso ao software CropWat, em 2025.	53
Quadro 7.3 - Coeficientes de cultura da fase de desenvolvimento (K_c mid) do ciclo cultural para diferentes grupos de vegetação herbáceas associados a zonas húmidas (FAO).....	56
Quadro 7.4 – Estimativa da evapotranspiração cultural (ET_c) herbácea, arbórea e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.....	58
Quadro 7.5 - Estimativa da evapotranspiração cultural (ET_c) herbácea, arbórea e total na Unidade Piloto 03, em 2025.....	59
Quadro 7.6 - Estimativa da evapotranspiração em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) herbácea, arbórea e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.	62
Quadro 7.7 - Estimativa da evapotranspiração em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) herbácea, arbórea e total na Unidade Piloto 03, em 2025.	63
Quadro 8.1 - Especificações da Estação Meteorológica WS-GP1.	66
Quadro 8.2 - Especificações da Estação Meteorológica WS-GP1 (continuação).	66
Quadro 8.3 – Dimensões e características da Unidade Piloto 01.....	75
Quadro 8.4 – Dimensões e características da Unidade Piloto 02.....	78
Quadro 8.5 – Dimensões e características da Unidade Piloto 03.....	81
Quadro 8.6 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 01.....	84
Quadro 8.7 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 02.....	87
Quadro 8.8 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 03.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fotografia aérea da ETAR de Alcanena. Fonte: <i>Google Earth</i>	15
Figura 3.2 - Fluxograma do sistema de tratamento da ETAR de Alcanena.	16

Figura 3.3 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; b) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.	18
Figura 3.4 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Calci; d) torres de absorção química.	18
Figura 3.5 - Evolução de SST, CQO e CBO ₅ no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE (jan. 23 – dez. 25).	21
Figura 3.6 - Evolução dos N total, P total, Nh ₄ ⁺ e <i>E.coli</i> no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE estival de 2027 (jan. 23 – dez. 25).	22
Figura 4.1. Localização no terreno dos pontos de recolha de águas subterrâneas.	24
Figura 4.2. Evolução mensal do pH das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.	24
Figura 4.3. Evolução mensal da temperatura das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.	25
Figura 4.4. Evolução mensal da condutividade das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.	25
Figura 4.5. Evolução semestral da concentração de Crómio VI nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre abril de 2022 e outubro de 2025.	26
Figura 4.6. Evolução semestral da concentração de nitratos nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre abril de 2022 e outubro de 2025.	26
Figura 4.7. Localização no terreno dos pontos de recolha das águas superficiais.	27
Figura 4.8. Evolução trimestral do pH das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.	28
Figura 4.9 - Evolução trimestral da temperatura das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.	28
Figura 4.10. Evolução trimestral da condutividade das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.	29
Figura 4.11. Evolução trimestral da concentração de Crómio VI nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.	29
Figura 4.12. Evolução trimestral da concentração de nitratos nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.	30
Figura 5.1 - Esquema de sistema por ET de salgueiros isolado (adaptado de Brix e Aris., 2011).	32
Figura 6.1. Planta das Unidades Piloto 01 e 02.	36
Figura 6.2. Corte AA' das Unidades Piloto 01 e 02.	36
Figura 6.3. Planta das Unidades Piloto 03.	37
Figura 6.4. Corte AA' da Unidade Piloto 03.	37
Figura 6.5. <i>Salix atrocinerea</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.	38
Figura 6.6. <i>Juncus acutus</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora on.	38
Figura 6.7. <i>Typha latifolia</i> , utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.	39
Figura 6.8. <i>Populus nigra</i> , utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte Flora-on.	39
Figura 6.9. <i>Phragmites australis</i> , utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte: Flora on.	39
Figura 6.10. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.	40

Figura 6.11. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.....	41
Figura 6.12 - Modelação tridimensional das unidades piloto.	41
Figura 6.13 - Processo de construção das Unidades Piloto 01 e 02 (dezembro de 2024).....	42
Figura 6.14 - Processo de construção da Unidade Piloto 03 (maio de 2025).	42
Figura 6.15 – Evolução temporal das Unidades Piloto 01 e 02.	44
Figura 6.16. Evolução temporal da Unidade Piloto 03.	45
Figura 6.17 - Exemplos de zonas húmidas construídas apresentadas por Joan Garcia: Besòs River Fluvial Park (Barcelona), Tancat de Milia (Valência) e Can Cabanyes Park (Granollers).	47
Figura 7.1 – Evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração da cultura em condições padrão (ET_c) e evapotranspiração da cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$). Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith (1998).....	50
Figura 7.2 – Valores da evapotranspiração de referência (ET_0) para o concelho de Alcanena, referentes ao dia 29 de julho de 2025, segundo dados do IPMA.	51
Figura 7.3 - Evolução diária da evapotranspiração de referência (ET_0) em Alcanena, estimada com recurso ao software CropWat, em 2025.....	53
Figura 7.4 - Curva do coeficiente cultural (K_c), representando as diferentes fases do ciclo da cultura....	54
Figura 7.5 - Valores típicos de K_c para diferentes culturas na fase média de desenvolvimento (mid). Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith, (1998).	55
Figura 7.6 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura do estrato herbáceo ($ET_{c\ herb}$) nas Unidades Piloto, calculada com recurso ao software CropWat, em 2025.	56
Figura 7.7 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições padrão (ET_c) dos estratos herbáceo, arbóreo e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.	60
Figura 7.8 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições padrão (ET_c) dos estratos herbáceo, arbóreo e total na Unidade Piloto 03, em 2025.....	60
Figura 7.9 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) dos estratos herbáceo, arbóreo e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.	63
Figura 7.10 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) dos estratos herbáceo, arbóreo e total na Unidade Piloto 03, em 2025.....	64
Figura 8.1. Estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.	65
Figura 8.2. Esquema representativo do balanço hídrico aplicado às unidades piloto em estudo.	69
Figura 8.3. Evolução da temperatura média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).	71
Figura 8.4. Evolução da radiação média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).	72
Figura 8.5 - Comparação dos dados de humidade relativa obtidos pela EMA e pelo SNIRH.....	73
Figura 8.6 - Evolução da humidade relativa média em Alcanena, com base em dados da estação meteorológica do SNIRH (12 fev 2025-26 jan 2026).	73
Figura 8.7. Evolução da velocidade média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).	74
Figura 8.8. Evolução da precipitação diária registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).	75
Figura 8.9 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo (12 fev 2025-1 ago 2025).	76

Figura 8.10 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo (1 ago 2025-3 mar 2026).	77
Figura 8.11 - Perdas médias sazonais estimadas para a Unidade Piloto 01, fundamentalmente por infiltração.	78
Figura 8.12 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo (24 fev 2025-1 ago 2025).	79
Figura 8.13 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo (1 ago 2025-3 mar 2026).	79
Figura 8.14 - Perdas médias sazonais estimadas para a Unidade Piloto 02, fundamentalmente por infiltração.	80
Figura 8.15 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 03 ao longo do tempo (25 jun 2025-3 mar 2026).	82
Figura 8.16 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 01.	85
Figura 8.17 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 02.	88
Figura 8.18 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 03.	90

Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a Jusante da Atual ETAR de Alcanena

RELATÓRIO FINAL

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento constitui o Relatório Final da prestação de serviços intitulada “Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a jusante da atual ETAR de Alcanena”, com Contrato celebrado entre a AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Alcanena, E.M., S.A., e a Sociedade HIDRA – Hidráulica e Ambiente, Lda., datado de 09 de setembro de 2024. Neste relatório, são resumidos os resultados obtidos com a exploração de três unidades piloto de pequena escala de plataformas de evapotranspiração, instaladas na ETAR de Alcanena. O relatório inclui, fundamentalmente, os resultados de balanços hidráulicos obtidos nessas unidades entre janeiro de 2025 e março de 2026.

O Contrato contempla, entre os seus principais objetivos, o fornecimento e a instalação de uma estação meteorológica para medição de variáveis climáticas, a elaboração de balanços hídricos das unidades piloto e a obtenção de conclusões relativas ao respetivo desempenho hidráulico e de qualidade de água, para diferentes condições climáticas, diferentes regimes de alimentação (caudais) e diferentes espécies arbóreas e herbáceas. Como produto deste contrato desenvolveu-se ainda o Estudo Prévio de uma instalação piloto de média escala, com cerca de 0,5 ha, de modo a representar de forma mais realista o comportamento de um protótipo de plataforma de evapotranspiração, que permita de forma fundamentada decidir a solução a escolher para afinação do efluente final da ETAR de Alcanena, assegurando o cumprimento da licença de descarga e das metas estabelecidas na nova Diretiva 2024/3019 de 27 de dezembro.

O presente relatório dá continuidade aos documentos anteriormente submetidos, “Especificações para Instalação e Monitorização de Instalação Piloto na ETAR de Alcanena - Solução de Descarga Zero”, de outubro de 2024, e “Balanços Hidrológicos Preliminares de Instalações Piloto na ETAR de Alcanena”, de maio de 2025, que incluíram a caracterização técnica das unidades piloto, nomeadamente as especificações construtivas e os processos de plantação, assim como uma análise preliminar dos balanços hídricos nos primeiros meses de funcionamento. Neste contexto, o objetivo deste relatório consiste em apresentar uma análise integrada dos resultados obtidos durante mais de um ano, ou seja, até março de 2026, com especial ênfase na redução de água por evapotranspiração.

Embora o contrato inicial tenha sido previsto para ter uma duração de 8 meses, ou seja, concluir-se em maio de 2025, as espécies arbóreas escolhidas, que ao contrário das espécies herbáceas, apresentam um crescimento mais lento, implicaram um período de investigação mais prolongado, até ao 1º trimestre de 2026, para se poderem obter resultados de pelo menos um ano de exploração das unidades piloto. Ou seja, a AQUANENA concluiu ser conveniente alargar o prazo do projeto, em articulação com a HIDRA, com o objetivo de garantir a monitorização de pelo menos um ano completo de funcionamento das Unidades Piloto 01 e 02, e cerca de oito meses de operação da Unidade Piloto 03, que entrou em funcionamento em pleno numa data posterior, em maio de 2025.

Adicionalmente, entendeu-se útil o desenvolvimento do Estudo Prévio de uma unidade piloto de média escala, de solução de base natural, submetido à AQUANENA em março de 2026.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento encontra-se estruturado em dez capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 apresenta o enquadramento regulamentar aplicável, incluindo os requisitos da licença de rejeição e os principais aspetos da nova Diretiva (EU) 2024/3019 de 27 de dezembro de 2024. O Capítulo 3 procede à caracterização da ETAR de Alcanena, incluindo uma descrição sumária da instalação e uma análise global do seu desempenho analítico. No Capítulo 4 é apresentado o enquadramento ambiental, com destaque para a monitorização analítica de águas subterrâneas e superficiais na zona.

No Capítulo 5 apresenta-se uma síntese do estado da arte relativo a plataformas de evapotranspiração enquanto solução baseada na natureza, contextualizando os princípios de funcionamento e as abordagens atuais. O Capítulo 6 descreve as atividades realizadas no âmbito deste projeto, abrangendo a conceção e dimensionamento das unidades piloto, a seleção e instalação da vegetação, a construção e evolução temporal do desempenho hidráulico das 3 unidades e as ações de divulgação técnica e capacitação.

No Capítulo 7 apresentam-se as estimativas de evapotranspiração, incluindo a determinação da evapotranspiração de referência e o cálculo da evapotranspiração em condições padrão e não padrão, a partir do Software *CropWat*. O Capítulo 8 constitui o núcleo experimental do trabalho, descrevendo a metodologia e os equipamentos utilizados, bem como os resultados obtidos relativos à monitorização climática, aos balanços hídricos e à qualidade da água. Por fim, o Capítulo 9 sintetiza os principais resultados e apresenta conclusões preliminares, enquanto o Capítulo 10 identifica as próximas etapas e perspetivas de desenvolvimento.

2. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No sentido de enquadrar a análise desenvolvida, apresenta-se de seguida o enquadramento regulamentar aplicável, incluindo os requisitos atualmente em vigor e as exigências futuras decorrentes da nova Diretiva Europeia (EU 2024/3019) relativa ao tratamento de águas residuais urbanas.

2.2 LICENÇA DE REJEIÇÃO

A descarga do efluente tratado pela ETAR de Alcanena encontra-se sujeita ao cumprimento das condições estabelecidas na respetiva licença de rejeição, emitida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Esta licença define os Valores Limite de Emissão (VLE) aplicáveis aos principais parâmetros de qualidade do efluente descarregado no meio recetor, constituindo o referencial regulamentar para a avaliação do desempenho da instalação.

Entre os parâmetros abrangidos pela licença incluem-se, designadamente, os sólidos suspensos totais (SST), a carência bioquímica de oxigénio em cinco dias (CBO_5), a carência química de oxigénio (CQO), o azoto total, o fósforo total e parâmetros microbiológicos, podendo os respetivos limites variar em função do período do ano, nomeadamente no período estival.

Os limites de descarga aplicáveis à ETAR de Alcanena encontram-se sistematizados no Anexo 1, sendo utilizados como referência na avaliação do desempenho apresentado nos capítulos seguintes.

2.3 DIRETIVA (EU) 2024/3019 – NOVA DARU

A Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU) estabelece o quadro regulamentar europeu aplicável ao tratamento e à descarga de águas residuais urbanas, definindo os requisitos mínimos a cumprir pelas estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Em 2024, esta Diretiva foi revista e atualizada através da Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho (DARU), introduzindo novas exigências técnicas e operacionais com impacto significativo na exploração das ETAR.

A DARU foi revista e atualizada para ter em conta os avanços tecnológicos, as mudanças nas prioridades ambientais e os desafios emergentes, e representa um passo significativo para garantir a gestão sustentável das águas residuais urbanas na União Europeia. Assim, a nova DARU inclui disposições que conduzirão a alterações significativas à prática atual, com maiores exigências de requisitos de descarga de efluentes de ETAR, com preocupações de recuperação de recursos do sistema (energia, materiais ou água), mas também com preocupações de redução da poluição por água pluvial urbana, veiculada por excedentes ou por escoamento de

superfície. Esta diretiva terá um grande impacto no setor da água, uma vez que inclui novas obrigações e exigências, sendo de realçar as seguintes:

- Monitorização das descargas de águas pluviais e da poluição das escorrências urbanas, através da implementação de planos de gestão integrada da água em cidades com um equivalente populacional (e.p.) igual ou superior a 100 000 e em aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarregam em zonas de risco, com uma carga poluente de referência não superior a 2% da carga de tempo seco (valor não vinculativo).
- Tratamento secundário em todas as aglomerações com um e.p. igual ou superior a 1 000 até 2035.
- Tratamento terciário em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 até 2039 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000, que descarreguem em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco (zonas sensíveis), até 2045.
- Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o fósforo: 90% ou 0,5 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 87,5% ou 0,7 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
- Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o azoto: 80% ou 8 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 80% ou 10 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
- Tratamento quaternário em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000 que efetuem descargas em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco, até 2045.
- Criação da responsabilidade alargada do produtor para medicamentos para uso humano e produtos cosméticos, para cobrir os custos do tratamento quaternário (pelo menos 80% dos custos serão cobertos pelos produtores, complementados por financiamento nacional), até 2045.
- Novas obrigações de monitorização centradas em vários parâmetros de saúde pública (como vírus conhecidos e agentes patogénicos emergentes), poluentes químicos, incluindo os chamados “químicos para sempre” (substâncias per e polifluoroalquilicas ou PFAS), microplásticos e resistência antimicrobiana.
- Objetivo de neutralidade energética para o setor das águas residuais urbanas de Portugal até 2045 para todas as ETAR com um e.p. igual ou superior a 10 000 (a energia pode ser produzida no local ou fora dele e até 35% da energia não fóssil pode ser adquirida a fontes externas em casos especiais justificados), com várias metas intercalares.

A nova Diretiva Europeia reforça a necessidade de desenvolvimento e aplicação de planos de gestão integrada das águas residuais urbanas (PIGARU) a nível local (para todas as bacias e aglomerados com um e.p. igual ou superior a 100 000, até 2033, e para as aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarreguem em zonas consideradas de risco). No Artigo 5º da nova DARU, pontos 1 e 2, listam-se os critérios para a preparação e implementação dos planos integrados de gestão de águas residuais urbanas, sendo que o Anexo V deste documento

enumera o conteúdo mínimo dos planos de gestão: devem incluir uma análise da situação inicial na zona de drenagem da ETAR, a definição de objetivos para a redução da poluição proveniente das descargas de águas pluviais e do escoamento urbano nessa zona e a identificação das medidas a tomar para atingir esses objetivos.

Algumas das medidas e abordagens a considerar podem incluir: i) soluções de controlo na origem, desviando caudais pluviais e impedindo a mistura com águas residuais; ii) interceção e desvio de caudais, através da implementação de dispositivos de regulação, como válvulas do tipo vórtice e válvulas do tipo flutuador; iii) reservatórios de regularização de caudais, “on line” ou “off line”, com ou sem pré-tratamento, aliados a sensores para monitorização e controlo que permitam, após o evento pluviométrico, a condução dos volumes armazenados à ETAR, para tratamento; iv) o tratamento de caudais pluviais, nomeadamente por sistemas físico-químicos ou de base natural.

O Art.º 21 da nova DARU introduz também obrigações em termos de monitorização, sendo que para todas os aglomerados ou regiões/bacias com um e.p. igual ou superior a 100 000, os Estados-Membros devem garantir que as autoridades competentes monitorizem a concentração e as cargas de poluentes de caudais excedentários descarregados para os meios recetores, sejam com origem em sistemas pluviais separativos, sejam de sistemas unitários ou pseudo-separativos. Monitorizar e estimar cargas poluentes de excedentes é, sem dúvida, relevante, dados os potenciais impactos nos meios recetores. Em Portugal, existem muitas entidades gestoras que desconhecem o número, local e funcionamento de todos os seus descarregadores, para onde descarregam e as suas características físicas. Em ERSAR (2023), no âmbito da 4.^a geração de indicadores, o indicador para as águas pluviais é “o grau de conhecimento infraestrutural”, o que revela o grau de incipiência do conhecimento nacional nesse domínio. Adicionalmente, as exigências de preparação e implementação de planos para a monitorização e controlo da poluição por excedentes devem resultar de estudos específicos e que possam suportar a decisão de implementação de medidas eficientes de controlo para se obterem os objetivos pretendidos. O objetivo de limitar a descarga de cargas poluentes de origem pluvial a 2% da carga total de tempo seco, referência da nova Diretiva, será muito difícil de concretizar.

No Quadro 2.1 apresentam-se, de forma resumida, os objetivos e metas da nova DARU.

Quadro 2.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos na Diretiva EU 2024/3019.

Objetivo ▼	Metas ▶	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2040/2045
Controlo de qualidade de excedentes ("overflows")	Monitorização em vigor.	2028: Identificação de zonas de risco, para 10 000 a 100 000.	2023: Planos integrados de gestão de AR para aglomerados > 100 000 ep (conteúdo definido)	2039: Planos integrados concretizados para aglomerados > 100 000 ep, (conteúdo definido)	2045: limite tendencial de 2% de carga poluente em TS na ETAR para todos os aglomerados > 10 000 ep (áreas de risco)
	Controlo 2% do total tempo seco (processos equivalentes) - objetivo não vinculativo				
Sistemas de tratamento individuais (STI) (< 1 000 ep, d > 10 a 25 ep/ha)	Inspecções regulares em todos os Estado Membro (EM) e apresentação de relatórios para EM com elevado n.º de STI	Entrada em vigor de legislação da UE para STI		-	-
Aglomerados de pequenas dimensões (1 000 a 2 000 ep)	Definição de novos valores de limite de descarga (tratamento secundário) para aglomerados populacionais com > 1 000 ep (sistemas centralizados)	2035: Aglomerados > 1 000 a 2 000 ep devem satisfazer os valores limite de descarga (com derrogações, para países, clima frio, e ultraperiféricas)		-	-
Tratamento secundário e Tratamento terciário - Controlo de nutrientes (azoto e fósforo)	2027: Identificação de zonas sensíveis (ZS) a eutrofização. ETAR > 10 000 ep em ZS: - N: 80% red. ou 10 mg/l - P: 87,5% red. ou 0,7 mg/l ETAR > 150 000 ep: - N: 80% red. ou 8 mg/l - P: 90% red. ou 0,5 mg/l	2033: 20 % das ETAR > 10 000 ep em ZS 30% das ETAR > 150 000	2036: 30% das ETAR > 10 000 ep em ZS 70% as ETAR > 150 000 ep 2039: 60% das ETAR > 10 000 ep em ZS 100% das ETAR > 150 000 ep		2045: Cumprimento a 100%, com derrogações
Controlo de Micropoluentes (farmacêuticos e cosméticos - Tratamento quaternário)	Implementação, com responsabilidade alargada do produtor (80% custos). 2030: Identificação de áreas de risco (AR)	2033: 10% das ETAR > 10 000 ep em AR 20% das ETAR > 150 000 ep		2039: 60% das ETAR > 10 000 em AR ou 150 000 ep	2045: 100% das ETAR > 10 000 ep em AR ou 150 000 ep
Neutralidade Energética	Implementação de auditorias energéticas para as ETAR e sistemas acima de 100 000 ep (2028) e de 10 000 ep (2032)	2030: 20% neutralidade 2035: 40% de neutralidade		2040: 70% de neutralidade	2045: 100% de neutralidade
Responsabilidade Alargada do Produtor	Princípio de Responsabilidade Alargada ao Produtor para cobertura de custos adicionais associados ao Tratamento Quaternário	-		-	-

3. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DE ALCANENA

3.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ETAR

O projeto de execução da ETAR de Alcanena teve lugar no final da década de 1970 e início da década de 1980. No entanto, a entrada em funcionamento da ETAR ocorreu apenas em fevereiro de 1988, sob gestão de uma empresa privada, a LUSÁGUA, S.A. Na Figura 3.1 apresenta-se uma fotografia aérea da ETAR de Alcanena.



Figura 3.1 - Fotografia aérea da ETAR de Alcanena. Fonte: Google Earth.

A ETAR de Alcanena recebe e trata as águas residuais urbanas e industriais de quase todo o concelho. A instalação encontra-se dimensionada para um caudal de 10 000 m³/dia, correspondente a uma carga orgânica equivalente de cerca de 400 000 habitantes. A ETAR admite um caudal de 200 000 m³/mês, sendo descarregados cerca de 170 000 m³/mês (5 600 m³/dia) de efluente tratado no meio recetor.

A massa líquida afluyente à ETAR apresenta uma forte componente industrial, evidenciada pela proporção entre os caudais afluentes doméstico e industrial, da ordem de 1:5. Esta característica reflete a natureza do tecido industrial local, predominantemente constituído por indústrias de curtumes, responsáveis pela produção de efluentes com cargas poluentes muito elevadas e de limitada biodegradabilidade, condicionando significativamente os processos de tratamento.

O efluente final tratado é descarregado na Ribeira do Carvalho, afluyente do rio Alviela, cujas nascentes são conhecidas por "Olhos de Água".

A ETAR ocupa uma área de 4 750 m² e integra um conjunto de operações e processos de tratamento associados às linhas líquida e sólida, os quais se encontram esquematizados na Figura 3.2.

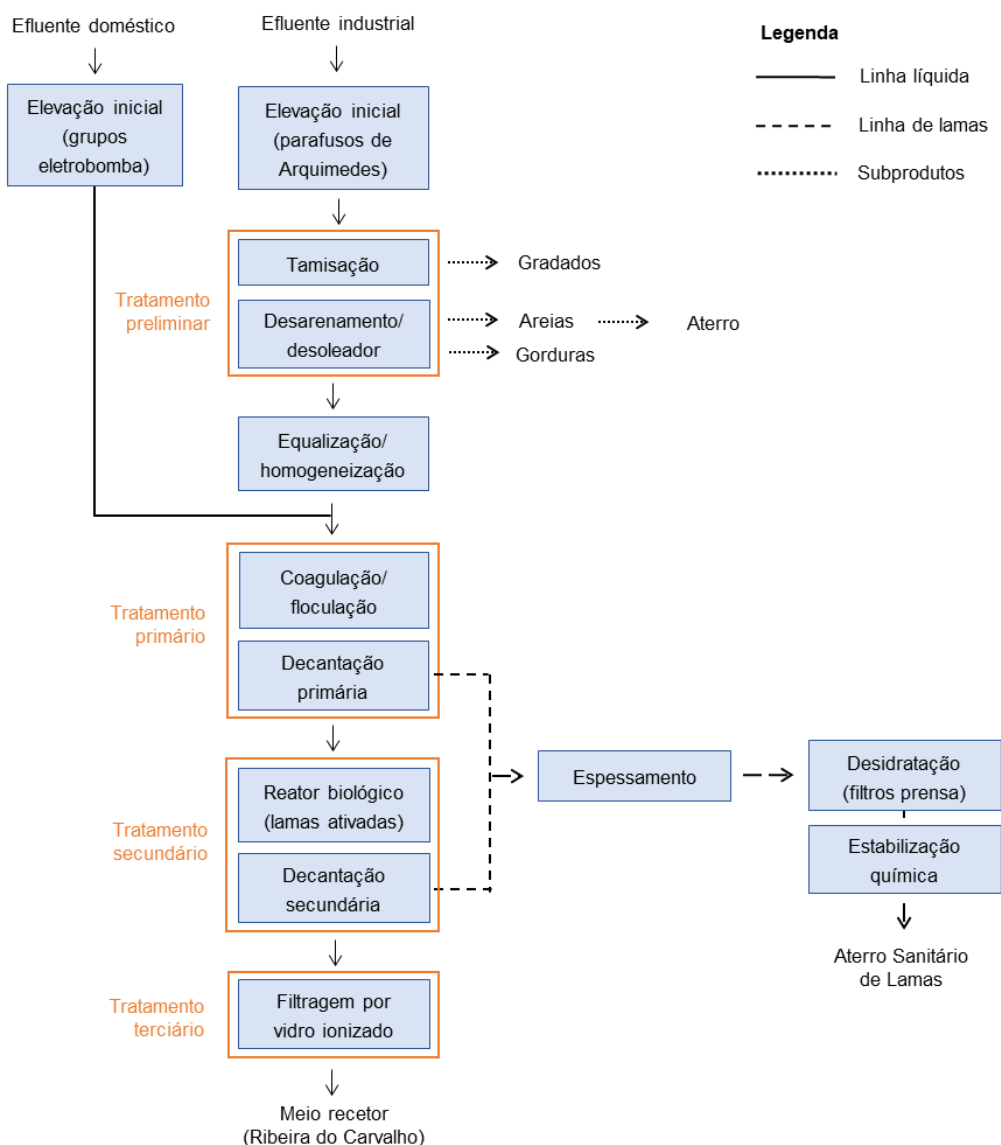


Figura 3.2 - Fluxograma do sistema de tratamento da ETAR de Alcanena.

Na **linha líquida**, o efluente industrial é inicialmente sujeito a elevação, recorrendo a parafusos de Arquimedes, enquanto o efluente doméstico, proveniente da rede separativa, é elevado por grupos eletrobomba e entra mais à frente no processo. O efluente industrial é posteriormente encaminhado para tamisação, onde se procede à remoção de sólidos de menor dimensão, seguindo-se a etapa de desarenamento e desgorduramento, realizada em dois canais paralelos, destinada à remoção de sólidos grosseiros, areias e gorduras.

Após o pré-tratamento, o efluente industrial é conduzido para tanques de equalização e homogeneização, onde se promove a regularização dos caudais e das cargas poluentes. Nesta fase é assegurado o fornecimento de oxigénio, favorecendo a atividade biológica e contribuindo para a redução da carga poluente afluente ao tratamento subsequente.

O efluente doméstico junta-se ao efluente industrial a montante do tratamento físico-químico, constituído por coagulação e floculação. A coagulação é promovida pela adição de cloreto férrico,

permitindo a precipitação de crómio e outros metais, enquanto a cal é utilizada para correção do pH. A floculação é assegurada por polieletrólito aniónico, favorecendo a agregação dos flocos.

O efluente conjunto segue então para a decantação primária, onde ocorre a sedimentação dos flocos e a separação da fase sólida, originando lamas primárias que são encaminhadas para a linha de tratamento de lamas. O efluente clarificado é posteriormente tratado num segundo estágio biológico, constituído por um processo de lamas ativadas com nitrificação e desnitrificação, distribuído por três linhas paralelas.

Após o tratamento biológico, o efluente é encaminhado para a decantação secundária, onde se procede à sedimentação do floco biológico e à separação do efluente tratado. Como etapa final da linha líquida, o efluente passa por um sistema de filtragem por vidro ionizado, permitindo a melhoria de parâmetros como os sólidos suspensos totais, sendo posteriormente descarregado na Ribeira do Carvalho.

Na **linha sólida**, as lamas produzidas nas decantações primária e secundária são encaminhadas para tratamento de lamas, que inclui a desidratação mecânica por filtros prensa e a estabilização química (adição de Calci), de forma a permitir a sua deposição em aterro sanitário. As lamas tratadas são posteriormente transportadas em camião para o destino final.

Na Figura 3.3 apresentam-se fotografias de diversos órgãos pertencentes à fase líquida do tratamento de águas residuais na ETAR de Alcanena. Por sua vez, a Figura 3.4 ilustra os órgãos associados à fase sólida do tratamento.



a)



b)



c)

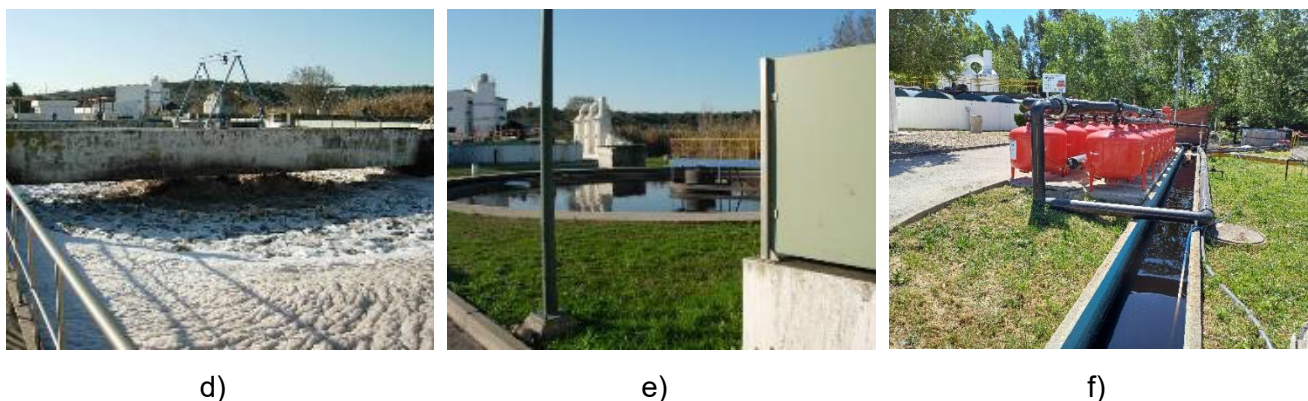


Figura 3.3 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; b) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.

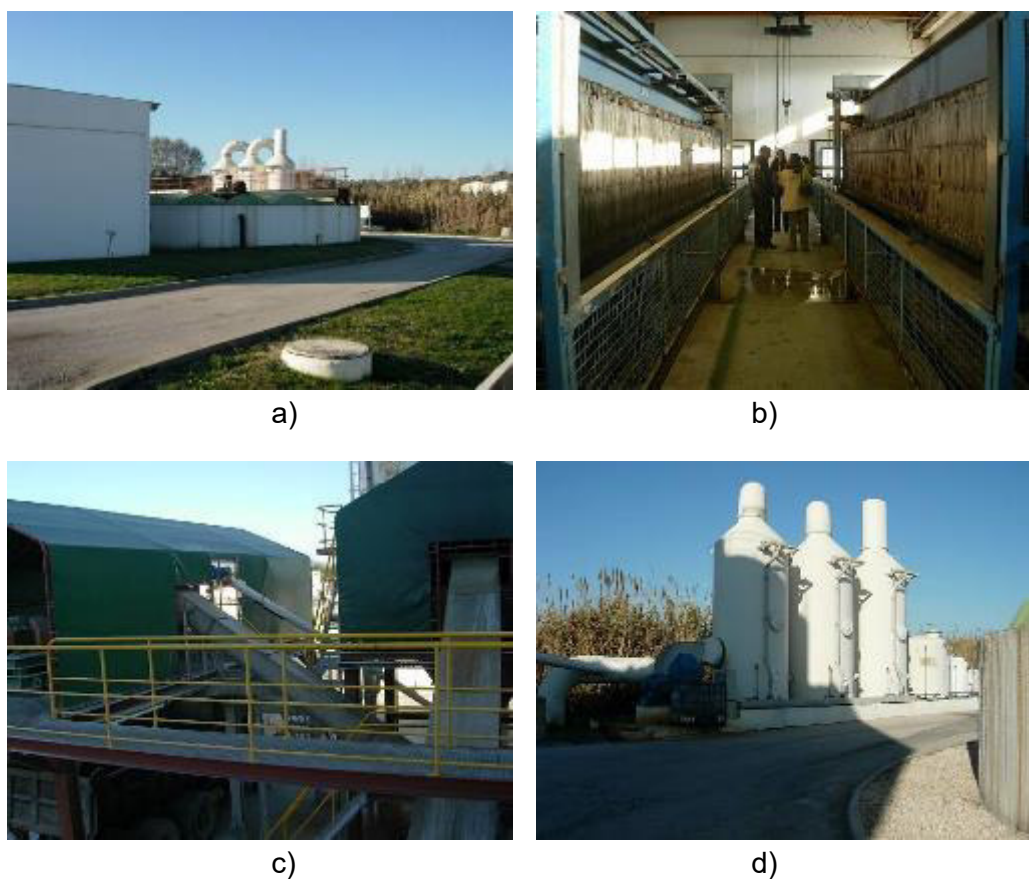


Figura 3.4 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Calci; d) torres de absorção química.

3.2 ANÁLISE SUMÁRIA DO DESEMPENHO ANALÍTICO DA ETAR

O desempenho analítico da ETAR de Alcanena foi avaliado através da análise comparativa da qualidade do afluente e do efluente tratado, tendo como referência os requisitos estabelecidos na licença de rejeição em vigor e os VLE previstos para aplicação a partir de janeiro de 2027, conforme descrito na Secção 2.2.

A análise incidiu sobre a evolução temporal dos principais parâmetros de qualidade da água, nomeadamente os sólidos suspensos totais (SST), a carência bioquímica de oxigénio em cinco dias (CBO₅), a carência química de oxigénio (CQO), o azoto amoniacal (NH₄⁺), o azoto total (N total), o fósforo total (P total) e, quando disponível, parâmetros microbiológicos (*E. coli*). Os valores analisados correspondem a médias mensais, permitindo uma avaliação integrada do desempenho da instalação e a identificação de tendências persistentes ao longo do tempo.

A avaliação baseia-se nos resultados do controlo analítico realizado entre janeiro de 2023 e dezembro de 2025, período considerado representativo do funcionamento recente da instalação e suficientemente extenso para evidenciar tendências e limitações estruturais do sistema de tratamento. Para os parâmetros SST e CQO, optou-se pela comparação com o VLE estival, por constituir o critério mais restritivo e, consequentemente, mais conservador do ponto de vista da avaliação do cumprimento regulamentar.

Na Figura 3.5 apresenta-se a evolução temporal das concentrações médias de SST, CQO e CBO₅ no afluente e no efluente da ETAR, enquanto na Figura 3.6 se representa a evolução do azoto total, fósforo total, azoto amoniacal e *E. coli*. No caso deste último parâmetro, apenas se encontram disponíveis dados relativos ao efluente tratado.

De uma forma geral, os resultados evidenciam uma redução expressiva das concentrações entre a entrada e a saída da ETAR, demonstrando a eficácia global dos processos de tratamento na remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica. Contudo, apesar desta redução, verifica-se que, em diversos períodos, as concentrações no efluente tratado ultrapassam os respetivos valores limite de emissão, evidenciando dificuldades no cumprimento consistente dos requisitos legais.

Estas limitações encontram-se fortemente associadas às elevadas concentrações e à acentuada variabilidade do afluente, refletindo a forte componente industrial da massa líquida admitida na instalação. A predominância de efluentes industriais, em particular provenientes do setor dos curtumes, caracteriza-se por cargas poluentes elevadas e por uma fração significativa de matéria orgânica de difícil biodegradabilidade, condicionando a estabilidade e a eficiência dos processos de tratamento existentes.

Importa, no entanto, referir que a presente análise recai sobre a totalidade dos resultados de autocontrolo disponíveis para supervisão da ETAR. Quando considerados os resultados analíticos da monitorização com frequência quinzenal, reportados mensalmente, observam-se eficiências superiores às aqui apresentadas.

Neste enquadramento, as exigências introduzidas pela nova DARU, nomeadamente no que respeita ao tratamento terciário relativo ao azoto e fósforo total (N < 8 mg/L e P < 0,5 mg/L), ao CQO e aos objetivos de neutralidade energética, representam um desafio significativo para a ETAR de Alcanena. É neste contexto que a investigação e desenvolvimento de soluções alternativas, baseadas em Soluções Baseadas na Natureza (SBN), incluindo abordagens de

descarga zero ou tendencialmente descarga zero, assume particular relevância como complemento ou alternativa a sistemas convencionais de tratamento.

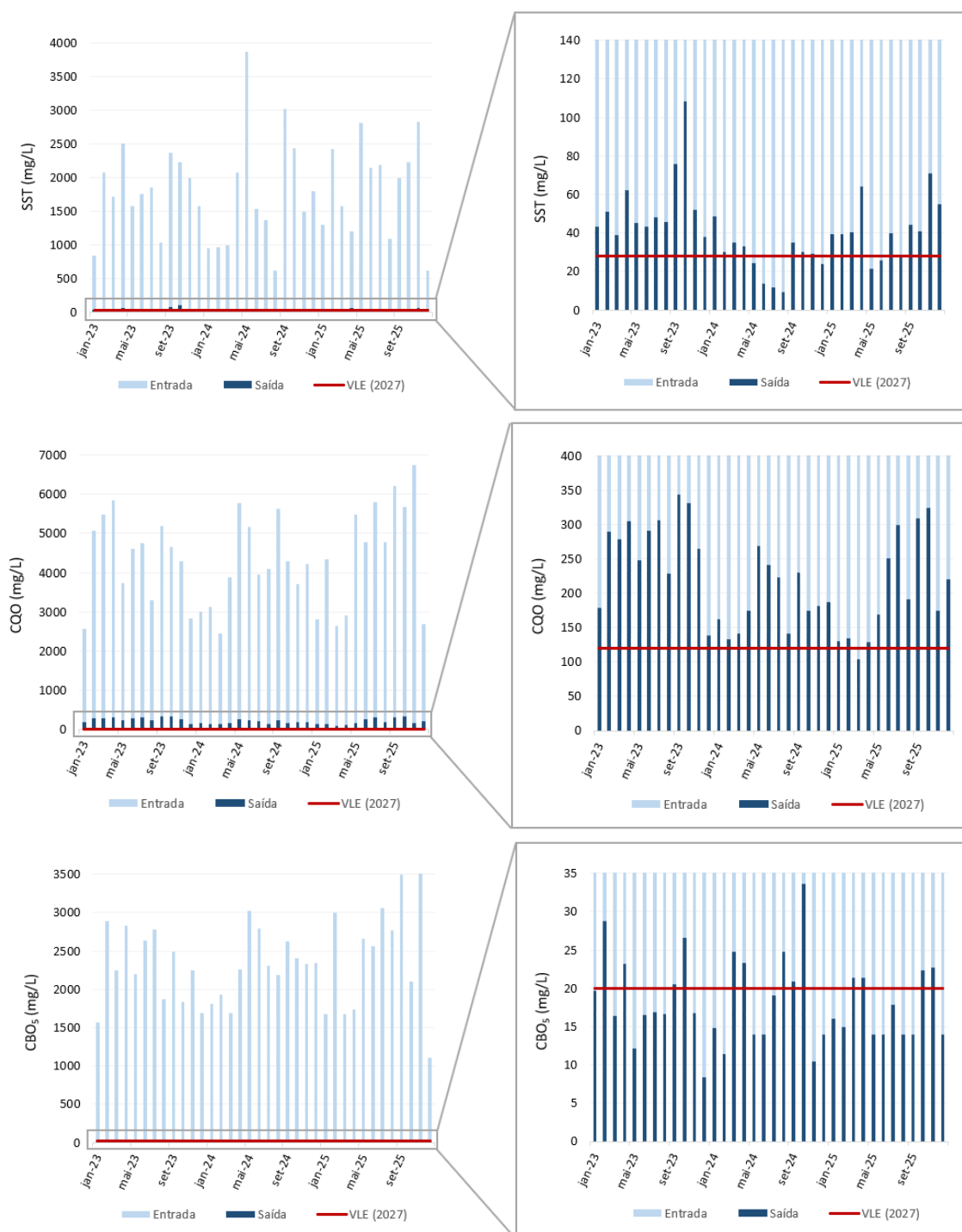


Figura 3.5 - Evolução de SST, CQO e CBO₅ no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE (jan. 23 – dez. 25).

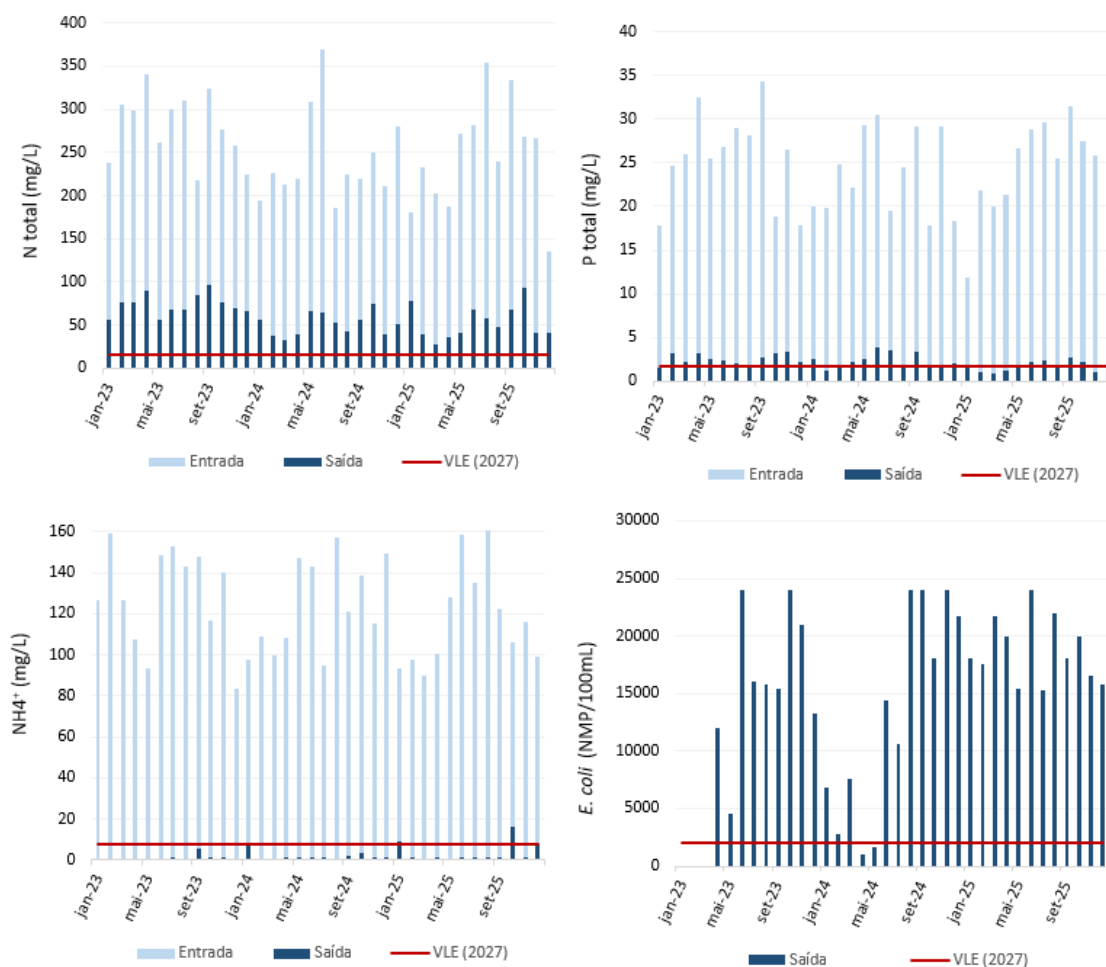


Figura 3.6 - Evolução dos N total, P total, NH₄⁺ e E.coli no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE estival de 2027 (jan. 23 – dez. 25).

4. ENQUADRAMENTO AMBIENTAL

4.1 MONITORIZAÇÃO ANALÍTICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com o objetivo de detetar eventuais impactes nas águas subterrâneas, nomeadamente fugas de lixiviados associadas ao aterro, encontra-se em funcionamento uma rede de monitorização hidrogeológica, definida pelo então Instituto da Água (INAG), atualmente integrada na APA. Esta rede é constituída por vários pontos de controlo, incluindo piezómetros, furos e poços, distribuídos na área envolvente.

No âmbito do presente relatório, apresentam-se os resultados analíticos disponíveis para o período compreendido entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025, com base nas campanhas de monitorização realizadas pela entidade gestora. As amostras de água são recolhidas de forma pontual, com frequência variável (mensal, semestral ou anual), em função dos parâmetros analisados e dos objetivos de controlo estabelecidos.

Para este projeto, optou-se por apresentar os resultados de quatro pontos de monitorização específicos. As características detalhadas desses pontos encontram-se no Quadro 4.1, e a localização é indicada na planta da Figura 4.1.

Quadro 4.1. Nomenclatura e localização dos pontos de amostragem, de acordo com classificação do INAG e amostragem AQUANENA.

Amostragem Aquanena	Numeração INAG	Coordenadas	Tipologia	Descrição do local	Profundidade (m)
3	329/271	39°26'58"N 8°40'07"W	Poço	Imediatamente a montante da ETAR	8
4	329/269 (RLA 1)	39°26'50"N 8°40'05"W	Furo	Abastecimento da ETAR	301
6	329/268 (INAG 5)	39°26'47"N 8°40'10"W	Piezómetro (nível piezométrico de 4.9 m)	Imediatamente a jusante da ETAR	17
10	329/267 (INAG 4)	39°26'42"N 8°39'58"W	Furo	Rega de taludes e jardins – estrada de acesso ao aterro de resíduos	184



Figura 4.1. Localização no terreno dos pontos de recolha de águas subterrâneas.

Os resultados das análises para pH, temperatura, condutividade elétrica, concentração de Crómio VI e concentração de nitratos encontram-se nas figuras seguintes. Relativamente ao pH (Figura 4.2), os valores registados situam-se globalmente entre aproximadamente 6,9 e 8,1, com média próxima da neutralidade. Observa-se uma variação reduzida ao longo do tempo e comportamento semelhante entre os diferentes pontos de amostragem, não sendo identificadas tendências de acidificação ou alcalinização progressiva.

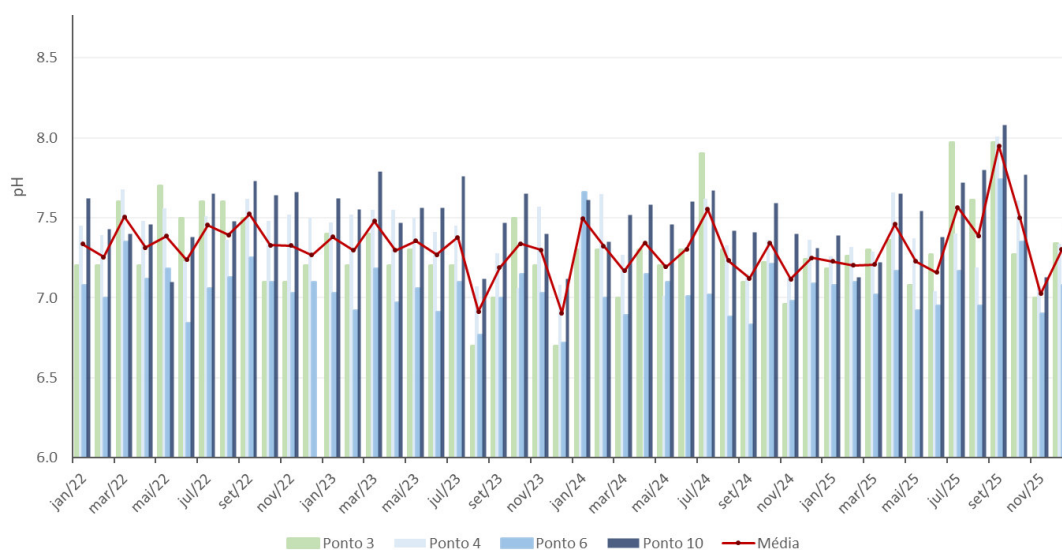


Figura 4.2. Evolução mensal do pH das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.

No que respeita à temperatura (Figura 4.3), verifica-se um comportamento claramente sazonal, com valores mais elevados no período estival (atingindo cerca de 25-27°C) e mais baixos no inverno (cerca de 15-18°C). O padrão é consistente entre os quatro pontos monitorizados, refletindo essencialmente a influência das condições climáticas externas e não evidenciando anomalias térmicas localizadas.

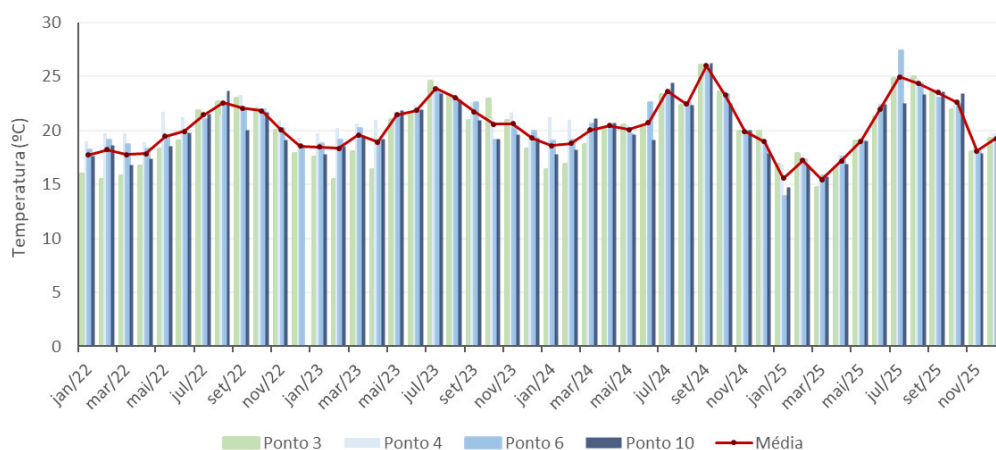


Figura 4.3. Evolução mensal da temperatura das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.

A condutividade elétrica (Figura 4.4) apresenta diferenças espaciais mais marcadas entre pontos. O Ponto 6 evidencia valores sistematicamente superiores (frequentemente entre 1 500 e 1 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o que poderá estar associado à sua localização a jusante da descarga da ETAR na ribeira. Em contrapartida, o Ponto 10, localizado a maior distância da ETAR, apresenta valores mais reduzidos (na ordem dos 400-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

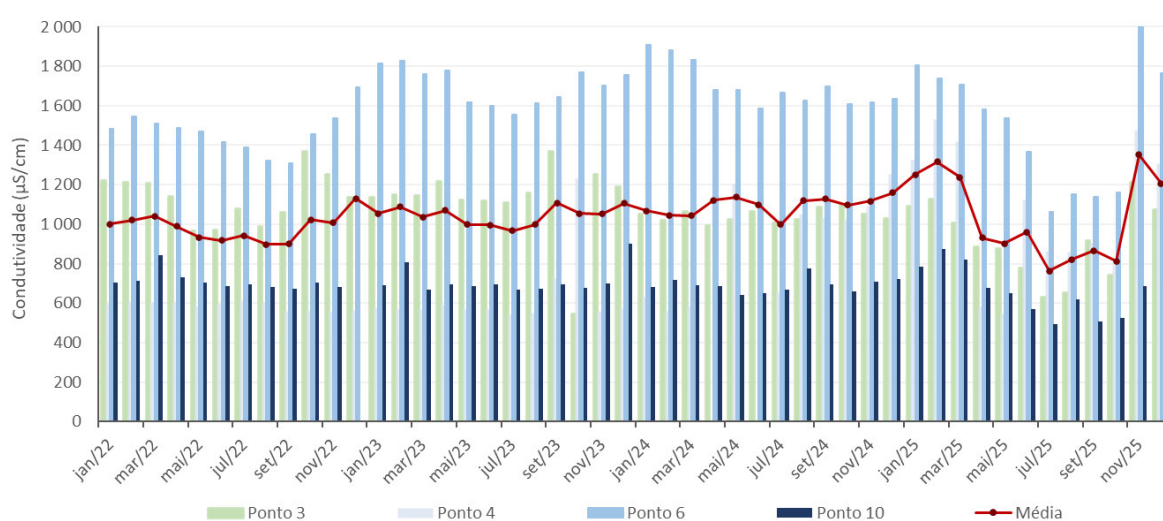


Figura 4.4. Evolução mensal da condutividade das águas subterrâneas captadas em Alcanena entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.

Relativamente ao crómio VI (Figura 4.5), as concentrações registadas são muito reduzidas, frequentemente próximas a 0,01 mg/L. Não se verifica tendência de aumento ao longo do período

analisado, sendo os valores compatíveis com concentrações residuais. Estes resultados não indicam impacto relevante associado a este parâmetro.

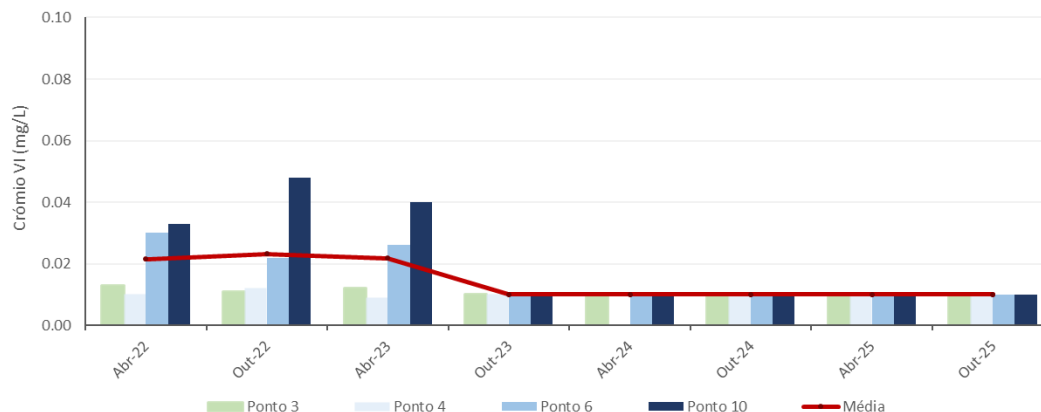


Figura 4.5. Evolução semestral da concentração de Crômio VI nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre abril de 2022 e outubro de 2025.

No caso dos nitratos (Figura 4.6), os valores observados são igualmente baixos, situando-se entre 0,1 e 3,5 mg/L. O Ponto 3 apresenta valores ligeiramente superiores aos restantes, embora sempre em concentrações reduzidas. Não se observa tendência de crescimento ao longo do tempo, nem concentrações indicativas de contaminação significativa por azoto oxidado.

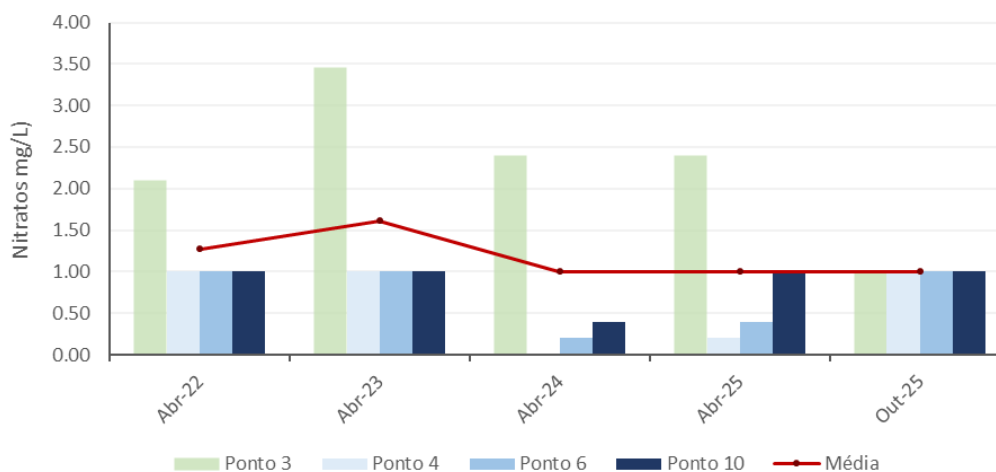


Figura 4.6. Evolução semestral da concentração de nitratos nas águas subterrâneas captadas em Alcanena entre abril de 2022 e outubro de 2025.

De forma global, a análise integrada dos parâmetros físico-químicos e dos metais monitorizados não evidencia alterações significativas da qualidade das águas subterrâneas no período em estudo. Não se identificam tendências temporais ascendentes, nem padrões consistentes que sugiram a ocorrência de impactos relevantes associados ao aterro ou à exploração da ETAR. As variações observadas parecem maioritariamente associadas a fatores naturais e à variabilidade hidrogeológica local.

4.2 MONITORIZAÇÃO ANALÍTICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Adicionalmente, encontra-se implementado um Programa de Monitorização das águas superficiais na área envolvente à ETAR, na Ribeira do Carvalho. No âmbito do presente relatório, apresentam-se os resultados analíticos disponíveis para o período compreendido entre janeiro de 2022 e dezembro de 2025.

No Quadro 4.2 e na Figura 4.7 são apresentadas, respetivamente, as características e a localização de quatro pontos de recolha de amostras. Os Pontos 5, 7 e 8 localizam-se em linhas de água afluentes ao Rio Alviela, enquanto o Ponto 9 se encontra na nascente do Rio Alviela.

Quadro 4.2. Nomenclatura dos pontos de amostragem das águas superficiais.

Pontos de amostragem	Coordenadas	Localização
5	39°27'24"N 8°40'18"W	Ribeira de Vila Moreira - Alcanena
7	39°26'47"N 8°40'07"W	Ribeira do Carvalho – jusante da ETAR
8	39°26'23"N 8°40'03"W	Ribeira do Carvalho – jusante do Sistema de Tratamento de Alcanena
9	39°26'43"N 8°42'42"W	Nascentes do Rio Alviela

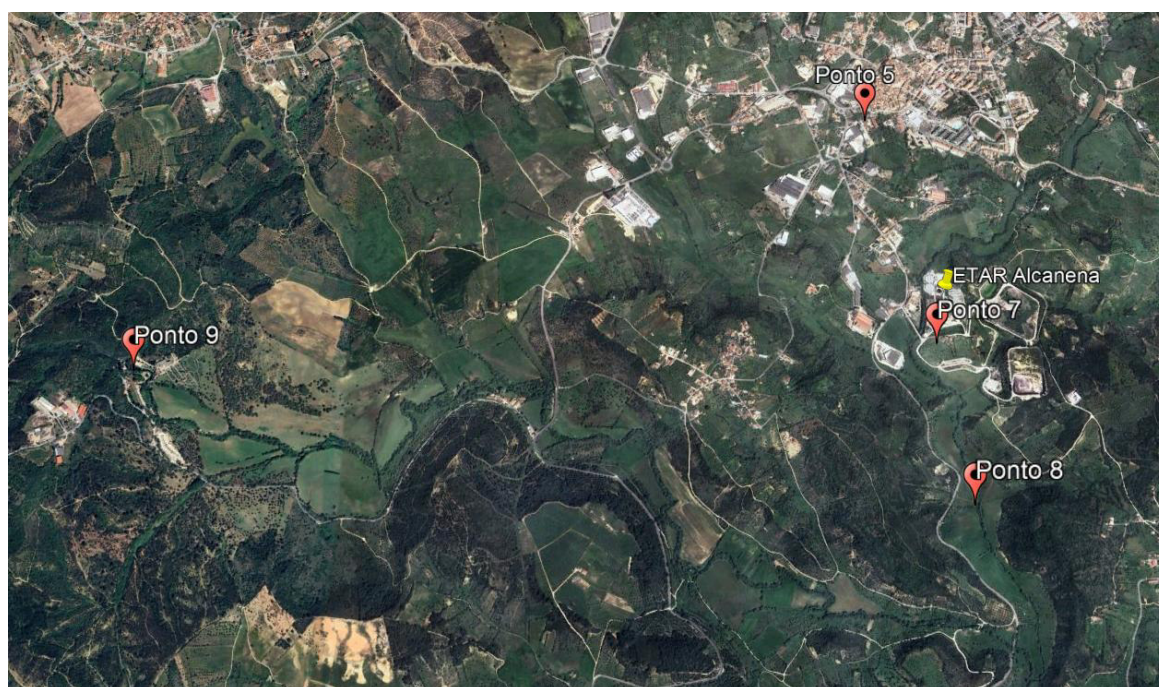


Figura 4.7. Localização no terreno dos pontos de recolha das águas superficiais.

Os resultados das análises para pH, temperatura, condutividade elétrica, Crómio VI e nitratos encontram-se na Figura 4.8 à Figura 4.12. Os valores de pH (Figura 4.8) mantiveram-se globalmente estáveis ao longo do período analisado, situando-se maioritariamente entre 7,2 e

8,0, com médias próximas da neutralidade ligeiramente alcalina. Observam-se oscilações sazonais pouco pronunciadas, sem tendência sistemática de acidificação ou alcalinização. Os quatro pontos apresentam comportamento semelhante, sugerindo homogeneidade química do sistema hídrico superficial no que respeita a este parâmetro.

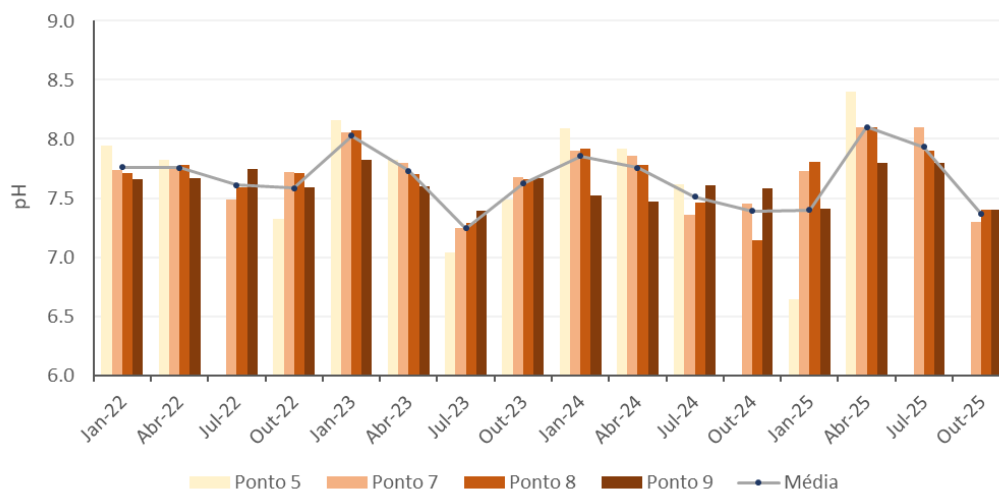


Figura 4.8. Evolução trimestral do pH das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.

A temperatura da água, apresentada na Figura 4.9, apresenta variação sazonal bem definida, com valores mínimos no inverno (≈ 12 a 15°C) e máximos no verão (≈ 20 a 23°C), acompanhando a evolução da temperatura do ar. Não se identificam discrepâncias significativas entre pontos, sendo as diferenças pontuais atribuíveis a condições locais de exposição solar, profundidade ou regime de escoamento.

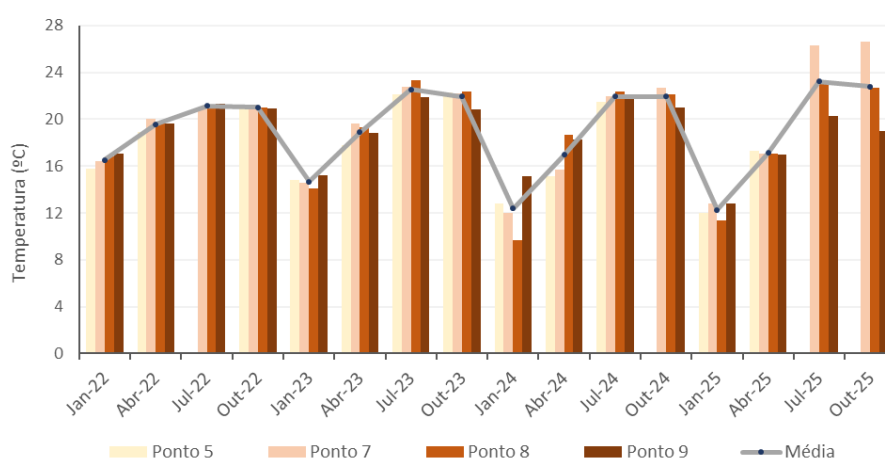


Figura 4.9 - Evolução trimestral da temperatura das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.

A condutividade elétrica revela maior variabilidade espacial (Figura 4.10). Os Pontos 5 e 9 apresentam valores sistematicamente reduzidos (tipicamente inferiores a $1\,000\ \mu\text{S}/\text{cm}$), compatíveis com menor concentração de sais dissolvidos. Em contraste, os Pontos 7 e 8 registam valores significativamente superiores e episódios pontuais muito elevados,

ultrapassando 12 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em alguns meses, o que indica acréscimo de carga iónica nesse troço. Considerando a localização dos Pontos 7 e 8 a jusante da ETAR, este padrão é compatível com um possível contributo do efluente tratado para o aumento da carga iónica, sobretudo em períodos de menor caudal e menor capacidade de diluição.

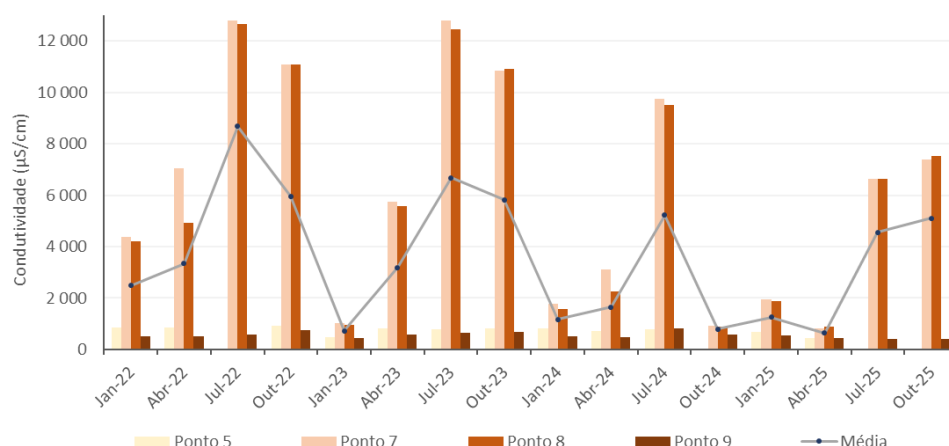


Figura 4.10. Evolução trimestral da condutividade das águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.

Relativamente ao Crómio VI (Figura 4.11), observa-se uma variabilidade temporal mais acentuada no início do período de monitorização (2022), com concentrações significativamente mais elevadas nos Pontos 7 e 8, atingindo valores na ordem dos 0,30–0,37 mg/L. Os restantes pontos apresentam, de um modo geral, concentrações bastante inferiores. A partir de 2023 verifica-se uma redução marcada dos valores e uma menor variabilidade entre pontos, com as concentrações a estabilizarem globalmente abaixo de 0,10 mg/L nos períodos mais recentes. Este comportamento poderá refletir uma diminuição das cargas afluentes ou uma maior estabilidade das condições operacionais e ambientais ao longo do tempo, não sendo evidentes tendências de aumento deste parâmetro no período analisado.

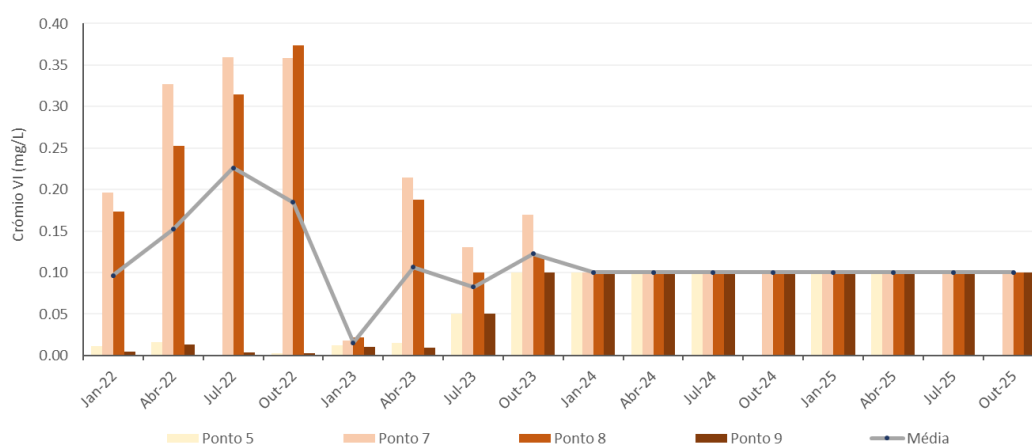


Figura 4.11. Evolução trimestral da concentração de Crómio VI nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.

Em relação às concentrações de nitratos nas águas superficiais, estes apresentam forte variabilidade espacial, conforme ilustrado na Figura 4.12. Verificam-se concentrações significativamente mais elevadas nos Pontos 7 e 8, localizados a jusante da ETAR, com valores na ordem dos 20-40 mg/L em vários períodos, contrastando com os valores bastante inferiores observados nos Pontos 5 e 9. Este padrão poderá estar associado a um contributo acrescido de azoto oxidado nesse troço, eventualmente relacionado com o efluente tratado, no qual os processos de nitrificação podem favorecer a presença de nitratos, e/ou com contributos difusos na bacia.

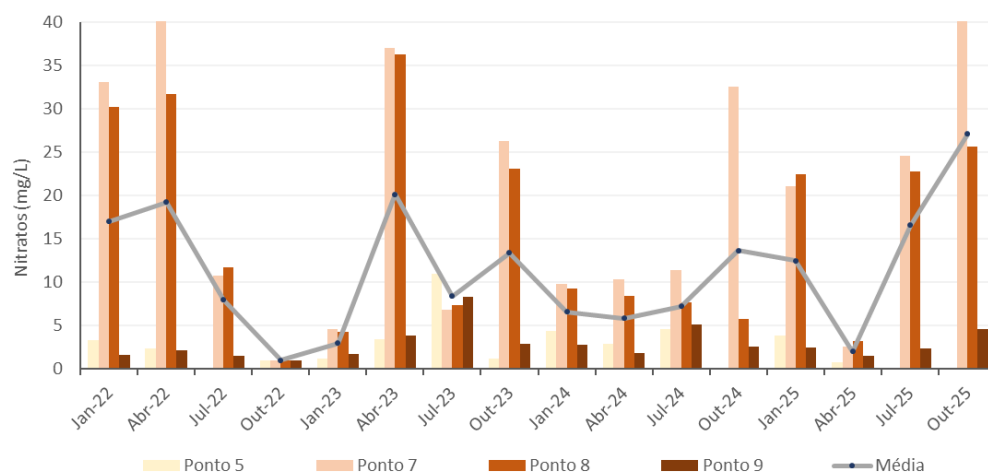


Figura 4.12. Evolução trimestral da concentração de nitratos nas águas superficiais captadas entre janeiro de 2022 e outubro de 2025.

5. PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO – SÍNTESE DE ESTADO DE ARTE

As plataformas de evapotranspiração enquadram-se no conjunto de soluções baseadas na natureza aplicadas à gestão de águas residuais, sendo particularmente relevantes em contextos onde se pretende minimizar descargas para o meio recetor e reduzir riscos de contaminação de águas subterrâneas e superficiais. Neste capítulo apresenta-se uma síntese do estado de arte, com foco nos mecanismos dominantes, tipologias existentes, requisitos operacionais e ordens de grandeza de evapotranspiração reportadas. Este enquadramento constitui a base conceptual para a caracterização das unidades piloto e para a discussão dos resultados hidráulicos e analíticos desenvolvidos nos capítulos subsequentes.

A evapotranspiração (ET) constitui uma abordagem alternativa para o tratamento e gestão de águas residuais, particularmente adequada em contextos onde a gestão dos recursos hídricos é prioritária. Ao contrário dos sistemas convencionais baseados na infiltração, os sistemas de evapotranspiração assentam na remoção da água essencialmente através da combinação de evaporação direta e transpiração vegetal. Em simultâneo, parte dos nutrientes pode ser incorporada na biomassa vegetal, a qual, quando colhida, poderá ainda assumir interesse como recurso energético, nomeadamente para produção de bioenergia.

Embora em Portugal existam ainda poucas aplicações documentadas e estas soluções sejam frequentemente encaradas como inovadoras, as plataformas de ET encontram-se amplamente disseminadas em diversos países do Norte e Centro da Europa, incluindo países escandinavos, países bálticos, Polónia, Irlanda e Reino Unido (Brix e Arias, 2011). Na Dinamarca, por exemplo, existem mais de 500 sistemas de ET com utilização de salgueiros em operação. Estes sistemas são geralmente constituídos por um leito com 1,5 m de profundidade, preenchido com solo e plantado com espécies de salgueiros (*Salix viminalis* L.). A área superficial dos sistemas depende da quantidade e qualidade das águas residuais afluentes e da precipitação anual local (Brix e Gregersen, 2001).

O desempenho destes sistemas depende fortemente das condições meteorológicas, sendo a evapotranspiração influenciada por fatores como a radiação solar (principal fonte de energia para a evaporação), a temperatura do ar, a humidade do ar e a velocidade do vento (o vento e a turbulência do ar contribuem significativamente para a remoção do vapor de água).

Existem diferentes tipos de sistemas por ET de comprovado sucesso no tratamento de águas residuais municipais, lamas fecais e lixiviados de aterro com plantações de salgueiros (Hasselgren, 1998;), entre os quais se destacam os seguintes: sistemas de ET em que o leito é impermeabilizado através de uma membrana, impedindo a infiltração no solo, pelo que a totalidade da água residual afluente e da precipitação que cai sobre o sistema tem de ser evapotranspirada anualmente; sistemas de ET com infiltração, que permitem alguma infiltração no solo.

De forma a maximizar a ET, estes sistemas devem ser localizados em espaços amplos, a alguma distância de edifícios e árvores. Os sistemas não devem estar sujeitos a efeito de sombra e o leito deve ser perpendicular à direção predominante do vento. Deve existir um acesso apropriado para todo o tipo de maquinaria envolvida na plantação, manutenção e recolha dos salgueiros.

Os sistemas são geralmente constituídos por um leito de 1,5 m de profundidade, com área variável, revestido por geotêxtil e/ou membrana de polietileno de alta densidade, preenchido com solo e plantado com salgueiros (*Salix viminalis* L.), tal como ilustrado na Figura 5.1.

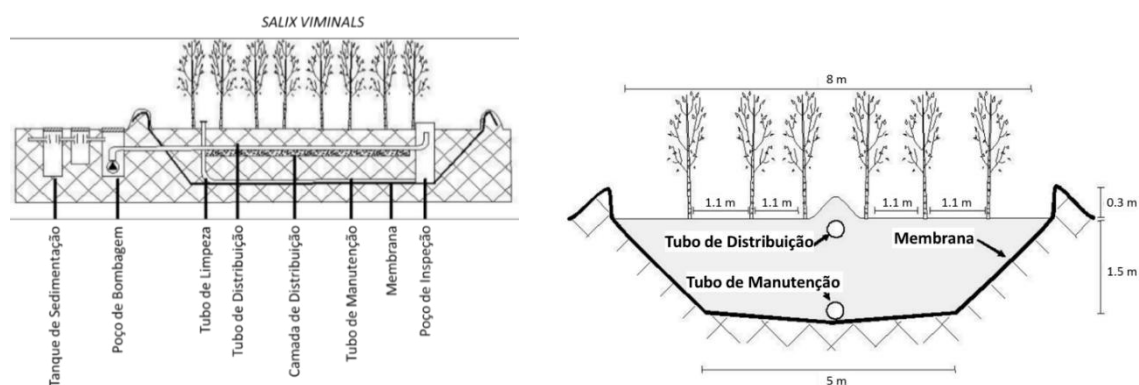


Figura 5.1 - Esquema de sistema por ET de salgueiros isolado (adaptado de Brix e Aris., 2011).

Em geral, os efluentes previamente tratados (no mínimo num tanque de sedimentação) são distribuídos no leito através de uma bomba e de uma tubagem instalada a meio do leito, colocado sobre uma camada de 16 a 32 mm de gravilha ou de algum outro material com elevada porosidade. A extremidade do tubo de distribuição termina num poço de inspeção e limpeza (o nível de água no solo pode ser monitorizado neste poço). O leito dispõe também de um tubo de drenagem (ou de limpeza), colocado numa camada de gravilha no fundo, que é utilizado quando é necessário retirar água do sistema, com recurso a bombagem. Os leitos são delimitados por um dique elevado de 0,30 m em redor do leito para evitar a entrada de água a partir das imediações, e para permitir a acumulação de água à superfície durante o inverno.

Os salgueiros (willows), choupos ou árvores equivalentes, com poder favorável de evapotranspiração, devem ser plantados em linhas distanciadas em cerca de 1,0 m e com aproximadamente 1,5 m de distância entre cada conjunto de três linhas. O espaçamento ao longo de cada linha deve ser entre 0,40 e 0,50 m. De forma a minimizar o risco de danos causados por pragas devem ser plantadas, por exemplo, três variedades diferentes de salgueiros em filas alternadas.

A manutenção dos salgueiros, incluindo remoção de ervas e monitorização de eventuais pragas, deve ser mais cuidada no primeiro ano. O corte dos salgueiros ocorre, geralmente, num ciclo de 2 ou 3 anos. Dependendo do ciclo escolhido, metade ou um terço da plantação é cortada anualmente. Este trabalho deve ser realizado no inverno, após a queda das folhas e antes da abertura dos botões, normalmente entre o meio de outubro e o início de março.

O dimensionamento da área necessária para o sistema de ET deve ter por base o balanço hídrico, atendendo à precipitação anual e à evapotranspiração potencial da espécie escolhida. A variação sazonal da precipitação e da evapotranspiração deve ser considerada, uma vez que o sistema deve ter volume suficiente (profundidade) para poder reter as águas residuais e a chuva durante o inverno. Em Portugal instalações experimentais de leitos de macrófitas, implantados no Alentejo, verificaram evapotranspirações entre 5 e 10 mm/dia, com um valor médio, no verão, de 7 mm/dia. Leitos plantados com salgueiros, em Portugal, é expectável que apresentem uma evapotranspiração bastante superior, pelo menos 3 a 5 vezes.

A principal vantagem destes sistemas reside na possibilidade de atingir condições de descarga tendencialmente zero, especialmente em contextos de caudais médios reduzidos, constituindo uma alternativa tecnicamente sustentável para cumprimento de requisitos ambientais exigentes.

6. ATIVIDADES REALIZADAS

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No âmbito deste contrato, foram planeadas, dimensionadas e construídas três Unidades Piloto de plataformas de evapotranspiração. O objetivo principal consistiu na avaliação da viabilidade técnica de uma solução de descarga zero do efluente tratado na ETAR de Alcanena, minimizando a emissão de caudais e cargas poluentes para a Ribeira do Carvalho, inserida na bacia hidrográfica do Tejo.

O projeto das unidades piloto baseou-se nas recomendações técnicas disponíveis na literatura especializada relativa a sistemas de evapotranspiração, designadamente em soluções com salgueiros e outras espécies de elevado potencial evapotranspirativo, com particular referência a Brix e Arias (2011), conforme apresentado na Secção 5.

As Unidades Piloto 01 e 02 foram construídas no início de dezembro de 2024, tendo iniciado operação em janeiro de 2025. Ambas apresentam características geométricas e construtivas semelhantes, diferenciando-se a composição e estrutura da vegetação, permitindo avaliar o efeito do estrato vegetal no desempenho hidráulico do sistema.

A Unidade Piloto 03 foi construída e entrou em operação, por sua vez, apenas no início de maio de 2025, apresentando dimensões inferiores e soluções construtivas distintas das restantes unidades, nomeadamente ao nível da impermeabilização. Esta unidade foi concebida com o objetivo de comparar o comportamento hidráulico de um sistema impermeabilizado com o comportamento das unidades não impermeabilizadas, através da quantificação da parcela de infiltração.

6.2 CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PILOTO

UNIDADES PILOTO 01 E 02

As Unidades Piloto 01 e 02, apresentadas em planta na Figura 6.1 e em corte lateral na Figura 6.2, ocupam uma **área superficial de aproximadamente 8 x 8 m²**, reduzindo-se para 4 x 4 m² na base, com taludes de inclinação 2H:1V. **A altura útil do Leito 01 é de 1,8 m, enquanto a do Leito 02 é de 1,6 m**, diferença atribuída a imprecisões no processo construtivo. Ambos os leitos apresentam uma borda livre de cerca de 20 cm, destinada a impedir a saída de água.

O fundo e os taludes destas plataformas **não foram impermeabilizados**, possibilitando a infiltração da água no solo. Cada leito encontra-se ligado a uma caixa de recolha em betão, com cerca de 1,5 m de diâmetro e 2,6 m de altura, à qual a água é conduzida através de um tubo de drenagem de 90 mm. No interior da caixa de recolha, um conetor em “T”, equipado com uma válvula de seccionamento, permite a descarga para a câmara de visita através de um sifão invertido, sendo o esvaziamento assegurado por grupos eletrobomba. Em cada leito foi igualmente instalado um piezómetro, destinado ao controlo da altura da lâmina de água.

Quanto aos meios de enchimento das Unidades Piloto 01 e 02, procedeu-se à colocação de gravilha com granulometria 16/32 mm nos espaços laterais. Sobre a base do leito foi aplicada uma camada de gravilha com 20 cm de espessura, seguida de uma camada de areão com granulometria 4/8 mm. A camada superior central, com cerca de 20 cm de espessura, foi constituída por terra vegetal, destinada à instalação da vegetação.

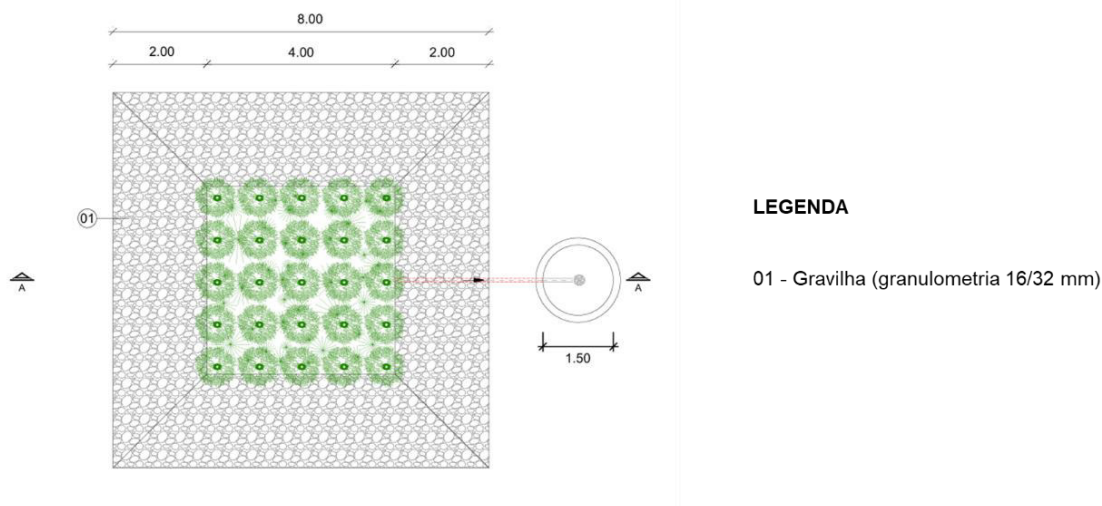


Figura 6.1. Planta das Unidades Piloto 01 e 02.

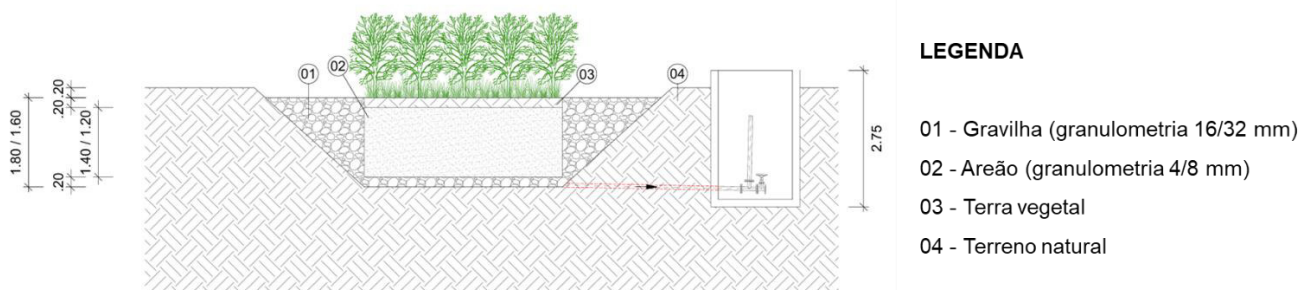


Figura 6.2. Corte AA' das Unidades Piloto 01 e 02.

UNIDADE PILOTO 03

A Unidade Piloto 03 foi construída apenas na segunda quinzena de maio e apresenta dimensões inferiores às das Unidades Piloto 01 e 02. O projeto inicial previa uma **área superficial de 4 x 4 m²**, reduzida para 2 x 2 m² na base, com uma borda livre de 20 cm. No entanto, devido a imprecisões no processo construtivo, o leito apresenta dimensões ligeiramente superiores, com 4,6 x 4,75 m² à superfície e 2,1 x 2,1 m² na base, para além de não dispor de bordo livre. A **altura total do leito é de 1,8 m**, com uma profundidade máxima de água de 1,6 m, valor que poderá estar associado a um abatimento parcial da estrutura. As dimensões reais do leito encontram-se representadas na Figura 6.3, em planta, e na Figura 6.4, em corte lateral.

O fundo e os taludes desta plataforma **foram impermeabilizados**, impossibilitando a infiltração da água no solo. Esta unidade piloto encontra-se associada a uma caixa de recolha em betão com 1,0 m de diâmetro, a qual não dispõe de tubagem em “T” nem de válvula de seccionamento, ao contrário das caixas associadas aos outros dois leitos. O leito está igualmente equipado com um tubo de drenagem de 90 mm, que conduz a água até à caixa de recolha, sendo o

esvaziamento assegurado por grupos eletrobomba. Foi também instalado um piezômetro para monitorização do nível da água no interior do leito.

Quanto ao enchimento, a Unidade Piloto 03 recebeu uma camada de areão distribuída uniformemente em toda a superfície. Sobre esta, foi aplicada uma camada de 20 cm de terra vegetal na área central ($2,1 \times 2,1 \text{ m}^2$), enquanto o restante espaço foi preenchido com gravilha.

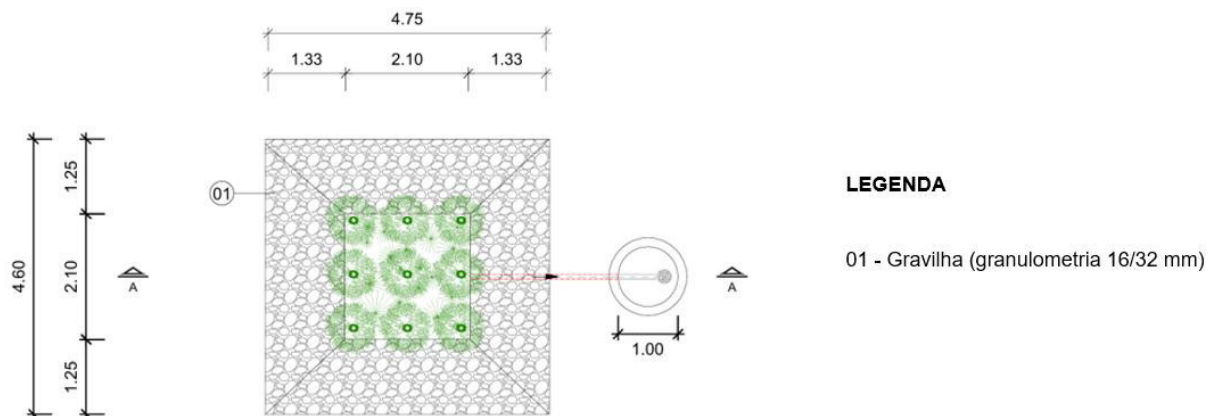


Figura 6.3. Planta das Unidades Piloto 03.

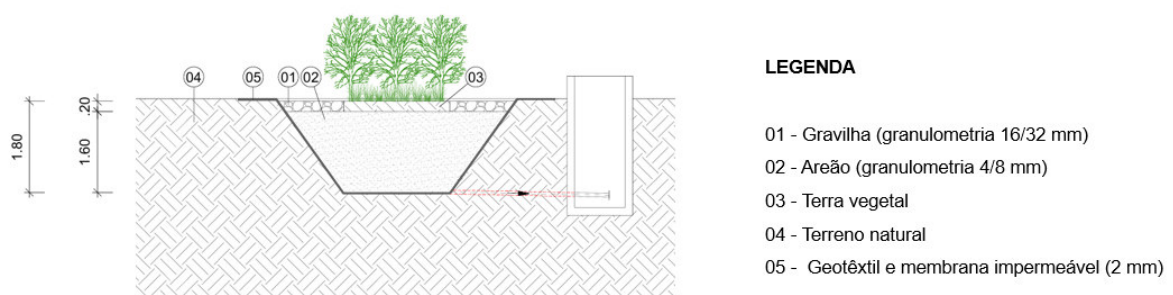


Figura 6.4. Corte AA' da Unidade Piloto 03.

6.3 SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DE VEGETAÇÃO

Relativamente à vegetação dos leitos, optou-se por uma plantação de espécies vegetais em dois estratos: um estrato arbóreo e um estrato herbáceo, pois deste modo potencia-se a evapotranspiração durante o ano inteiro. Acresce que as espécies arbóreas ripícolas disponíveis no mercado têm todas folhas caducas, assim a implementação do estrato herbáceo garante a evapotranspiração na estação fria.

A escolha das plantas teve em consideração as seguintes características das espécies vegetais:

- Adaptabilidade a ambientes encharcados e a águas eutróficas de modo contínuo ou temporário.
- Serem plantas perenes (plantas que vivem três anos ou mais).
- Apresentarem um sistema radicular volumoso e extenso.
- Possuírem capacidade para depuração da água e eliminação dos microrganismos do afluente.

- Terem capacidade de evapotranspirar. Todas as espécies escolhidas têm uma taxa de crescimento rápido quer da parte aérea, quer da parte subterrânea e grande densidade foliar.
- Serem muito resistentes mecanicamente ao vento.
- Crescerem em pH entre os 5 e os 8,5.
- Serem preferencialmente espécies autóctones de Portugal Continental e de preferência da região.
- Criarem no estrato arbóreo-arbustivo matagais densos (*Salix atrocinerea*) ou que crescerem a grande altura (*Populus nigra*).
- Longevidade média ou grande.
- Criar associações de árvore ou grande arbusto caduco com herbácea perene para garantir que existe evapotranspiração na época em que as árvores estão sem folhas.
- Não estarem classificadas como plantas invasoras segundo o Decreto-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho.
- Terem baixa suscetibilidade à incidência de pragas e doenças.
- Serem fáceis de podar e de eliminar.
- Resiliência e adaptação às alterações climáticas.

Tendo isto em conta, para as Unidades Piloto 01 e 03 escolheu-se a espécie *Salix atrocinerea* (borranzeira-preta) para o estrato arbóreo e *Juncus acutus* em conjugação com *Typha latifolia* (tábua-larga) para o estrato herbáceo. Estas espécies encontram-se representadas na Figura 6.5 à Figura 6.7.



Figura 6.5. *Salix atrocinerea*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.



Figura 6.6. *Juncus acutus*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora on.



Figura 6.7. *Typha latifolia*, utilizada nas Unidades Piloto 01 e 03. Fonte: Flora-on.

Para a Unidade Piloto 02 escolheu-se a espécie *Populus nigra* (choupo-negro) para o estrato arbóreo e *Phragmites australis* (caniço) para o estrato herbáceo, ilustradas na Figura 6.8 e na Figura 6.9.

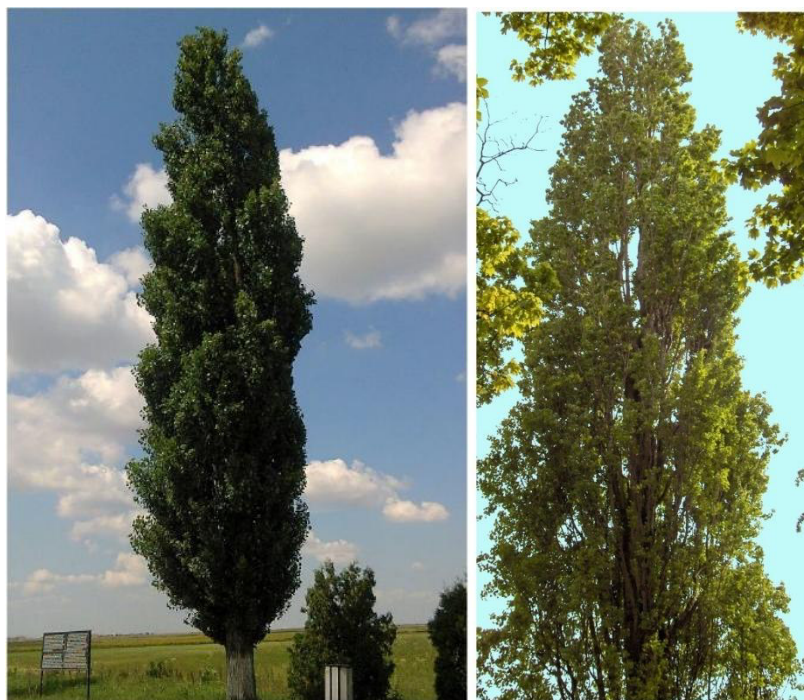


Figura 6.8. *Populus nigra*, utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte Flora-on.



Figura 6.9. *Phragmites australis*, utilizada na Unidade Piloto 02. Fonte: Flora on.

No Quadro 6.1 encontra-se um resumo das características principais das espécies vegetais escolhidas.

Quadro 6.1. Resumo das características das espécies vegetais escolhidas.

Nome científico	Nome comum	Regime de folhagem	Altura (m)	Diâmetro (m)	Taxa de crescimento	Longevidade	Resistência ao vento	pH
Estrato herbáceo								
<i>Juncus acutus</i>	junco-agudo	perene	0.7-1.9	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Phragmites australis</i>	caniço	perene	1.2-2	-	rápido	perene	muito grande	-
<i>Typha latifolia</i>	tábua-larga	perene	1-3	-	rápido	perene	muito grande	-
Estrato arbóreo								
<i>Populus nigra</i>	choupo-negro	caduca	20-30	2-4	rápido	grande	muito grande	5-8.5
<i>Salix atrocinerea</i>	borrazeira-negra	caduca	5-6	2-4	rápido	75 anos	muito grande	5-8.5

Nas Unidades Piloto 01 e 03, o estrato arbóreo, representado pela espécie *Salix atrocinerea*, foi transplantado em linhas e colunas com um espaçamento de aproximadamente 1,0 m. Quanto ao estrato herbáceo, foram transplantadas 15 unidades de *Juncus acutus* e 15 unidades de *Typha latifolia* por metro quadrado, totalizando 240 unidades de cada espécie. Esta configuração está representada na Figura 6.10.

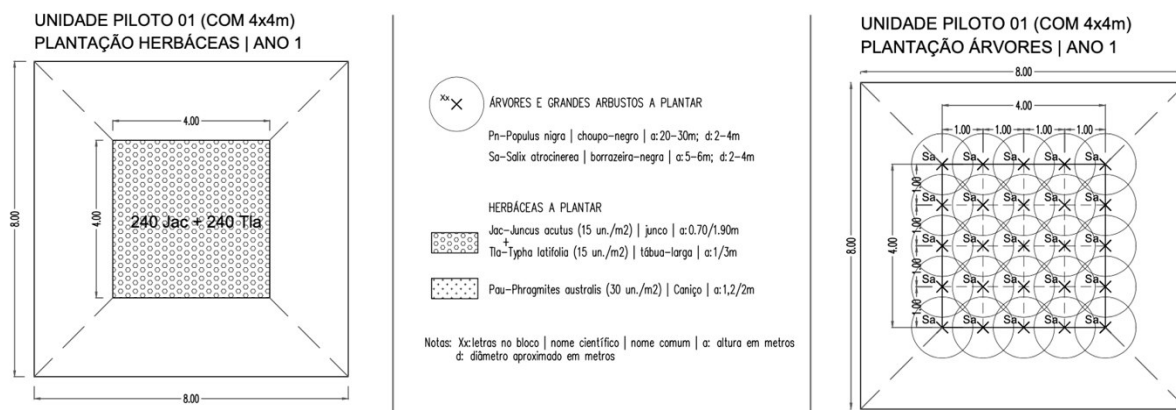
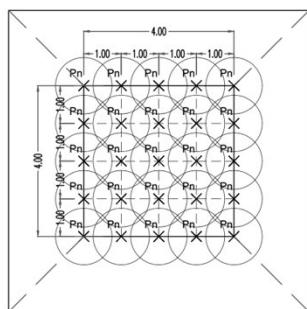


Figura 6.10. Organização de plantação da Unidade Piloto 01.

Relativamente à Unidade Piloto 02, aplicou-se o mesmo princípio de transplante do estrato arbóreo, utilizando a espécie *Populus nigra*, disposta em linhas e colunas com espaçamento aproximado de 1,0 m. Para o estrato herbáceo, transplantaram-se 30 unidades de *Phragmites australis* por metro quadrado, perfazendo um total de 480 unidades no leito. Esta configuração encontra-se representada na Figura 6.11.

UNIDADE PILOTO 02 (COM 4x4m)
PLANO GERAL | ANO 1



ÁRVORES E GRANDES ARBUSTOS A PLANTAR

Pn-Populus nigra | choupo-negro | α : 20-30m; d: 2-4m
 Sa-Salix atrocinerea | borrazeira-negra | α : 5-6m; d: 2-4m

HERBÁCEAS A PLANTAR



Jac-Juncus acutus (15 un./m²) | junco | α : 0.70/1.90m

Tla-Typha latifolia (15 un./m²) | tábua-larga | α : 1/3m



Pau-Phragmites australis (30 un./m²) | caniça | α : 1.2/2m

Notas: Xcletas no bloco | nome científico | nome comum | α : altura em metros
 d: diâmetro aproximado em metros

UNIDADE PILOTO 02 (COM 4x4m)
PLANTAÇÃO HERBÁCEAS | ANO 1

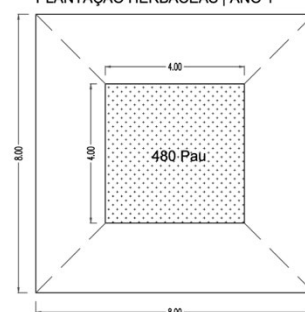


Figura 6.11. Organização de plantação da Unidade Piloto 02.

A solução escolhida teve como primeiro objetivo a retenção e transpiração máxima do afluente nos leitos de macrófitas, e como objetivos secundários a maior longevidade possível das plantas, a promoção da biodiversidade e o sequestro de CO₂.

Na sequência da mortalidade verificada em agosto de 2025 de algumas espécies arbóreas, designadamente salgueiros e choupos, procedeu-se, em outubro, à retransplantação de salgueiros para substituição dos exemplares perdidos dessa espécie, bem como à substituição dos choupos por amieiros.

6.4 CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS UNIDADES PILOTO

A Figura 6.12 apresenta a modelação tridimensional das três unidades piloto, desenvolvida em Autodesk Revit e posteriormente renderizada com recurso ao Unreal Engine 5. Esta representação permite uma visualização integrada da configuração geométrica dos leitos, da sua implantação relativa e da organização espacial do conjunto experimental.

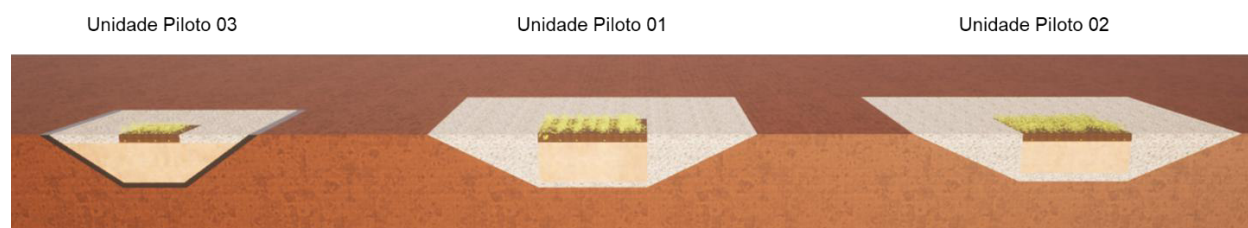


Figura 6.12 - Modelação tridimensional das unidades piloto.

As principais fases do processo construtivo das Unidades Piloto 01 e 02, executadas em dezembro de 2024, encontram-se ilustradas na Figura 6.13. Estas unidades foram concebidas com soluções construtivas idênticas, não incluindo sistema de impermeabilização na base, permitindo assim avaliar o comportamento hidráulico em regime com infiltração.

Por sua vez, a Figura 6.14 documenta o processo construtivo da Unidade Piloto 03, realizado em maio de 2025. Nesta unidade destaca-se a aplicação de geotêxtil e de uma geomembrana com 2 mm de espessura na base e nos taludes, assegurando a impermeabilização do leito. Esta

solução construtiva diferencia-a das restantes unidades, permitindo comparar diretamente o desempenho hidráulico de sistemas impermeabilizados e não impermeabilizados.



Figura 6.13 - Processo de construção das Unidades Piloto 01 e 02 (dezembro de 2024).



Figura 6.14 - Processo de construção da Unidade Piloto 03 (maio de 2025).

A evolução temporal das unidades piloto ao longo do período de monitorização encontra-se apresentada nas Figura 6.15 e na Figura 6.16. A Figura 6.15 ilustra a evolução das Unidades Piloto 01 e 02 entre março de 2025 e janeiro de 2026, evidenciando o desenvolvimento progressivo da vegetação e a consolidação estrutural dos leitos. A Figura 6.16 apresenta a evolução da Unidade Piloto 03 entre maio de 2025 e janeiro de 2026, permitindo acompanhar a fase inicial de estabelecimento da vegetação e a adaptação do sistema às condições operacionais.

Unidade Piloto 01



Março 2025

Unidade Piloto 02



Março 2025



Maio 2025



Maio 2025



Agosto 2025



Agosto 2025



Novembro 2025



Novembro 2025



Janeiro 2026



Janeiro 2026



Março 2026



Março 2026

Figura 6.15 – Evolução temporal das Unidades Piloto 01 e 02.

Unidade Piloto 03



Maio 2025



Agosto 2025



Novembro 2025



Janeiro 2026



Março 2026

Figura 6.16. Evolução temporal da Unidade Piloto 03.

6.5 ATIVIDADES DE DIVULGAÇÃO TÉCNICA E CAPACITAÇÃO

No âmbito das atividades de divulgação e capacitação técnica associados ao presente projeto, importa referir que, no dia 22 de maio de 2025, a AQUANENA organizou uma conferência internacional dedicada às soluções baseadas na natureza no ciclo urbano da água. O evento contou com dois painéis principais: o primeiro focado no potencial das SbN e o segundo nos desafios do setor da água, em Portugal.

No primeiro painel, o professor Pedro Carvalho, da Universidade de Aarhus (Dinamarca), apresentou a comunicação intitulada “*Soluções intensificadas baseadas na natureza para o tratamento e reutilização de águas: os pilotos do projeto MULTISCORE*”. Foram abordados diversos sistemas de pequena escala, como zonas húmidas, paredes verdes, telhados verdes, análise de escorrência rodoviária (*road runoff*), entre outros.

Por sua vez, o professor Joan Garcia, da Universidade Politécnica da Catalunha (Espanha), apresentou três casos de sucesso de zonas húmidas construídas (Figura 6.17):

- **Besòs River Fluvial Park Wetlands (Barcelona):** sistema com cerca de 7,7 ha, com capacidade de tratamento na ordem dos 15 000 m³/dia de efluente proveniente de tratamento secundário. A vegetação dominante é composta por comunidades típicas de zonas ripícolas, destacando-se os carrizais (*Phragmites australis*), os espadaçais (*Typha angustifolia*), bem como espécies aquáticas como os berros (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) e o apio-dos-rios (*Apium nodiflorum*).
- **Tancat de Milia Wetland (Valência):** sistema com uma área total de 33 ha e capacidade para tratar até 4 500 m³/dia de efluente secundário. A vegetação instalada inclui espécies características de zonas húmidas, como *Cladium mariscus*, *Kosteletzkya pentacarpos* e *Iris pseudacorus*.
- **Can Cabanyes Park Wetland (Barcelona):** sistema com cerca de 1 ha, com capacidade para tratar 300 m³/dia de efluente secundário. A vegetação é constituída por espécies típicas de zonas húmidas urbanas, incluindo carrizais (*Phragmites australis*), espadaçais (*Typha spp.*) e outras plantas aquáticas adaptadas ao tratamento de águas residuais.

Estes sistemas têm demonstrado resultados positivos, com vários benefícios ambientais, tais como o aumento da biodiversidade, melhoria da qualidade ambiental e paisagística, bem como o incremento da qualidade da água tratada.

Besòs River Fluvial Park Wetland (Barcelona)



Tancat de Milia Wetland (Valência)



Can Cabanyes Park Wetland (Barcelona)



Figura 6.17 - Exemplos de zonas húmidas construídas apresentadas por Joan Garcia: Besòs River Fluvial Park (Barcelona), Tancat de Milia (Valência) e Can Cabanyes Park (Granollers).

Adicionalmente, nos dias 4 e 5 de dezembro de 2025, realizou-se um curso de formação promovido pelo FUNDEC, intitulado “*Nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU) – Dificuldades, Desafios, Oportunidades e Soluções*”, coordenado pelos Professores José Saldanha Matos e Filipa Ferreira.

A nova Diretiva 2024/3019, publicada a 27 de dezembro de 2024 e em vigor desde 1 de janeiro de 2025, introduz requisitos particularmente exigentes para o setor das águas residuais urbanas, com impacto direto na conceção, operação e desempenho das infraestruturas de tratamento (conforme detalhado na Secção 2.3).

A formação adotou uma abordagem teórico-prática, integrando a análise de estudos de caso e a partilha de experiências de boas práticas, incidindo sobre os principais desafios de implementação da nova DARU, bem como sobre oportunidades e soluções técnicas associadas. O objetivo central consistiu em capacitar técnicos e profissionais para a interpretação e aplicação dos requisitos da Diretiva, promovendo uma gestão integrada, sustentável e tecnicamente fundamentada das águas residuais urbanas, com particular ênfase no controlo da poluição na origem, na elaboração de planos integrados de gestão, nas soluções de tratamento terciário e quaternário e nas estratégias orientadas para a neutralidade energética.

7. ESTIMATIVA TEÓRICA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COM ESTRATOS HERBÁCEOS E ARBÓREOS

7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A ET constitui um processo conjunto de perda de água por evaporação e transpiração que representa o principal mecanismo de retorno da água do solo e da vegetação para a atmosfera. A evaporação corresponde à perda líquida de água de uma superfície, provocada pela mudança do estado líquido para o estado gasoso e pela consequente transferência desse vapor para a atmosfera. Por sua vez, a transpiração é a perda de água pelas plantas, através da evaporação que ocorre nos estomas das folhas.

Existem diversos fatores que afetam a taxa de evapotranspiração, entre os quais se destacam as condições meteorológicas, as características das culturas, as práticas de gestão agrícola e as condições do ambiente à volta (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). Dentro dos parâmetros meteorológicos, os que mais influenciam a ET são a radiação solar, a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do vento. No que diz respeito aos fatores agrícolas, a espécie cultivada, a variedade, bem como o estágio de desenvolvimento, são elementos fundamentais a considerar na estimativa da evapotranspiração. Mesmo sob condições ambientais idênticas, diferentes culturas apresentam valores distintos de ET, devido a variações na resistência à transpiração, altura da planta, rugosidade da superfície da cultura, reflexão da radiação, cobertura do solo e características do sistema radicular.

As condições de gestão agrícola e ambientais também têm um papel determinante. Fatores como salinidade do solo, baixa fertilidade, aplicação limitada de fertilizantes, presença de camadas compactadas ou impermeáveis no solo, ausência de controlo fitossanitário (pragas e doenças), bem como práticas inadequadas de utilização do solo, podem comprometer o desenvolvimento das culturas e, consequentemente, reduzir a taxa de evapotranspiração.

Para a estimativa da evapotranspiração, consideram-se três conceitos distintos, que serão abordados com maior detalhe nas secções seguintes (Figura 7.1):

- **Evapotranspiração de referência (ET_0):** parâmetro climático que expressa o poder evaporativo da atmosfera, baseado numa superfície de referência padronizada;
- **Evapotranspiração da cultura em condições padrão (ET_c):** evapotranspiração de culturas bem geridas, cultivadas em grandes campos, bem irrigadas e que atingem a produção máxima sob as condições climáticas existentes;
- **Evapotranspiração da cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$):** corresponde à ET_c ajustada para refletir limitações de gestão ou fatores ambientais que afetam o desenvolvimento das culturas e reduzem o seu potencial de evapotranspiração.

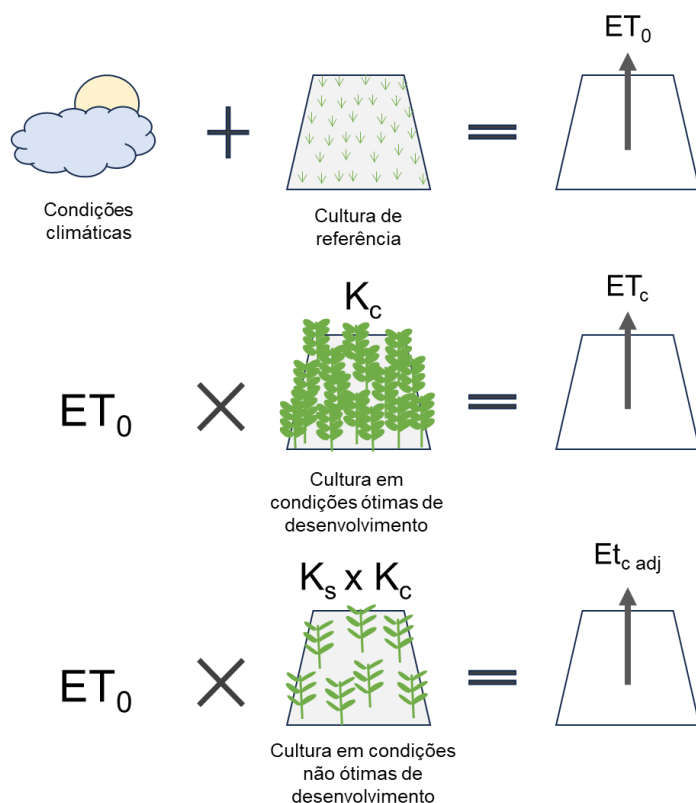


Figura 7.1 – Evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração da cultura em condições padrão (ET_c) e evapotranspiração da cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$). Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith (1998).

7.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Esta subseção aborda o conceito de evapotranspiração de referência (ET_0). A ET_0 corresponde à perda de água por evaporação e transpiração a partir de uma superfície de referência hipotética, representada por uma cobertura contínua de relva curta, verde, bem irrigada, de altura uniforme, em crescimento ativo e que sombreia completamente o solo. De acordo com a definição padronizada da FAO (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998), esta superfície de referência assume uma relva com 0,12 m de altura, albedo de 0,23 e resistência superficial de $70\ s \cdot m^{-1}$, correspondendo a uma cobertura com disponibilidade hídrica adequada, mas com resistência típica de um solo moderadamente seco sob regimes de rega usuais.

O Quadro 7.1 apresenta intervalos típicos de valores de evapotranspiração de referência para diferentes regiões agroclimáticas. No caso do presente estudo, o concelho de Alcanena insere-se na *região temperada húmida a sub-húmida*, conforme a classificação agroclimática adotada.

Quadro 7.1 - Valores de ET_0 médias (mm/dia) para diferentes regiões agroclimáticas. Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith (1998).

Regiões	Temperatura média diária (°C)		
	Fria (~ 10°C)	Moderada (20°C)	Quente (> 30°C)
Trópicos e subtropicos - húmida e sub-húmida - árida e semiárida	2 - 3 2 - 4	3 - 5 4 - 6	5 - 7 6 - 8
Região temperada - húmida e sub-húmida - árida e semiárida	1 - 2 1 - 3	2 - 4 4 - 7	4 - 7 6 - 9

O Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) disponibiliza valores diários de evapotranspiração de referência (ET_0) por concelho. A título de exemplo, foi analisada uma semana do mês de julho (21 a 29 de julho), caracterizada por temperaturas médias elevadas, entre 30 °C e 36 °C, e ausência de precipitação. Nestas condições, os valores de ET_0 situaram-se entre 5,5 e 7,1 mm/dia, o que se encontra alinhado com a gama de valores constantes no Quadro 7.1. A Figura 7.2 apresenta os resultados correspondentes ao dia 29 de julho de 2025.

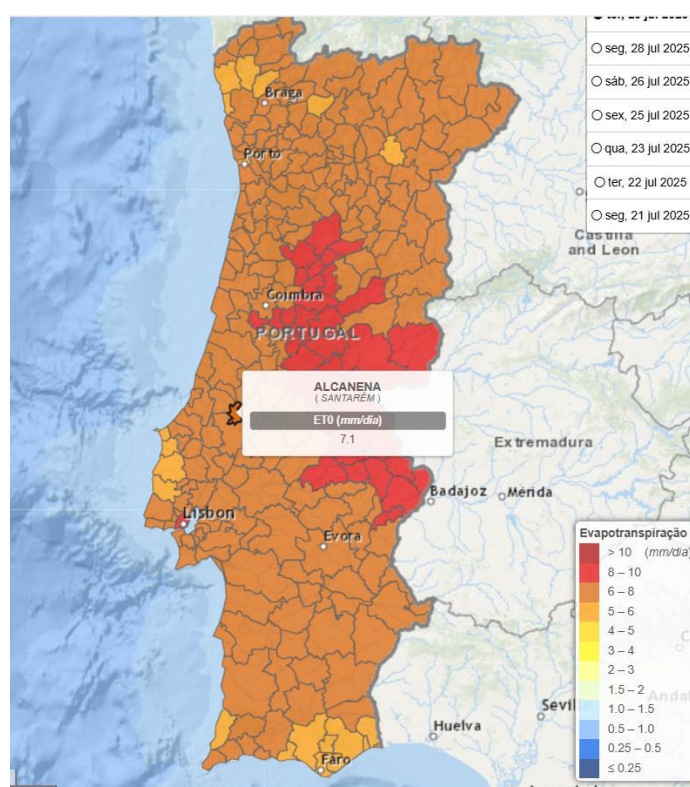


Figura 7.2 - Valores da evapotranspiração de referência (ET_0) para o concelho de Alcanena, referentes ao dia 29 de julho de 2025, segundo dados do IPMA.

Na sequência de uma consulta técnica promovida pela FAO em maio de 1990, foi recomendado que a equação de Penman-Monteith, na sua versão padronizada, passasse a ser o método de referência único para o cálculo da evapotranspiração de referência (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). Este método constitui uma representação próxima e simplificada dos fatores físicos e fisiológicos que regulam o processo de evapotranspiração.

A equação do método FAO Penman-Monteith resulta da adaptação da equação geral de Penman-Monteith à superfície de referência padronizada definida pela FAO, incorporando valores fixos de resistência superficial e resistência aerodinâmica. A forma final recomendada para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0), expressa em mm/dia, é apresentada na Expressão (1):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

sendo,

- ET_0 : evapotranspiração de referência [mm/dia];
- R_n : radiação líquida na superfície da cultura [MJ/m^2 /dia];
- G : fluxo de calor no solo [MJ/m^2 /dia];
- T : temperatura média diária do ar a 2 m de altura [$^{\circ}C$];
- u_2 : velocidade do vento a 2 m de altura [m/s];
- e_s : pressão de vapor de saturação [kPa];
- e_a : pressão real de vapor de água [kPa];
- $(e_s - e_a)$: déficit de pressão de vapor [kPa];
- Δ : declive da curva de pressão de vapor de saturação [$kPa/^{\circ}C$];
- γ : constante psicrométrica [$kPa/^{\circ}C$].

A ET_0 foi estimada com recurso ao software CROPWAT 8.0, desenvolvido pela FAO, que permite calcular as necessidades hídricas das culturas e realizar balanços hídricos com base em dados climáticos. Para este cálculo, foram introduzidos no software dados climáticos médios mensais, incluindo temperatura mínima e máxima, humidade relativa, horas de sol direto e velocidade do vento. Com base nestes parâmetros, o CROPWAT calculou os valores diários da radiação e da ET_0 segundo o método FAO Penman-Monteith.

A Figura 7.3 apresenta o gráfico com a evolução diária da ET_0 ao longo do ano de 2025, gerado pelo próprio software, enquanto o Quadro 7.2 resume os valores mensais correspondentes. O Anexo 2 apresenta as tabelas com os valores diários de evapotranspiração e dos restantes parâmetros climáticos utilizados no seu cálculo, organizados por mês.

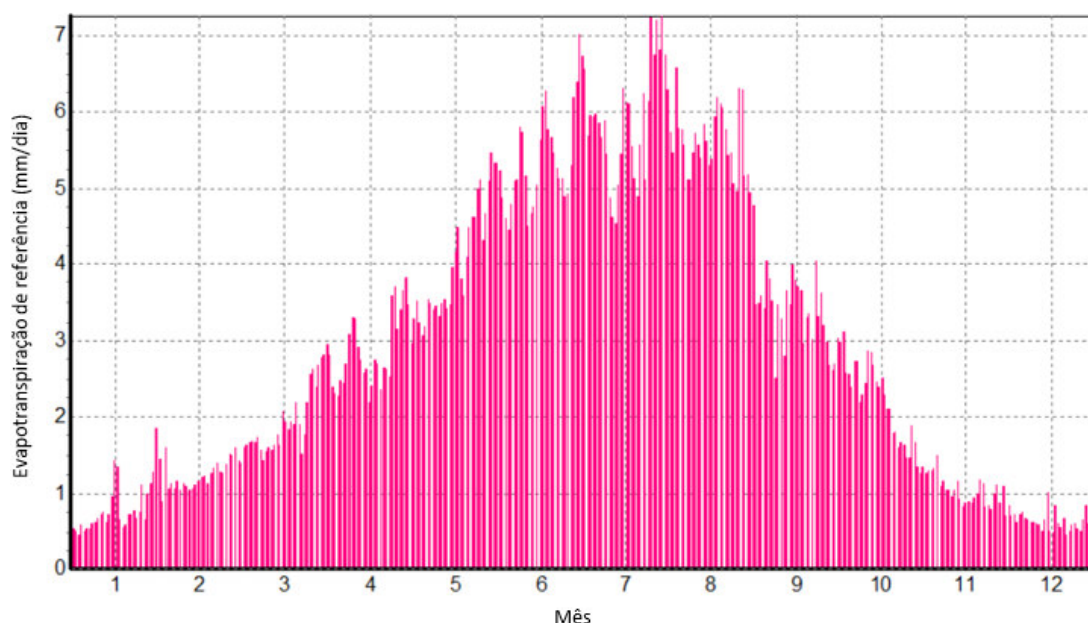


Figura 7.3 - Evolução diária da evapotranspiração de referência (ET_0) em Alcanena, estimada com recurso ao software CropWat, em 2025.

Quadro 7.2 – Valores médios mensais da evapotranspiração de referência (ET_0) em Alcanena, estimada com recurso ao software CropWat, em 2025.

Mês	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humidade relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)	Horas diretas de sol (horas)	Radiação (MJ/m ² /dia)	Evapotranspiração de referência (mm/dia)
Janeiro	6.8	15.4	90	1.4	4.5	7.6	0.79
Fevereiro	5.9	17.1	89	0.9	5.5	10.6	1.24
Março	7.6	17.7	88	1.4	6.5	14.6	1.96
Abril	9	20.9	85	1.3	7.5	18.7	2.86
Maio	10.5	25	76	1.5	9	22.5	4.05
Junho	15.5	30.6	67	1.7	11	26	5.39
Julho	16.9	32.1	58	1.9	11	25.6	5.90
Agosto	16.5	33.8	43	1.6	10.2	22.9	5.58
Setembro	12.6	27.8	69	1.6	7.8	17.1	3.35
Outubro	13	26.4	75	1.1	6	11.9	2.16
Novembro	8	18.2	86	1.0	6	9.3	1.03
Dezembro	5.8	15.4	89	0.9	4.2	6.7	0.63

7.3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CONDIÇÕES PADRÃO

A evapotranspiração da cultura em condições padrão (ET_c) corresponde à quantidade de água perdida por evaporação e transpiração de uma cultura vigorosa, bem nutrida, cultivada em campo aberto, sem limitações hídricas, e com rendimento máximo possível nas condições climáticas existentes.

A principal diferença entre a ET_0 e a ET_c reside nas características da vegetação considerada. A ET_0 representa a perda de água de uma superfície de referência idealizada, geralmente uma relva curta e bem irrigada, com características constantes. Já a ET_c traduz a evapotranspiração real de uma cultura específica, cujas propriedades morfológicas, fisiológicas e de cobertura do solo diferem da cultura de referência. Assim, mesmo sob as mesmas condições climáticas, a ET_c

tende a divergir da ET_0 , refletindo a variabilidade entre espécies vegetais e o seu estado de desenvolvimento.

A ET_c é determinada multiplicando a ET_0 pelo coeficiente de cultura K_c , um fator empírico adimensional que traduz a diferença entre a cultura específica e a superfície de referência. O coeficiente K_c integra o efeito das características morfológicas e fisiológicas da vegetação, bem como o seu estágio de desenvolvimento. Esta relação encontra-se expressa na Expressão (2):

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

Sendo,

- ET_c : evapotranspiração da cultura (mm/dia);
- K_c : coeficiente de cultura (adimensional);
- ET_0 : evapotranspiração de referência (mm/dia).

Uma vez que as características da cultura se alteram ao longo do ciclo vegetativo, o K_c varia também ao longo do tempo. De acordo com a metodologia FAO, a curva típica de K_c pode ser descrita por três valores representativos: o valor durante a fase inicial do ciclo cultural ($K_{c\text{ ini}}$), o valor durante a fase de pleno desenvolvimento ($K_{c\text{ mid}}$) e o valor correspondente ao final da fase tardia ($K_{c\text{ end}}$). Estas fases encontram-se representadas na Figura 7.4.

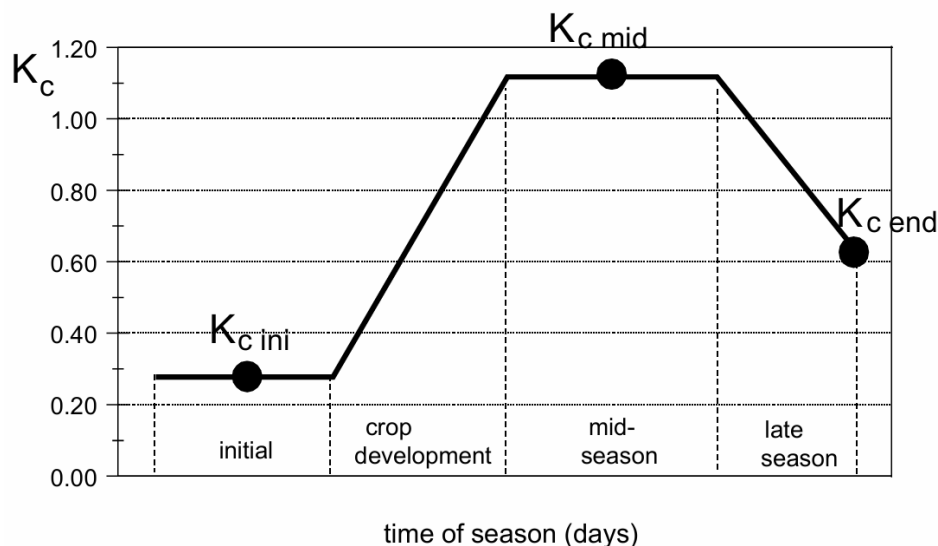


Figura 7.4 - Curva do coeficiente cultural (K_c), representando as diferentes fases do ciclo da cultura.

A Figura 7.5 apresenta os valores típicos de K_c para várias culturas na fase de pleno desenvolvimento ($K_{c\text{ mid}}$).

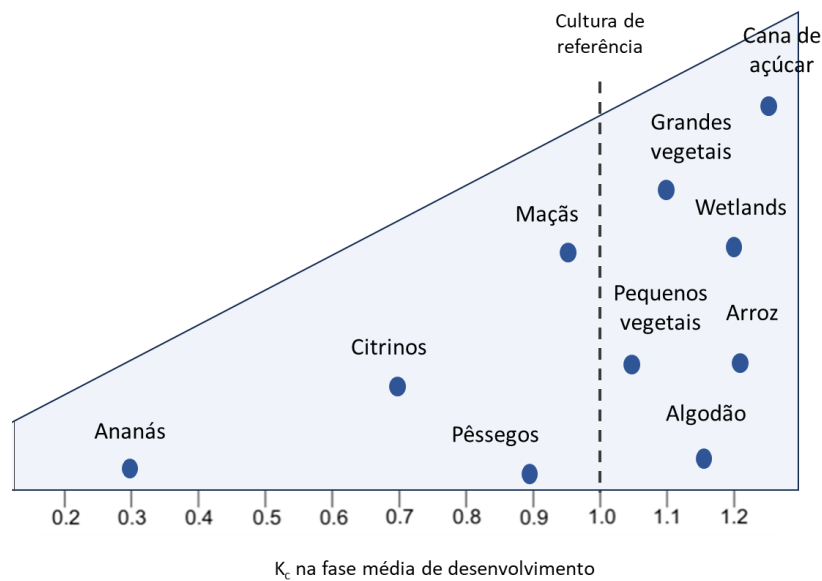


Figura 7.5 - Valores típicos de K_c para diferentes culturas na fase média de desenvolvimento (mid). Adaptado de Allen, Pereira, Raes, & Smith, (1998).

A FAO disponibiliza valores de referência tabelados para o coeficiente cultural de diversas culturas, considerando as diferentes fases do seu desenvolvimento. Procurou-se identificar, entre esses valores, os que melhor representassem a vegetação presente nas unidades piloto implementadas em Alcanena. Para o estrato herbáceo foi possível encontrar grupos com características semelhantes às observadas no local. Contudo, para o estrato arbóreo não foram identificados valores tabelados diretamente comparáveis. Por este motivo, a ET foi estimada separadamente para cada estrato, considerando a evapotranspiração de cultura do estrato herbáceo ($ET_{c\text{ herb}}$) e a evapotranspiração do estrato arbóreo ($ET_{c\text{ arb}}$).

No caso do estrato herbáceo, os coeficientes culturais mais adequados correspondem aos grupos associados a *wetlands* (zonas húmidas construídas). Estes grupos apresentam valores de K_c distintos (Quadro 7.3). No presente estudo, considerou-se apenas a fase de pleno desenvolvimento, assumindo-se que as espécies se encontram na fase de maior evapotranspiração.

Para as Unidades Piloto 01 e 03, compostas maioritariamente por tábuas-largas e juncos no estrato herbáceo, foram adotados os valores de $K_{c\text{ mid}}$ do grupo “Tábuas, juncos, sem geada” (*Cattails, bulrushes, no frost*). Para a Unidade Piloto 02, constituída por caniços no estrato herbáceo, consideraram-se os valores de $K_{c\text{ mid}}$ do grupo “Pântano de caniços, solo húmido” (*Reed swamp, moist soil*), sendo esse valor igual a 1,2 em ambos os casos.

Quadro 7.3 - Coeficientes de cultura da fase de desenvolvimento (K_c mid) do ciclo cultural para diferentes grupos de vegetação herbáceas associados a zonas húmidas (FAO).

Wetlands	K_c mid
Taboas, juncos, geada forte	1.2
Taboas, juncos, sem geada	1.2
Vegetação baixa, sem geada	1.1
Pântano de caniços, água estagnada	1.2
Pântano de caniços solo húmido	1.2

Dessa forma, com base nos valores de evapotranspiração de referência (ET_0) previamente obtidos e recorrendo novamente ao software CropWat, calcularam-se os valores teóricos preliminares de $ET_{c\text{ herb}}$ por meio da multiplicação pelos coeficientes culturais ($K_{c\text{ herb}}$) tabelados. A Figura 7.6 apresenta a evolução da $ET_{c\text{ herb}}$, estimada para as três Unidades Piloto, ao longo de 2025.

Uma vez que as três unidades apresentam valores de K_c iguais, exibem também comportamentos semelhantes, em particular as Unidades Piloto 01 e 02, que iniciaram a operação na mesma altura. A Unidade Piloto 03, por ter sido construída e colocada em funcionamento mais tarde, apresenta resultados apenas a partir de maio.

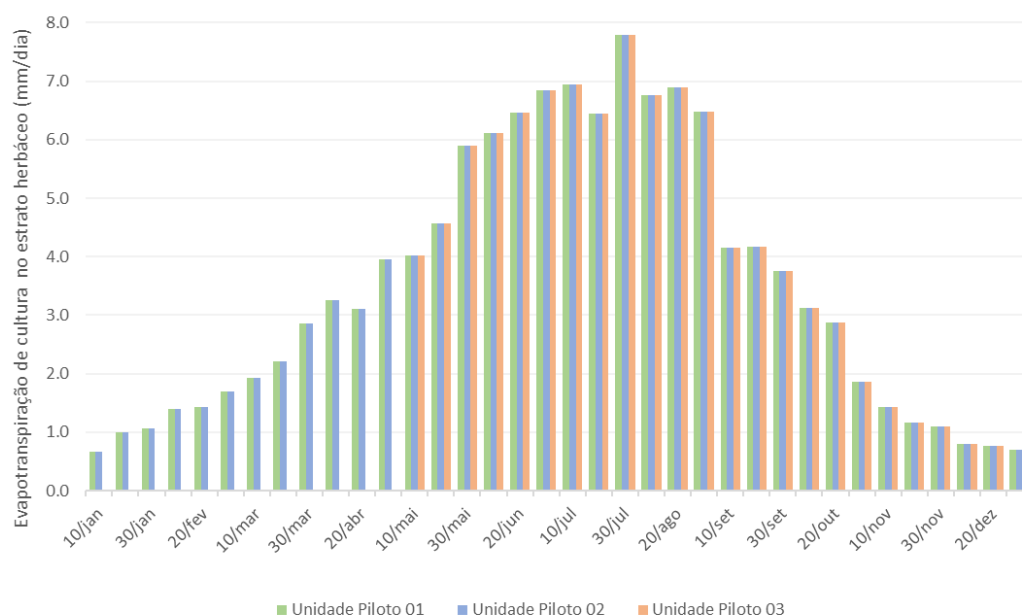


Figura 7.6 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura do estrato herbáceo ($ET_{c\text{ herb}}$) nas Unidades Piloto, calculada com recurso ao software CropWat, em 2025.

De acordo com a literatura, tem lugar um comportamento sazonal bem definido, coerente com a variação anual das condições climáticas: os valores são reduzidos durante o inverno (tipicamente menores que 2 mm/dia em janeiro/fevereiro e novembro/dezembro), aumentam de forma progressiva na primavera e atingem máximos no verão. O pico ocorre no final de julho/início de agosto, com valores esperados na ordem de 7 a 8 mm/dia. A partir de setembro estima-se uma

diminuição acentuada de evapotranspiração de referência nas 3 unidades, com valores a reduzir para cerca de 4 mm/dia e, posteriormente, para 2 a 3 mm/dia, em outubro.

Relativamente ao estrato arbóreo, verifica-se que este se encontra ainda numa fase inicial de desenvolvimento, o que se justifica pelo facto de as espécies arbóreas necessitarem de um período prolongado para atingirem o pleno desenvolvimento, geralmente não inferior a 2 a 3 anos. Contudo, para efeitos do presente cálculo preliminar, assumiu-se que o estrato arbóreo se encontra já na fase de desenvolvimento. Assim, admitiu-se, de forma simplificada, que a evapotranspiração de cultura do estrato arbóreo será, no futuro, equivalente ao dobro da evapotranspiração de referência (ET_0), adotando-se, para o efeito, um valor de $K_{c\text{ arb}}=2$, uniformemente para os três leitos. Este valor constitui uma aproximação conservativa, devendo ser objeto de calibração futura, após o desenvolvimento completo das espécies arbóreas.

A evapotranspiração total foi determinada pela soma das componentes estimadas para os estratos herbáceo e arbóreo, conforme apresentado no Quadro 7.4 e Quadro 7.5. Importa ainda referir que o software utilizado organiza os resultados por décadas mensais (dec), correspondentes a períodos de aproximadamente 10 dias. Deste modo, cada mês é representado por três décadas.

A Figura 7.7 e Figura 7.8 apresentam a evolução temporal da evapotranspiração nas três unidades piloto, com discriminação entre $ET_{c\text{ herb}}$, $ET_{c\text{ arb}}$ e $ET_{c\text{ total}}$.

De acordo com estes resultados teóricos, a evapotranspiração poderá variar entre 1 e 21 mm/dia, admitindo-se, naturalmente, o pleno desenvolvimento das espécies arbóreas e a ausência de interferência entre o desempenho das espécies arbóreas e herbáceas.

Quadro 7.4 – Estimativa da evapotranspiração cultural (ET_c) herbácea, arbórea e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.

Mês	Década	ET_0 (mm/dia)	Estrato herbáceo			Estrato arbóreo			$ET_{c\text{ total}}$ (mm/dia)
			Fase _{herb}	$K_{c\text{ herb}}$	$ET_{c\text{ herb}}$ (mm/dia)	Fase _{arb}	$K_{c\text{ arb}}$	$ET_{c\text{ arb}}$ (mm/dia)	
Janeiro	1	0.6	Mid	1.2	0.7	Mid	2	1.1	1.8
Janeiro	2	0.8	Mid	1.2	1.0	Mid	2	1.7	2.7
Janeiro	3	0.9	Mid	1.2	1.1	Mid	2	1.8	2.8
Fevereiro	1	1.2	Mid	1.2	1.4	Mid	2	2.3	3.7
Fevereiro	2	1.2	Mid	1.2	1.4	Mid	2	2.4	3.8
Fevereiro	3	1.4	Mid	1.2	1.7	Mid	2	2.8	4.5
Março	1	1.6	Mid	1.2	1.9	Mid	2	3.2	5.2
Março	2	1.8	Mid	1.2	2.2	Mid	2	3.7	5.9
Março	3	2.4	Mid	1.2	2.9	Mid	2	4.8	7.6
Abril	1	2.7	Mid	1.2	3.2	Mid	2	5.4	8.7
Abril	2	2.6	Mid	1.2	3.1	Mid	2	5.2	8.3
Abril	3	3.3	Mid	1.2	4.0	Mid	2	6.6	10.5
Mai	1	3.4	Mid	1.2	4.0	Mid	2	6.7	10.7
Mai	2	3.8	Mid	1.2	4.6	Mid	2	7.6	12.2
Mai	3	4.9	Mid	1.2	5.9	Mid	2	9.8	15.7
Junho	1	5.1	Mid	1.2	6.1	Mid	2	10.2	16.3
Junho	2	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.2
Junho	3	5.7	Mid	1.2	6.8	Mid	2	11.4	18.2
Julho	1	5.8	Mid	1.2	6.9	Mid	2	11.6	18.5
Julho	2	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.2
Julho	3	6.5	Mid	1.2	7.8	Mid	2	13.0	20.8
Agosto	1	5.6	Mid	1.2	6.8	Mid	2	11.3	18.0
Agosto	2	5.7	Mid	1.2	6.9	Mid	2	11.5	18.4
Agosto	3	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.3
Setembro	1	3.5	Mid	1.2	4.2	Mid	2	6.9	11.1
Setembro	2	3.5	Mid	1.2	4.2	Mid	2	7.0	11.1
Setembro	3	3.1	Mid	1.2	3.8	Mid	2	6.3	10.0
Outubro	1	2.6	Mid	1.2	3.1	Mid	2	5.2	8.3
Outubro	2	2.4	Mid	1.2	2.9	Mid	2	4.8	7.7
Outubro	3	1.6	Mid	1.2	1.9	Mid	2	3.1	5.0
Novembro	1	1.2	Mid	1.2	1.4	Mid	2	2.4	3.8
Novembro	2	1.0	Mid	1.2	1.2	Mid	2	1.9	3.1
Novembro	3	0.9	Mid	1.2	1.1	Mid	2	1.8	2.9
Dezembro	1	0.7	Mid	1.2	0.8	Mid	2	1.3	2.1
Dezembro	2	0.6	Mid	1.2	0.8	Mid	2	1.3	2.1
Dezembro	3	0.6	Mid	1.2	0.7	Mid	2	1.2	1.9

Quadro 7.5 - Estimativa da evapotranspiração cultural (ET_c) herbácea, arbórea e total na Unidade Piloto 03, em 2025.

Mês	Década	ET_0 (mm/dia)	Estrato herbáceo			Estrato arbóreo			$ET_{c\text{ total}}$ (mm/dia)
			Fase _{herb}	$K_{c\text{ herb}}$	$ET_{c\text{ herb}}$ (mm/dia)	Fase _{arb}	$K_{c\text{ arb}}$	$ET_{c\text{ arb}}$ (mm/dia)	
Maio	1	3.4	Mid	1.2	4.0	Mid	2	6.7	10.7
Maio	2	3.8	Mid	1.2	4.6	Mid	2	7.6	12.2
Maio	3	4.9	Mid	1.2	5.9	Mid	2	9.8	15.7
Junho	1	5.1	Mid	1.2	6.1	Mid	2	10.2	16.3
Junho	2	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.2
Junho	3	5.7	Mid	1.2	6.8	Mid	2	11.4	18.2
Julho	1	5.8	Mid	1.2	6.9	Mid	2	11.6	18.5
Julho	2	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.2
Julho	3	6.5	Mid	1.2	7.8	Mid	2	13.0	20.8
Agosto	1	5.6	Mid	1.2	6.8	Mid	2	11.3	18.0
Agosto	2	5.7	Mid	1.2	6.9	Mid	2	11.5	18.4
Agosto	3	5.4	Mid	1.2	6.5	Mid	2	10.8	17.3
Setembro	1	3.5	Mid	1.2	4.2	Mid	2	6.9	11.1
Setembro	2	3.5	Mid	1.2	4.2	Mid	2	7.0	11.1
Setembro	3	3.1	Mid	1.2	3.8	Mid	2	6.3	10.0
Outubro	1	2.6	Mid	1.2	3.1	Mid	2	5.2	8.3
Outubro	2	2.4	Mid	1.2	2.9	Mid	2	4.8	7.7
Outubro	3	1.6	Mid	1.2	1.9	Mid	2	3.1	5.0
Novembro	1	1.2	Mid	1.2	1.4	Mid	2	2.4	3.8
Novembro	2	1.0	Mid	1.2	1.2	Mid	2	1.9	3.1
Novembro	3	0.9	Mid	1.2	1.1	Mid	2	1.8	2.9
Dezembro	1	0.7	Mid	1.2	0.8	Mid	2	1.3	2.1
Dezembro	2	0.6	Mid	1.2	0.8	Mid	2	1.3	2.1
Dezembro	3	0.6	Mid	1.2	0.7	Mid	2	1.2	1.9

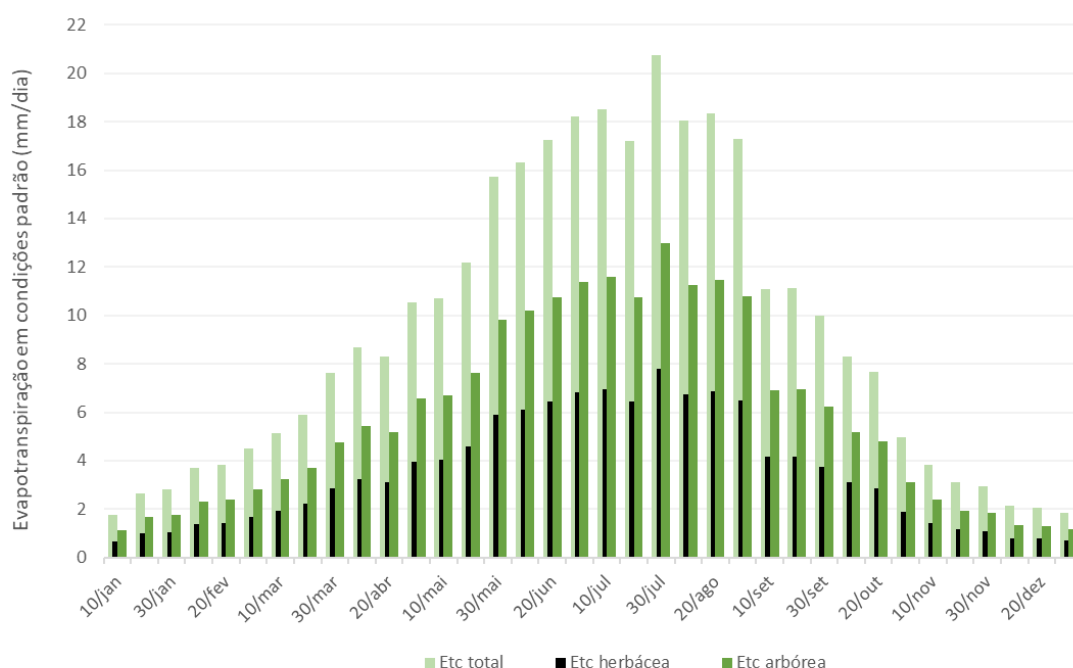


Figura 7.7 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições padrão (ET_c) dos estratos herbáceo, arbóreo e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.

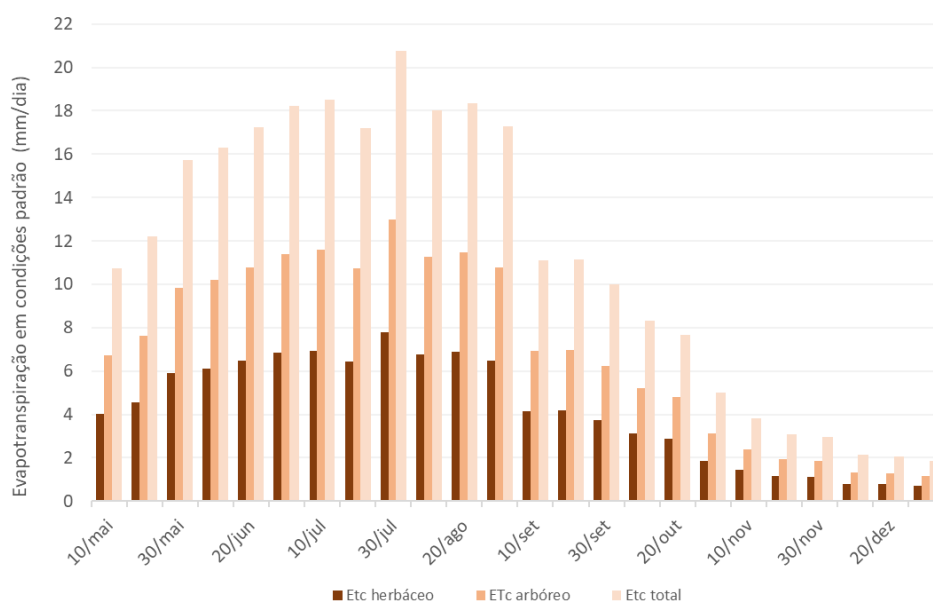


Figura 7.8 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições padrão (ET_c) dos estratos herbáceo, arbóreo e total na Unidade Piloto 03, em 2025.

7.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CONDIÇÕES NÃO PADRÃO

A evapotranspiração da cultura em condições não padrão ($ET_{c \text{ adj}}$) corresponde à evapotranspiração de culturas cultivadas sob condições de gestão ou ambientais que divergem das condições ideais. No campo, a evapotranspiração real da cultura pode diferir da ET_c devido

à ocorrência de situações subótimas, como a presença de pragas e doenças, salinidade do solo, baixa fertilidade, escassez de água ou encharcamento. Estes fatores podem conduzir a um crescimento vegetal limitado, baixa densidade de plantação e, conseqüentemente, a uma redução da taxa de evapotranspiração abaixo da ET_c .

A evapotranspiração da cultura em condições não padrão é estimada através da aplicação de um coeficiente de stress hídrico (K_s) e/ou pelo ajuste do coeficiente de cultura (K_c), de modo a refletir os diversos tipos de stress e constrangimentos ambientais que afetam a evapotranspiração da cultura. Esta relação está representada na expressão (3).

$$ET_{c \text{ adj}} = K_s K_c ET_o \quad (3)$$

No caso das plataformas de evapotranspiração de Alcanena, verificou-se que o estrato arbóreo não apresentou o desenvolvimento inicialmente previsto, tendo as árvores evidenciado condições vegetativas pouco favoráveis, possivelmente associadas a stress hídrico e/ou à interferência com o estrato herbáceo. Nesse contexto, adotou-se um coeficiente de stress hídrico de $K_s=0,5$. Adicionalmente, na sequência da mortalidade verificada em agosto de 2025, e atendendo a que a retransplantação apenas ocorreu em outubro, considerou-se, para o período em que não existiu cobertura arbórea, $K_s=0$ para o estrato arbóreo, anulando-se assim a respetiva contribuição para a evapotranspiração nesses meses.

Para o estrato herbáceo, não se identificaram evidências de stress hídrico ou de outros constrangimentos ambientais relevantes. Deste modo, assumiu-se $K_s = 1$, considerando-se que a evapotranspiração cultural corresponde aos valores de ET_c calculados na Secção 7.3, representativos de condições de desenvolvimento ideal da vegetação.

Assim, o Quadro 7.6 e o Quadro 7.7 apresentam os valores de evapotranspiração em condições não padrão ($ET_{c \text{ adj}}$), discriminados por estrato arbóreo, estrato herbáceo e total, enquanto a Figura 7.9 e Figura 7.10 ilustram a respetiva evolução temporal ao longo do período em análise. Verifica-se que, nestas condições, as estimativas de evapotranspiração atingem valores máximos da ordem de 15 mm/dia nos três leitões.

Quadro 7.6 - Estimativa da evapotranspiração em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) herbácea, arbórea e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.

Mês	Dec	ET_0 (mm/dia)	Estrato herbáceo				Estrato arbóreo				$Etc_{\ adj\ total}$ (mm/dia)
			$K_{c\ herb}$	$ET_{c\ herb}$ (mm/dia)	$K_{s\ herb}$	$Etc_{\ adj\ herb}$ (mm/dia)	$K_{c\ arb}$	$ET_{c\ arb}$ (mm/dia)	$K_{s\ arb}$	$Etc_{\ adj\ arb}$ (mm/dia)	
Janeiro	1	0.6	1.2	0.7	1	0.7	2	1.1	0.5	0.6	1.2
Janeiro	2	0.8	1.2	1.0	1	1.0	2	1.7	0.5	0.8	1.8
Janeiro	3	0.9	1.2	1.1	1	1.1	2	1.8	0.5	0.9	1.9
Fevereiro	1	1.2	1.2	1.4	1	1.4	2	2.3	0.5	1.2	2.6
Fevereiro	2	1.2	1.2	1.4	1	1.4	2	2.4	0.5	1.2	2.6
Fevereiro	3	1.4	1.2	1.7	1	1.7	2	2.8	0.5	1.4	3.1
Março	1	1.6	1.2	1.9	1	1.9	2	3.2	0.5	1.6	3.5
Março	2	1.8	1.2	2.2	1	2.2	2	3.7	0.5	1.8	4.1
Março	3	2.4	1.2	2.9	1	2.9	2	4.8	0.5	2.4	5.2
Abril	1	2.7	1.2	3.2	1	3.2	2	5.4	0.5	2.7	6.0
Abril	2	2.6	1.2	3.1	1	3.1	2	5.2	0.5	2.6	5.7
Abril	3	3.3	1.2	4.0	1	4.0	2	6.6	0.5	3.3	7.2
Maio	1	3.4	1.2	4.0	1	4.0	2	6.7	0.5	3.4	7.4
Maio	2	3.8	1.2	4.6	1	4.6	2	7.6	0.5	3.8	8.4
Maio	3	4.9	1.2	5.9	1	5.9	2	9.8	0.5	4.9	10.8
Junho	1	5.1	1.2	6.1	1	6.1	2	10.2	0.5	5.1	11.2
Junho	2	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.5	5.4	11.8
Junho	3	5.7	1.2	6.8	1	6.8	2	11.4	0.5	5.7	12.5
Julho	1	5.8	1.2	6.9	1	6.9	2	11.6	0.5	5.8	12.7
Julho	2	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.5	5.4	11.8
Julho	3	6.5	1.2	7.8	1	7.8	2	13.0	0.5	6.5	14.3
Agosto	1	5.6	1.2	6.8	1	6.8	2	11.3	0.5	5.6	12.4
Agosto	2	5.7	1.2	6.9	1	6.9	2	11.5	0.0	0.0	6.9
Agosto	3	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.0	0.0	6.5
Setembro	1	3.5	1.2	4.2	1	4.2	2	6.9	0.0	0.0	4.2
Setembro	2	3.5	1.2	4.2	1	4.2	2	7.0	0.0	0.0	4.2
Setembro	3	3.1	1.2	3.8	1	3.8	2	6.3	0.0	0.0	3.8
Outubro	1	2.6	1.2	3.1	1	3.1	2	5.2	0.5	2.6	5.7
Outubro	2	2.4	1.2	2.9	1	2.9	2	4.8	0.5	2.4	5.3
Outubro	3	1.6	1.2	1.9	1	1.9	2	3.1	0.5	1.6	3.4
Novembro	1	1.2	1.2	1.4	1	1.4	2	2.4	0.5	1.2	2.6
Novembro	2	1.0	1.2	1.2	1	1.2	2	1.9	0.5	1.0	2.1
Novembro	3	0.9	1.2	1.1	1	1.1	2	1.8	0.5	0.9	2.0
Dezembro	1	0.7	1.2	0.8	1	0.8	2	1.3	0.5	0.7	1.5
Dezembro	2	0.6	1.2	0.8	1	0.8	2	1.3	0.5	0.6	1.4
Dezembro	3	0.6	1.2	0.7	1	0.7	2	1.2	0.5	0.6	1.3

Quadro 7.7 - Estimativa da evapotranspiração em condições não padrão (E_{tc} adj) herbácea, arbórea e total na Unidade Piloto 03, em 2025.

Mês	Dec	ET_0 (mm/dia)	Estrato herbáceo				Estrato arbóreo				E_{tc} adj total (mm/dia)
			K_c herb	E_{tc} herb (mm/dia)	K_s herb	E_{tc} adj herb (mm/dia)	K_c arb	E_{tc} arb (mm/dia)	K_s arb	E_{tc} adj arb (mm/dia)	
Maio	1	3.4	1.2	4.0	1	4.0	2	6.7	0.5	3.4	7.4
Maio	2	3.8	1.2	4.6	1	4.6	2	7.6	0.5	3.8	8.4
Maio	3	4.9	1.2	5.9	1	5.9	2	9.8	0.5	4.9	10.8
Junho	1	5.1	1.2	6.1	1	6.1	2	10.2	0.5	5.1	11.2
Junho	2	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.5	5.4	11.8
Junho	3	5.7	1.2	6.8	1	6.8	2	11.4	0.5	5.7	12.5
Julho	1	5.8	1.2	6.9	1	6.9	2	11.6	0.5	5.8	12.7
Julho	2	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.5	5.4	11.8
Julho	3	6.5	1.2	7.8	1	7.8	2	13.0	0.5	6.5	14.3
Agosto	1	5.6	1.2	6.8	1	6.8	2	11.3	0.5	5.6	12.4
Agosto	2	5.7	1.2	6.9	1	6.9	2	11.5	0.0	0.0	6.9
Agosto	3	5.4	1.2	6.5	1	6.5	2	10.8	0.0	0.0	6.5
Setembro	1	3.5	1.2	4.2	1	4.2	2	6.9	0.0	0.0	4.2
Setembro	2	3.5	1.2	4.2	1	4.2	2	7.0	0.0	0.0	4.2
Setembro	3	3.1	1.2	3.8	1	3.8	2	6.3	0.0	0.0	3.8
Outubro	1	2.6	1.2	3.1	1	3.1	2	5.2	0.5	2.6	5.7
Outubro	2	2.4	1.2	2.9	1	2.9	2	4.8	0.5	2.4	5.3
Outubro	3	1.6	1.2	1.9	1	1.9	2	3.1	0.5	1.6	3.4
Novembro	1	1.2	1.2	1.4	1	1.4	2	2.4	0.5	1.2	2.6
Novembro	2	1.0	1.2	1.2	1	1.2	2	1.9	0.5	1.0	2.1
Novembro	3	0.9	1.2	1.1	1	1.1	2	1.8	0.5	0.9	2.0
Dezembro	1	0.7	1.2	0.8	1	0.8	2	1.3	0.5	0.7	1.5
Dezembro	2	0.6	1.2	0.8	1	0.8	2	1.3	0.5	0.6	1.4
Dezembro	3	0.58	1.2	0.7	1	0.7	2	1.2	0.5	0.6	1.3

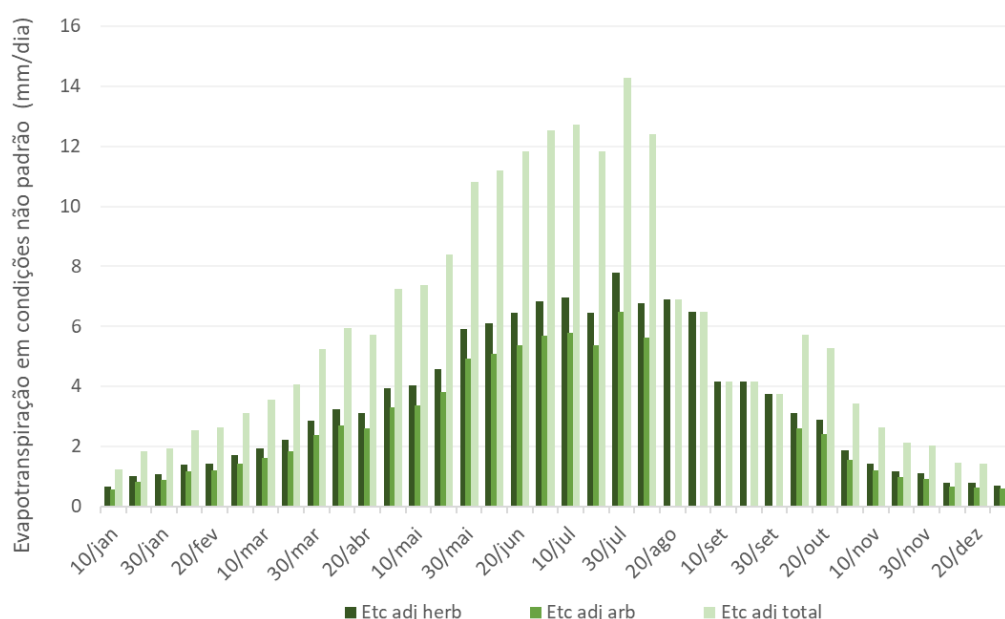


Figura 7.9 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições não padrão (E_{tc} adj) dos estratos herbáceo, arbóreo e total nas Unidades Piloto 01 e 02, em 2025.

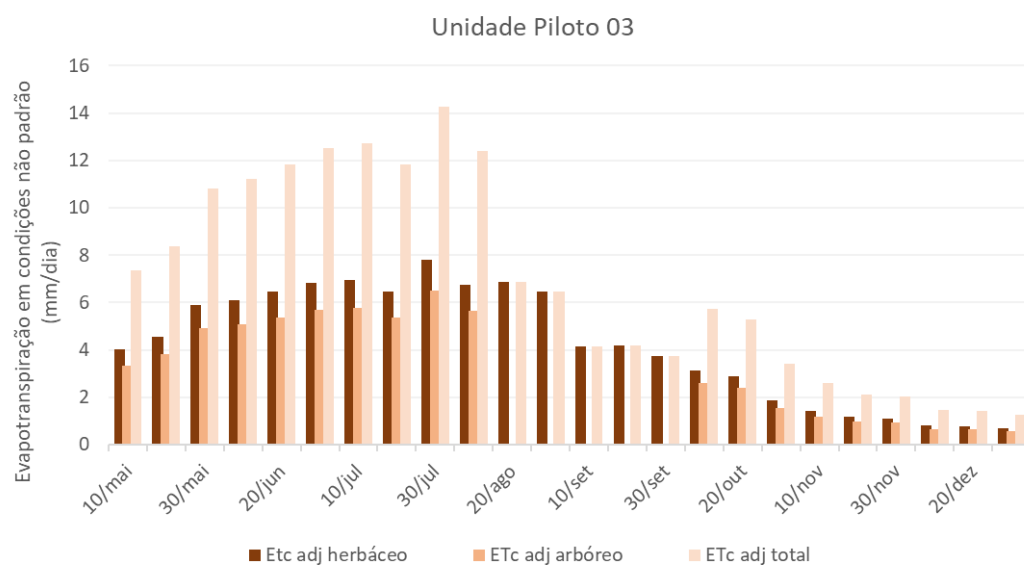


Figura 7.10 - Evolução temporal da evapotranspiração de cultura em condições não padrão ($ET_{c\ adj}$) dos estratos herbáceo, arbóreo e total na Unidade Piloto 03, em 2025.

8. INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DAS TRÊS UNIDADES PILOTO

8.1 METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS

8.1.1 MONITORIZAÇÃO CLIMÁTICA

No âmbito da componente climática, foi instalada, no início do contrato, uma estação meteorológica automática (EMA) junto à zona das plataformas de evaporação em análise, conforme ilustrado na Figura 8.1.



Figura 8.1. Estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena.

A EMA utilizada corresponde ao modelo WS-GP1, da Delta-T Devices, tratando-se de um equipamento compacto e portátil, adequado à monitorização contínua das condições meteorológicas no local de estudo. As respetivas especificações técnicas encontram-se apresentadas no Quadro 8.1 e Quadro 8.2.

Quadro 8.1 - Especificações da Estação Meteorológica WS-GP1.

Parâmetro	Especificação	Intervalo / Nota
Velocidade do vento - D-034B-CA (sensor combinado de vento)		
Intervalo	0.4 a 75 m·s ⁻¹	(0-167 mph)
Exatidão	±0.1 m·s ⁻¹	Até 10.1 m·s ⁻¹
	±1.1% da leitura	Acima de 10.1 m·s ⁻¹
Limiar de arranque	0.4 m·s ⁻¹	-30° a +70°C (se o gelo for mínimo)
Direção do vento - D-034B-CA (sensor combinado de vento)		
Exatidão	±4 graus	Mecânico: 0 a 360°
	0.5° (resolução)	Elétrico: 0 a 356°
Limiar de arranque	0.4 m·s ⁻¹	-30° a +70°C (se o gelo for mínimo)
Precipitação - RG2+WS-CA		
Sensibilidade	0.2 mm/basculamento	Diâmetro do funil: 160 mm
Humidade - RHT3nl-CA (sensor combinado de temperatura do ar)		
Exatidão	±2% HR	5 a 95% HR[1]
Exatidão	±2.5% HR	<5%, >95% HR

Quadro 8.2 - Especificações da Estação Meteorológica WS-GP1 (continuação).

Parâmetro	Especificação	Intervalo / Nota
Temperatura do ar - RHT3nl-CA (sensor combinado de humidade relativa)		
Exatidão	±0.3°C	-20 a 70°C
Radiação solar - D-PYRPA-CA		
Exatidão	±5%	0 a 1.1 kW·m ⁻² 300 a 1100 nm
Resposta cosseno	±1% at 45° ±4% at 75°	Ao ângulo zenital
Registo de dados e alimentação		
Frequência de registo	1 s a 24 h	Estado do registo indicado por LED intermitente
Comunicações	Para PC ou portátil	RS232 USB ou modem
Autonomia da bateria	Pilha 9 V alcalina	190 dias (típico), leitura a cada 5 minutos
Físico		
Ambiental	Grau de proteção IP65	
Temperatura	-20 a +60 °C	Desde que a formação de gelo seja mínima
Braço transversal	Aço inoxidável pintado de branco	Adequado para poste horizontal ou vertical (diâmetro 42–52 mm)
Peso	14.3 kg	Completo com tripé de 2 m e estacas de fixação ao solo

Esta monitorização teve como objetivo caracterizar as condições meteorológicas locais e apoiar a interpretação do desempenho hidráulico e analítico das unidades piloto, permitindo relacionar a dinâmica observada com a variabilidade climática ao longo do período de estudo.

A EMA registou de forma contínua os principais parâmetros meteorológicos relevantes, incluindo temperatura do ar, radiação solar, humidade relativa, precipitação e velocidade do vento. Estes dados foram igualmente utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0), conforme descrito na Secção 7.2.

8.1.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS BALANÇOS HÍDRICOS

Para a análise dos balanços hídricos, a equipa da AQUANENA disponibilizou os registos datados de nível de água nos leitos e de enchimento. O volume introduzido em cada evento de enchimento foi estimado com base no caudal nominal das bombas e no tempo de funcionamento dos grupos eletrobomba. Os níveis de água foram monitorizados através de uma boia instalada num piezómetro, cujo mastro apresenta marcações graduadas que permitem a leitura direta da altura do nível de água no interior do leito, possibilitando quantificar a sua variação ao longo do tempo.

Relativamente às Unidades Piloto 01 e 02, os registos de enchimento encontram-se disponíveis desde o início de dezembro de 2024, enquanto os registos de nível se encontram disponíveis desde o final de janeiro de 2025, em ambos os casos, até ao início de março de 2026. No caso da Unidade Piloto 03, os registos de enchimento e de nível encontram-se disponíveis desde o final de maio de 2025 até ao início de março de 2026.

A monitorização das instalações piloto foi organizada em três fases, definidas em função do tipo de água utilizada no enchimento dos leitos. Numa primeira fase, aplicável exclusivamente às Unidades Piloto 01 e 02, desde o início da operação (dezembro de 2024) até abril de 2025, foi utilizada apenas água proveniente do furo da ETAR de Alcanena. Numa segunda fase, entre abril e maio de 2025, as plataformas de evapotranspiração passaram a ser abastecidas com uma mistura composta por 50% de água do furo e 50% de água residual. A partir de maio de 2025 iniciou-se a utilização exclusiva de água residual nas Unidades Piloto 01 e 02. A Unidade Piloto 03, por ter iniciado operação numa fase posterior, foi só alimentada pelo efluente da ETAR.

A evapotranspiração real foi estimada com base na elaboração de um balanço hídrico. Este método assenta na quantificação das entradas, saídas e variações de armazenamento de água no sistema. Para tal, foram considerados os principais componentes do balanço de massa numa plataforma de evapotranspiração, nomeadamente:

- **Caudal de entrada (afluente):** Corresponde ao volume de água introduzido no sistema durante os ciclos de enchimento, representando a principal fonte de entrada hídrica no leito.
- **Caudal de saída (efluente):** Corresponde ao volume de água que sai do leito após o processo de tratamento, sendo recolhido na caixa de recolha ou descarregado por transbordo (*overflow*).
- **Precipitação:** Refere-se à contribuição adicional de água proveniente da chuva.
- **Infiltração:** Representa as perdas de água para o subsolo, que ocorrem quando o sistema não está totalmente impermeabilizado.
- **Evapotranspiração:** Engloba tanto a evaporação direta da superfície do leito como a transpiração das plantas.
- **Acumulação:** Refere-se à variação de volume armazenado no interior do leito ao longo do tempo, podendo estar associada à retenção temporária de água no meio poroso.

Nas Unidades Piloto 01 e 02, não existe impermeabilização na base e não há um ponto de descarga/saída monitorizada. Assim, para além da precipitação e do volume introduzido por

enchimento, a água “desaparece” do sistema por duas vias: evapotranspiração (ET) e infiltração (I) para o solo subjacente. Como não existe instrumentação que permita separar estas duas parcelas, o balanço hídrico conduz apenas à estimativa conjunta (ET + I), representada na Expressão (3) (Wallace e Knight, 2006).

Na Unidade Piloto 03, o leito encontra-se impermeabilizado, pelo que se considera a infiltração desprezável ($I \approx 0$). Neste caso, para além da evapotranspiração, existem duas vias principais de saída de água (Q_{out}). A primeira corresponde ao escoamento para a caixa de recolha, diretamente ligada ao leito. Esta ligação não dispõe de válvula de seccionamento, podendo ocorrer descarga contínua sempre que o nível de água atinge a cota de ligação. Estes volumes são, contudo, mensuráveis e considerados no balanço hídrico. A segunda via corresponde a eventuais transbordos do leito. Ao contrário das Unidades Piloto 01 e 02, esta unidade não apresenta bordo livre, tornando-se mais suscetível a episódios de extravasamento em situações de enchimento ou precipitação intensa. Estes volumes não são medidos nem identificáveis de forma independente, podendo ser incorporados no termo de evapotranspiração no balanço hídrico e conduzir, conseqüentemente, a uma possível sobrestimação da evapotranspiração estimada. O balanço hídrico desta unidade é formulado pela Expressão (4) (Wallace e Knight, 2006).

$$ET + I = Q_{in} + P - \Delta S \quad (3)$$

$$ET = Q_{in} + P - \Delta S - Q_{out} \quad (4)$$

sendo,

Q_{in} : Caudal de entrada (afluente) por enchimento do leito;

Q_{out} : Caudal de saída (efluente);

P : Precipitação incidente sobre o leito;

ET : Perdas por evapotranspiração;

I : Perdas por infiltração;

ΔS : Variação de volume armazenado no interior do leito.

A Figura 8.2 apresenta o esquema geral do balanço hídrico das Unidades Piloto, evidenciando as principais entradas, saídas e a variação do volume armazenado no sistema.

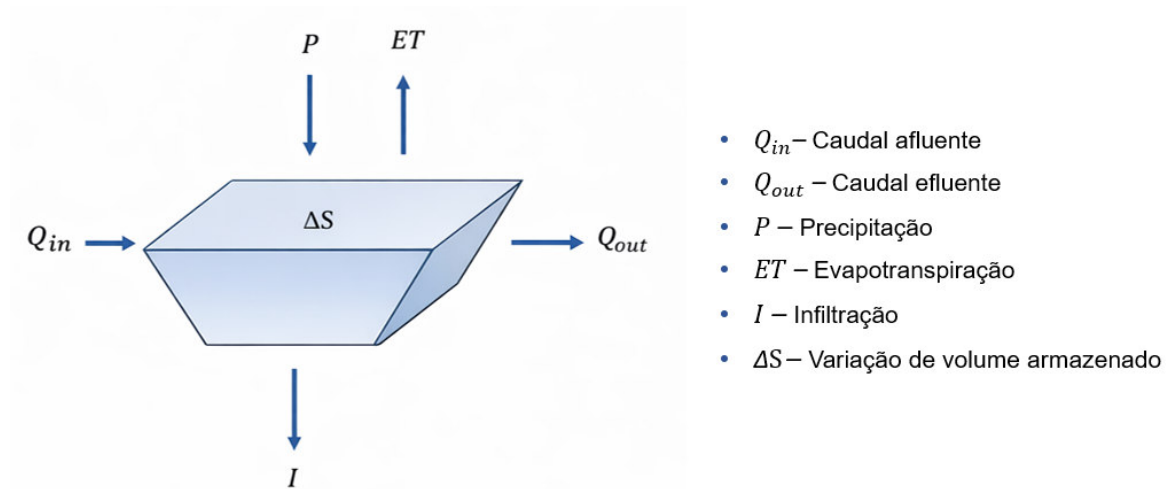


Figura 8.2. Esquema representativo do balanço hídrico aplicado às unidades piloto em estudo.

No caso das Unidades Piloto 01 e 02, o volume de água perdido (correspondente a $ET + I$) foi determinado a partir do volume de enchimento fornecido pela entidade gestora, da precipitação registada pela estação meteorológica automática instalada na ETAR de Alcanena e da variação de armazenamento no leito, calculada com base nos níveis de água disponibilizados e na porosidade do meio filtrante.

Conhecendo-se o nível de água e as dimensões geométricas da bacia, o volume de água armazenado pode ser calculado através da equação do tronco de pirâmide (Expressão (5)), permitindo expressar o armazenamento em função da altura do nível de água. Este procedimento é detalhado nas Expressões (6) a (10). Para obter o volume efetivo de água armazenada nos poros, necessário ao balanço hídrico, o volume geométrico foi multiplicado pela porosidade efetiva do leito. Por fim, para expressar a perda de água em mm/dia, o volume perdido foi dividido pelo número de dias do intervalo analisado e por uma área de referência, definida como a área do fundo do leito (área com vegetação).

$$V = \frac{h}{3} (A_{topo} + A_{fundo} + \sqrt{A_{topo} \cdot A_{fundo}}) \quad (5)$$

$$V(h) = \frac{h}{3} (A(h) + A_{fundo} + \sqrt{A(h) \cdot A_{fundo}}) \quad (6)$$

$$A_B(h) = B(h) \cdot L(h) \quad (7)$$

$$B(h) = b + \left(\frac{B - b}{H} \right) \cdot h \quad (8)$$

$$L(h) = l + \left(\frac{L - l}{H} \right) \cdot h \quad (9)$$

$$V_{\text{água}}(h) = V(h) \cdot n \quad (10)$$

Sendo,

V : volume total do tronco de pirâmide (m^3), considerando a altura total do leito;

$V(h)$: volume geométrico acumulado até à altura h (m^3);

$V_{\text{água}}(h)$: volume efetivo de água armazenada nos poros até à altura h (m^3);

h : altura do nível de água no leito (m);

H : profundidade total do leito (m);

A_{topo} : área da superfície superior do leito (m^2);

A_{fundo} : área da base inferior do leito (m^2);

$A(h)$: área da secção horizontal do leito à altura h (m^2);

b : largura da base inferior do leito (m);

B : largura da base superior do leito (m);

l : comprimento da base inferior do leito (m);

L : comprimento da base superior do leito (m);

$B(h)$: largura do leito à altura h (m);

$L(h)$: comprimento do leito à altura h (m);

n : porosidade efetiva do meio filtrante (-).

Para a determinação da porosidade, realizaram-se ensaios de enchimento na Unidade Piloto 03 (a única que se encontra impermeabilizada), registando-se a variação da altura do nível de água a cada 15 minutos. Com base nesses dados, na geometria do leito e no caudal da eletrobomba de 48 L/min, foi possível estimar a porosidade ao longo do tempo, a partir das Expressões (11) e (12). Os resultados obtidos indicaram valores próximos de 40%, pelo que se adotou uma porosidade de 0,40 para os três leitos.

$$n = \frac{V_{\text{água}}}{V} \quad (11)$$

$$V_{\text{água}} = Q \cdot t \quad (12)$$

Sendo,

V : volume geométrico do tronco de pirâmide (m^3);

$V_{\text{água}}$: volume efetivo de água armazenada nos poros (m^3);

Q : caudal da eletrobomba de enchimento (m^3/min);

t : tempo de enchimento (min);

8.1.3 MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

No que respeita à qualidade da água, em junho de 2025 foram realizadas as análises laboratoriais às amostras de água excedente dos leitos, recolhidas nas caixas de recolha, realizadas no laboratório da AQUANENA. A monitorização incluiu pH, SST, indicadores de matéria orgânica (CQO e CBO₅), E. coli, cloretos, sulfuretos totais, nutrientes (fósforo total, azoto total, azoto amoniacal e nitratos) e metais (crómio total e alumínio). Os resultados encontram-se na Secção 8.2.3.

8.2 RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

8.2.1 RESULTADOS CLIMÁTICOS

Os dados que se apresentam foram registados pela estação meteorológica referida na Secção 8.1.1 entre 12 de fevereiro de 2025 e 26 de janeiro de 2026, sob a forma de médias horárias e médias diárias. Os respetivos resultados encontram-se representados nas figuras seguintes.

Relativamente à temperatura, a Figura 8.3 mostra a evolução da temperatura do ar, em que a linha azul corresponde à média horária e a linha vermelha à média diária. Observa-se uma tendência crescente desde meados de fevereiro até ao verão (julho/agosto), coerente com a transição sazonal do inverno para o verão, associada ao aumento da radiação solar e, em geral, a condições atmosféricas mais favoráveis ao aquecimento diurno. A partir do final do verão, verifica-se uma tendência decrescente até janeiro de 2026, o que é consistente com a passagem para o outono/inverno, marcada pela diminuição da incidência solar, encurtamento do período diurno e maior arrefecimento noturno.

A temperatura média no período foi de $17,04 \pm 7,32$ °C, registando-se um mínimo absoluto de 1,83 °C e um máximo de 42,12 °C (picos visíveis sobretudo na série horária). A série de média horária evidencia uma elevada variabilidade intra-diária, refletindo a amplitude térmica diurna/noturna, mais marcada na primavera e no verão, quando as oscilações diárias tendem a intensificar-se.

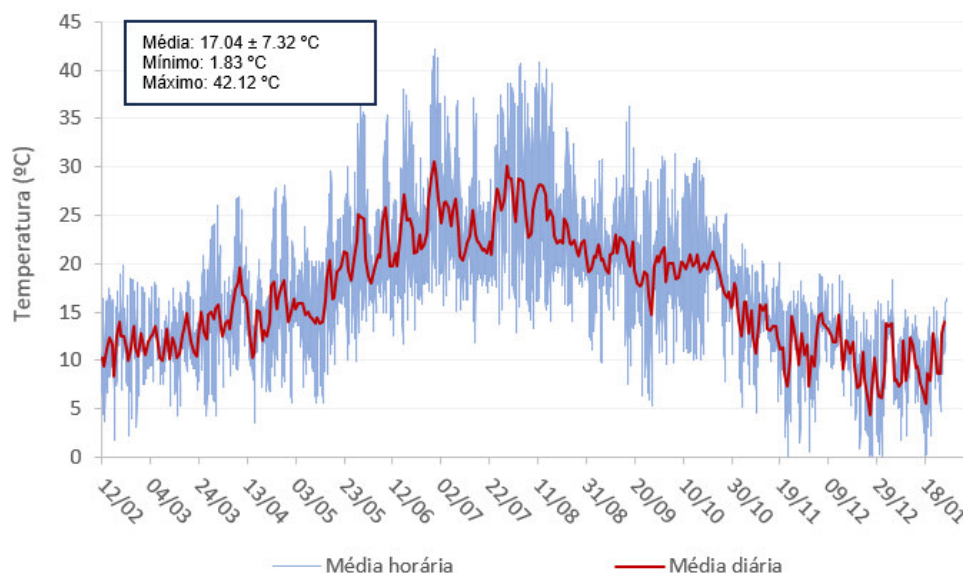


Figura 8.3. Evolução da temperatura média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).

A Figura 8.4 apresenta a evolução temporal da radiação solar global registada na estação meteorológica, sob a forma de médias horárias (amarelo) e médias diárias (vermelho). No período analisado, a radiação média foi de $178,78 \pm 260,50$ W/m², tendo-se observado um

máximo de $1063,33 \text{ W/m}^2$ e um mínimo de $0,00 \text{ W/m}^2$. Os valores nulos são compatíveis com a ausência de radiação durante o período noturno e/ou com situações de forte atenuação da radiação (por exemplo, cobertura nublada muito densa).

Em termos sazonais, verifica-se um aumento progressivo da radiação desde fevereiro até ao final da primavera/início do verão, coerente com o aumento da altura solar e do fotoperíodo, atingindo valores mais elevados na época estival. Após este período, observa-se uma tendência decrescente em direção ao outono e inverno, em linha com a redução da incidência solar e da duração do dia.

A série de média diária atenua a variabilidade de curto prazo e evidencia oscilações ao longo do verão, as quais podem estar associadas a variações na nebulosidade, a episódios de instabilidade atmosférica e/ou precipitação. Por sua vez, a média horária apresenta uma variabilidade muito elevada, refletindo o ciclo diurno da radiação, com valores próximos de zero durante a noite e picos diurnos frequentemente superiores a 800 W/m^2 entre maio e agosto, típicos de períodos com céu limpo e elevada incidência solar. Em dias mais nublados, estes máximos diurnos tendem a ser significativamente menores devido à atenuação da radiação.

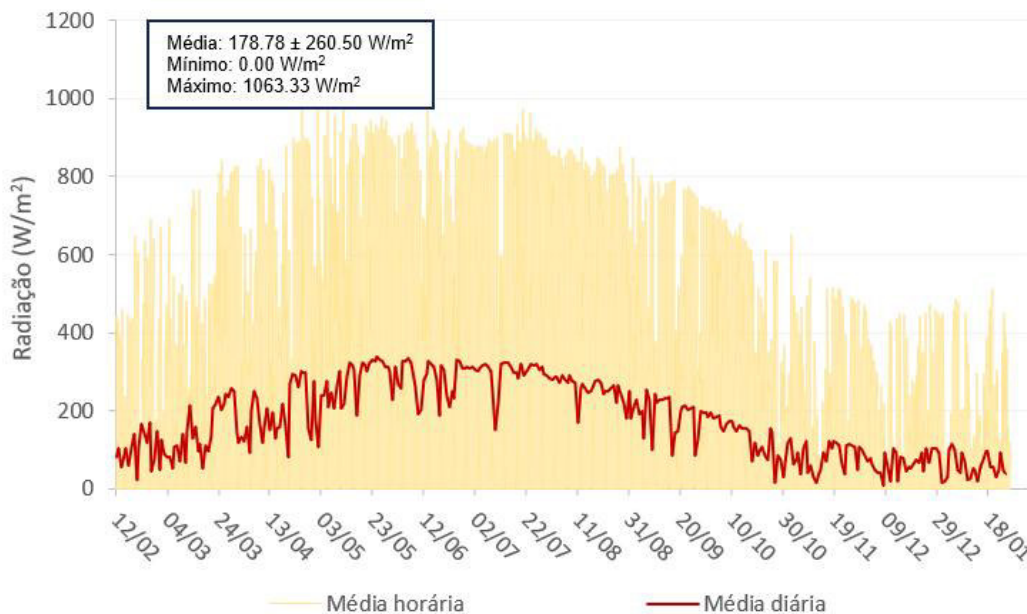


Figura 8.4. Evolução da radiação média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).

Relativamente à humidade relativa, verificaram-se inconsistências nos dados registados pela EMA instalada nos leitos, com uma frequência elevada de valores nulos ou irrealistas, nomeadamente registos repetidos de 0%. A Figura 8.5 apresenta a comparação entre os dados dessa estação e os valores da Estação Meteorológica de Alcanena, obtidos a partir do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). As discrepâncias observadas entre ambas as fontes são significativas, pelo que, para efeitos desta análise, optou-se por considerar os dados provenientes do SNIRH, por se revelarem mais consistentes e fiáveis.

A evolução no tempo destes dados, com médias horárias e diárias, encontra-se na Figura 8.6. Identifica-se um período com falhas de medição entre 10 de agosto e 15 de setembro de 2025. No período analisado, a humidade relativa média foi de $71,59 \pm 27,74\%$, com valor máximo de 100%. O valor mínimo registado foi de 1,30%, ocorrendo de forma pontual e em proximidade com o intervalo com falhas de medição, sendo por isso indicativo de anomalia de registo e não necessariamente representativo das condições atmosféricas reais.

Em termos sazonais, observa-se uma diminuição da humidade relativa desde o fim do inverno/início da primavera até ao verão, com valores diários mais baixos durante julho e agosto, seguida de recuperação a partir do outono, com valores novamente elevados durante outubro a janeiro. A série de média horária evidencia ainda uma variabilidade intra-diária marcada, com valores tipicamente superiores durante a noite/início da manhã e inferiores nas horas de maior insolação, refletindo o efeito do aquecimento diurno na redução da humidade relativa.

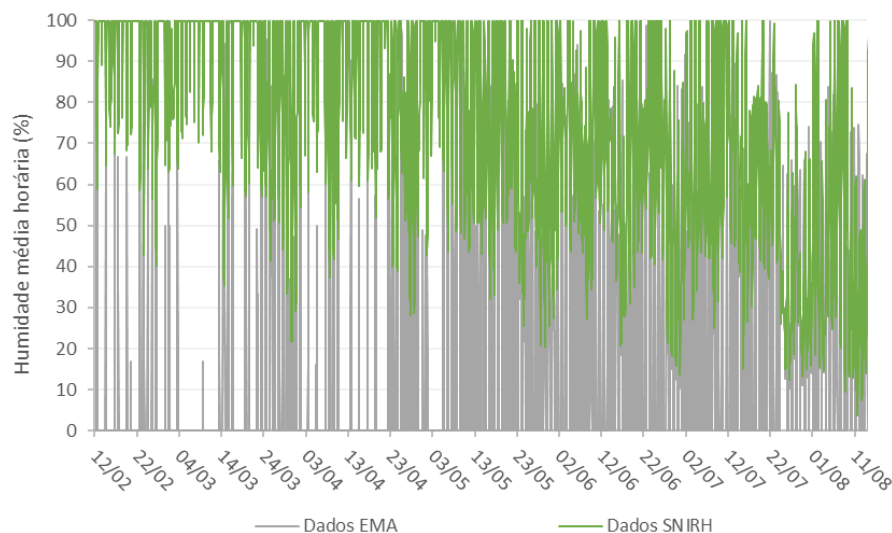


Figura 8.5 - Comparação dos dados de humidade relativa obtidos pela EMA e pelo SNIRH.

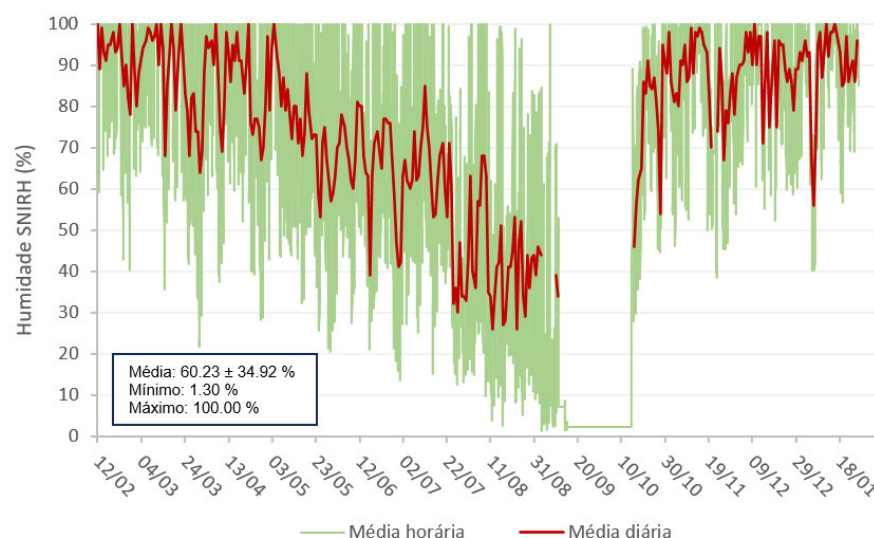


Figura 8.6 - Evolução da humidade relativa média em Alcanena, com base em dados da estação meteorológica do SNIRH (12 fev 2025-26 jan 2026).

A Figura 8.7 apresenta a evolução temporal da velocidade do vento, considerando médias horárias (a laranja) e diárias (a vermelho). No período analisado, registou-se uma velocidade média de $1,35 \pm 0,94$ m/s, com valores entre 0,30 m/s e 4,97 m/s. De forma geral, predominam condições de aragem a vento fraco, de acordo com a escala de *Beaufort*, pontuadas por episódios pontuais de maior intensidade.

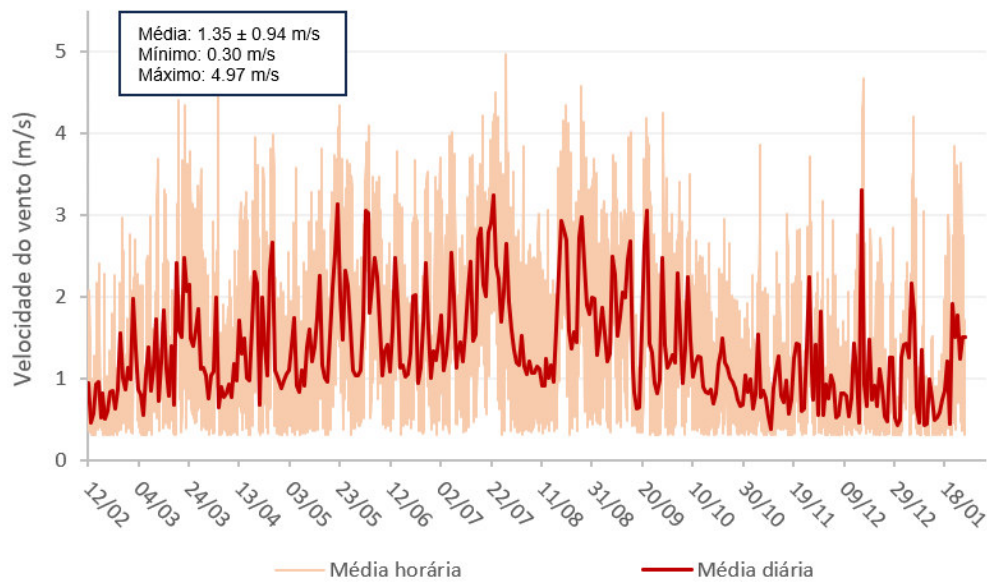


Figura 8.7. Evolução da velocidade média registada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).

Relativamente à precipitação (Figura 8.8), o período analisado caracteriza-se por uma precipitação média de $3,30 \pm 8,48$ mm, com valores entre 0,00 mm e um máximo de 66,80 mm. Observa-se um padrão marcadamente episódico, com predominância de dias sem precipitação (valores nulos) e ocorrência pontual de eventos de chuva de maior intensidade, o que se reflete no desvio-padrão elevado face à média.

Em termos sazonais, verifica-se maior frequência de precipitação no final do inverno e início da primavera (fevereiro a abril), seguida de um período prolongado com precipitação muito reduzida durante os meses de verão. A partir de outubro, observa-se um aumento da ocorrência e da intensidade dos episódios de precipitação, com vários eventos significativos no outono/inverno, incluindo os picos mais elevados registados no período em análise.

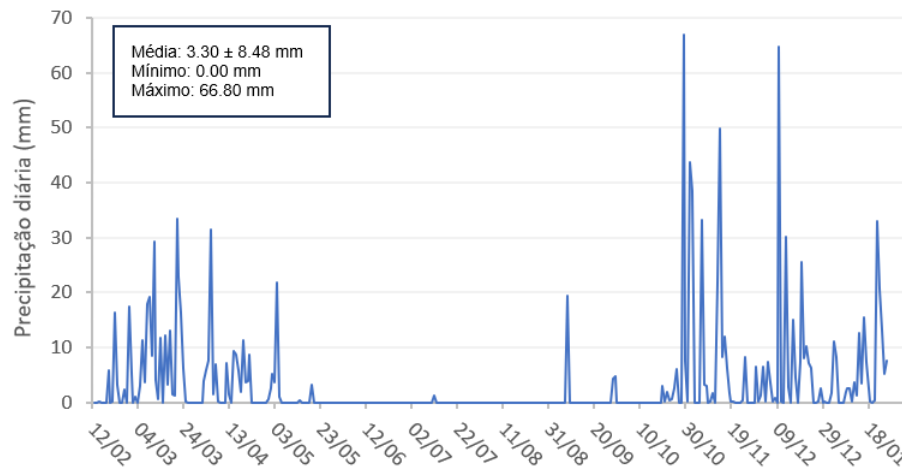


Figura 8.8. Evolução da precipitação diária registrada pela estação meteorológica instalada na ETAR de Alcanena (12 fev 2025-26 jan 2026).

8.2.2 RESULTADOS DE BALANÇOS HÍDRICOS

Nesta secção apresentam-se os resultados da análise dos balanços hídricos das três unidades piloto, com base nos registos de enchimento, na evolução temporal do nível de água nos leitos e na precipitação, integrados com as dimensões geométricas de cada unidade para a estimativa das perdas de água.

UNIDADE PILOTO 01

A Unidade Piloto 01 apresenta uma área superior de 64 m², área inferior de 16 m² e altura de 1,8 m, correspondendo a um volume geométrico aproximado de 67 m³. Considerando uma porosidade de 40%, o volume útil estimado do leito é de cerca de 27 m³. Estes parâmetros geométricos constituem a base para o cálculo das perdas de água no sistema e encontram-se apresentados no Quadro 8.3.

Quadro 8.3 – Dimensões e características da Unidade Piloto 01.

Parâmetro	Unidade	Valor
Área superior do leito	m ²	64
Área inferior do leito	m ²	16
Altura do leito	m	1.8
Volume geométrico do leito	m ³	67
Porosidade	%	40
Volume útil do leito	m ³	27

A estimativa das perdas foi realizada através da segmentação do período de monitorização em intervalos compreendidos entre enchimentos sucessivos e o momento em que o leito atingiu nível nulo, ou, quando tal não ocorreu, até ao enchimento seguinte. Para cada intervalo foi determinada a perda de água média diária (mm/dia), com base na Expressão (3).

A Figura 8.9 e a Figura 8.10 apresentam os resultados desta análise. Cada figura encontra-se organizada em dois painéis: o painel superior mostra a evolução do nível de água no leito, bem

como os eventos de enchimento e a precipitação registada ao longo do tempo; o painel inferior apresenta as perdas médias diárias estimadas para cada intervalo, correspondentes, no caso desta unidade não impermeabilizada, ao somatório de evapotranspiração e infiltração (ET + I). Os limites de cada intervalo de cálculo encontram-se assinalados no gráfico através de linhas verticais cinzentas, sendo o valor estimado de perdas indicado no respetivo segmento.

Durante o período primavera-verão (abril a setembro de 2025), observa-se um comportamento marcadamente cíclico, caracterizado por subidas abruptas do nível imediatamente após cada enchimento, seguidas de descidas relativamente rápidas até valores próximos de zero. A inclinação acentuada das curvas de descida indica elevadas taxas de perda de água neste período. Já no período compreendido entre outubro e dezembro verifica-se uma alteração clara do comportamento hidráulico. As descidas do nível tornam-se progressivamente menos acentuadas e mais prolongadas no tempo, evidenciando uma redução das perdas médias diárias.

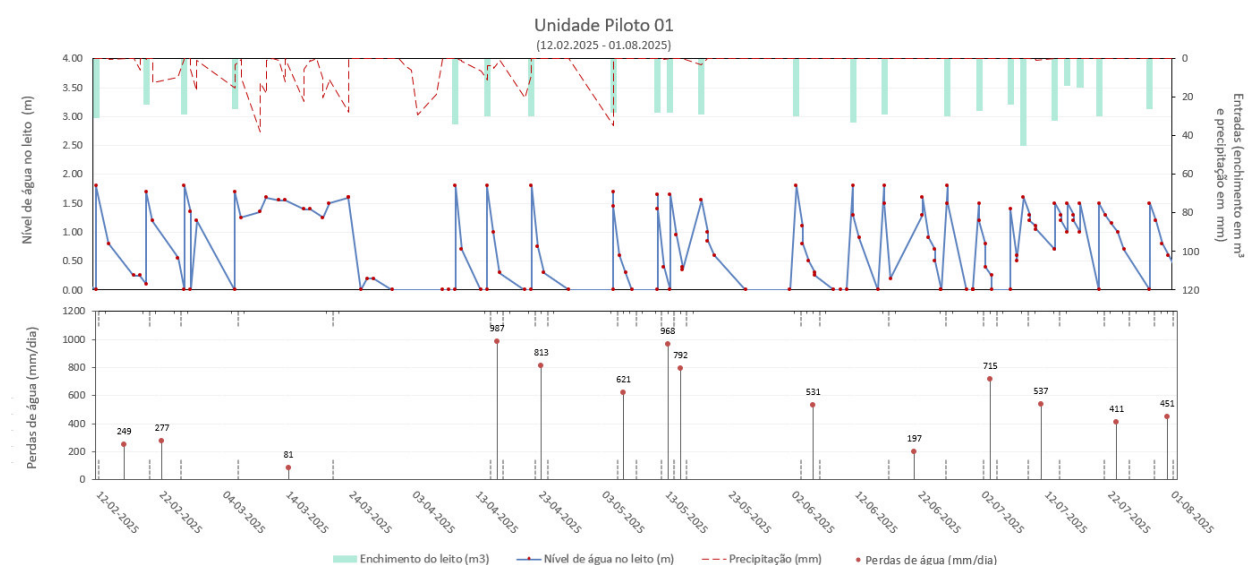


Figura 8.9 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo (12 fev 2025-1 ago 2025).

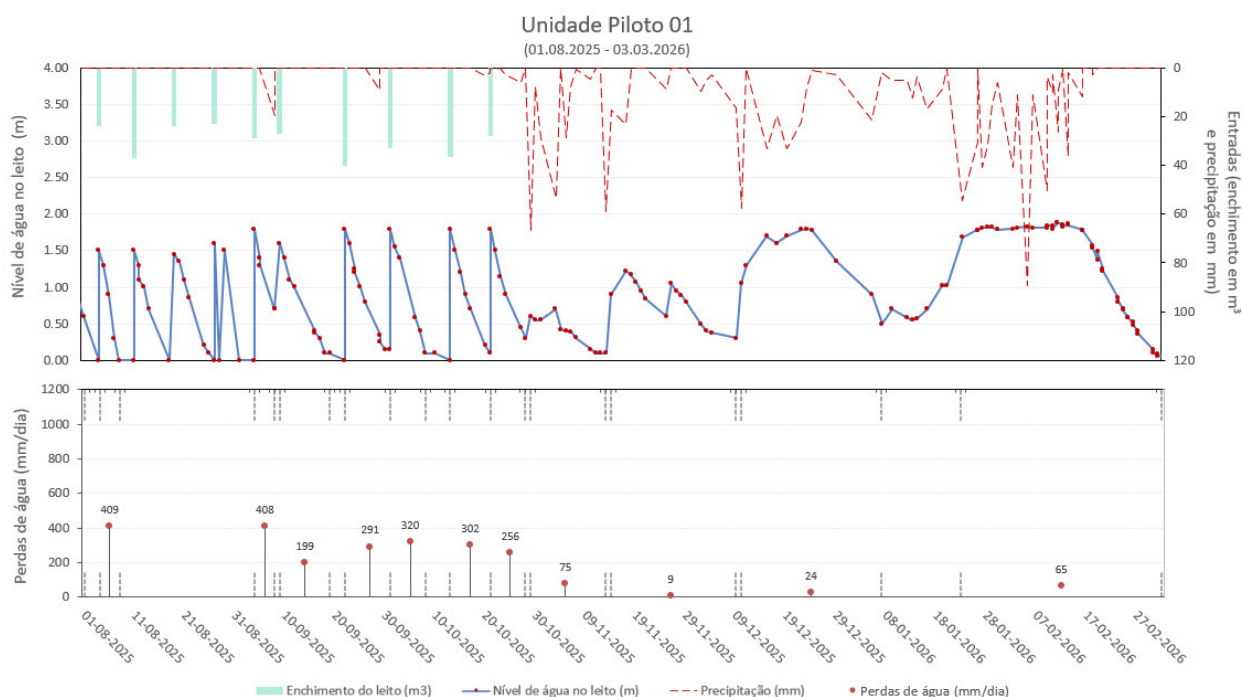


Figura 8.10 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 ao longo do tempo (1 ago 2025-3 mar 2026).

A síntese das perdas médias sazonais, apresentada na Figura 8.11, confirma a tendência descrita. Verificam-se valores mais elevados no período maio-julho, diminuindo em agosto-setembro e reduzindo-se significativamente no período outubro-fevereiro de 2026.

Embora as perdas estimadas correspondam ao somatório da evapotranspiração e da infiltração ($ET + I$), a ordem de grandeza dos valores obtidos sugere que a infiltração constitui a componente marcadamente dominante, uma vez que estes valores excedem por mais de uma ordem de grandeza a evapotranspiração estimada, cujo valor máximo seria da ordem de 20 mm/dia, não sendo de todo plausível atribuir a totalidade das perdas observadas apenas à evapotranspiração.

A redução progressiva das perdas no período outubro-dezembro poderá ser explicada por vários fatores. Por um lado, a diminuição da evapotranspiração associada à redução da temperatura, radiação solar e atividade vegetativa contribui para a redução das perdas totais. Por outro lado, o aumento da humidade do solo envolvente, decorrente de maior precipitação sazonal, poderá reduzir o gradiente hidráulico efetivo entre o leito e o meio envolvente, limitando a taxa de infiltração. Adicionalmente, não se pode excluir a ocorrência de fenómenos de colmatção progressiva do meio poroso, resultantes da deposição de partículas finas e matéria orgânica, conduzindo a uma redução da condutividade hidráulica efetiva do solo ao longo do tempo.

De forma global, o comportamento hidráulico da Unidade Piloto 01 evidencia forte dependência das condições sazonais e confirma que, nesta unidade não impermeabilizada, a infiltração constitui provavelmente a principal componente das perdas de água, sendo a evapotranspiração mais relevante nos meses de maior atividade vegetativa.

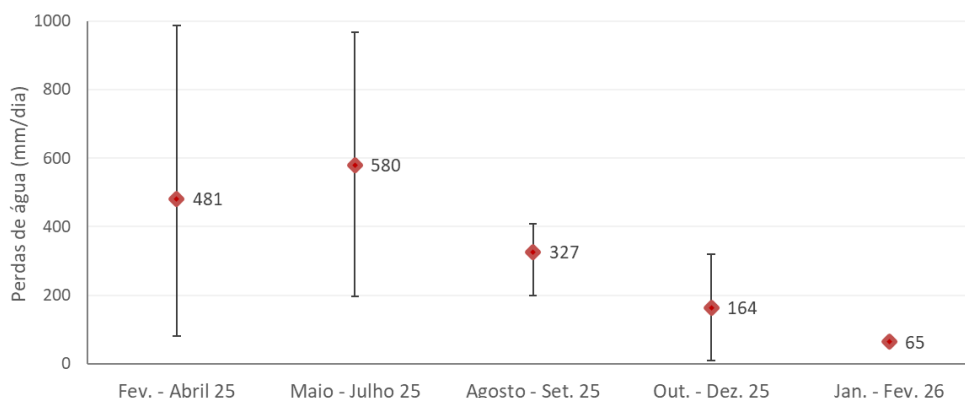


Figura 8.11 - Perdas médias sazonais estimadas para a Unidade Piloto 01, fundamentalmente por infiltração.

O Anexo 3 compila o conjunto completo de dados analisados para esta unidade piloto, incluindo os enchimentos, a precipitação diária, os volumes estimados com base nos níveis de água, a variação de armazenamento ao longo de cada período, e os valores médios diários de perda hídrica.

UNIDADE PILOTO 02

A Unidade Piloto 02 apresenta uma área superior de 64 m², área inferior de 16 m² e altura de 1,6 m, correspondendo a um volume geométrico aproximado de 60 m³. Considerando uma porosidade de 40%, o volume útil estimado do leito é de cerca de 24 m³ (Quadro 8.4).

Quadro 8.4 – Dimensões e características da Unidade Piloto 02.

Parâmetro	Unidade	Valor
Área superior do leito	m ²	64
Área inferior do leito	m ²	16
Altura do leito	m	1.6
Volume geométrico do leito	m ³	60
Porosidade	%	40
Volume útil do leito	m ³	24

Os resultados encontram-se apresentados na Figura 8.12 e na Figura 8.13. No período entre fevereiro e julho de 2025 observam-se descidas extremamente rápidas do nível após enchimento, com perdas médias frequentemente superiores a 1 000 mm/dia. Estes valores são significativamente superiores aos registados na Unidade Piloto 01, indicando maior taxa de infiltração.

No período posterior, compreendido entre agosto de 2025 e março de 2026, observa-se uma alteração progressiva do regime hidráulico. As descidas de nível tornam-se menos abruptas e mais prolongadas, refletindo uma redução das perdas médias diárias. A partir de outubro, os valores estimados situam-se maioritariamente abaixo de 400 mm/dia, com episódios pontuais ainda elevados no início do período. A contribuição da infiltração para a perda de água é crucial.

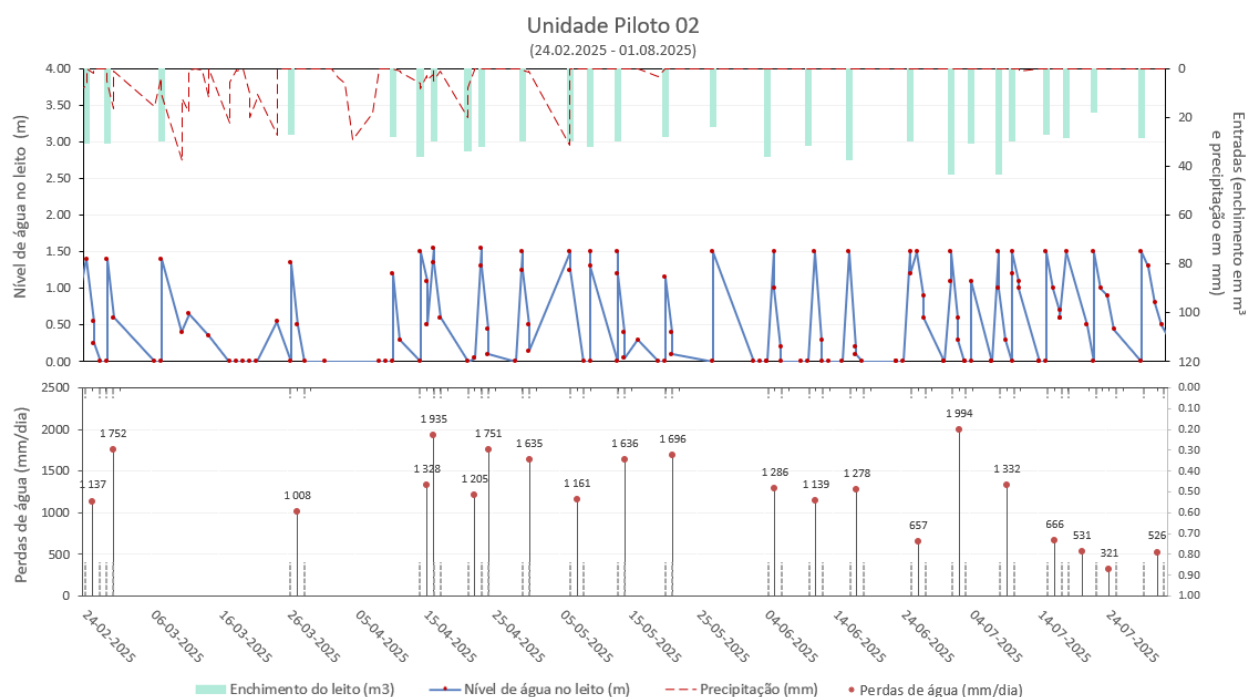


Figura 8.12 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo (24 fev 2025-1 ago 2025).

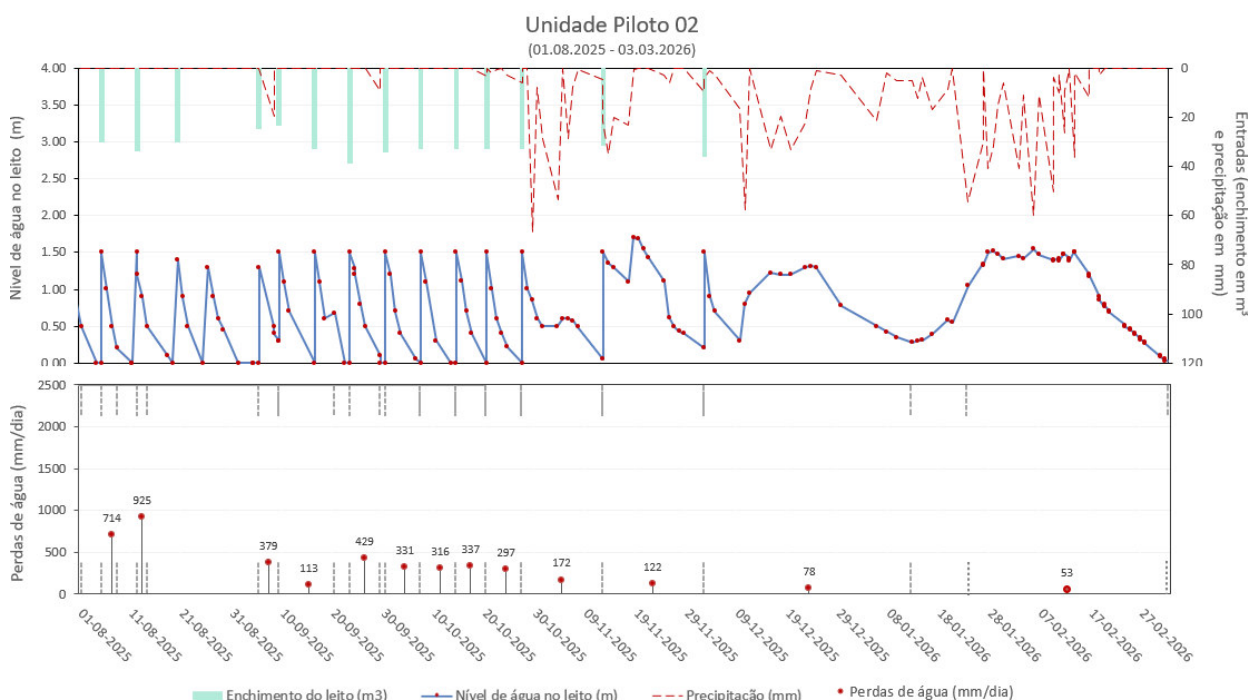


Figura 8.13 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 02 ao longo do tempo (1 ago 2025-3 mar 2026).

A Figura 8.14 apresenta a síntese sazonal das perdas médias de água, incluindo os valores mínimos e máximos registados em cada período. A análise evidencia uma tendência consistente de diminuição destas perdas ao longo do ano hidrológico, observando-se os valores mais elevados no período de fevereiro a abril de 2025 e uma redução progressiva até janeiro-fevereiro de 2026. Ou seja, é notória a progressiva redução de infiltração, por possível colmatção.

Tal como na Unidade Piloto 01, as perdas estimadas correspondem ao somatório da evapotranspiração e da infiltração ($ET + I$), dado tratar-se igualmente de uma unidade não impermeabilizada. No entanto, a magnitude dos valores observados leva à conclusão que a infiltração constitui, de longe, a componente dominante.

De forma global, a Unidade Piloto 02 apresenta perdas significativamente superiores às da Unidade Piloto 01 no período inicial de funcionamento, evidenciando elevada componente de infiltração, que vai reduzindo ao longo do tempo.

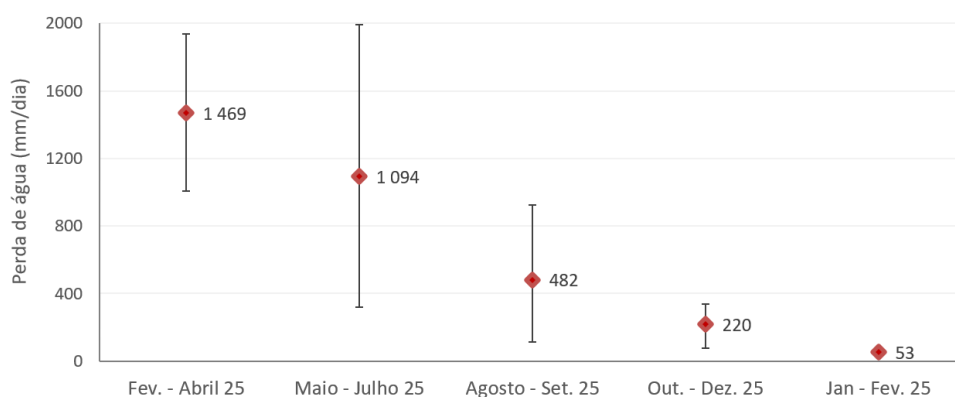


Figura 8.14 - Perdas médias sazonais estimadas para a Unidade Piloto 02, fundamentalmente por infiltração.

O Anexo 4 compila o conjunto completo de dados analisados para esta unidade piloto, incluindo os enchimentos, a precipitação diária, os volumes estimados com base nos níveis de água, a variação de armazenamento ao longo de cada período, e os valores médios diários de perda hídrica.

UNIDADE PILOTO 03

A Unidade Piloto 03 apresenta dimensões inferiores às restantes unidades, com área superior de 22 m², área inferior de 4,41 m² e altura de 1,60 m, correspondendo a um volume geométrico aproximado de 19 m³. Considerando uma porosidade de 40%, o volume útil estimado é de cerca de 8 m³. Estes parâmetros encontram-se resumidos no Quadro 8.5.

Ao contrário das Unidades Piloto 01 e 02, esta unidade é impermeabilizada, não sendo expectável a ocorrência de perdas significativas por infiltração para o solo subjacente. Assim, as saídas de água do leito resultam, teoricamente, exclusivamente de evapotranspiração, de eventuais transbordos e do volume encaminhado para a caixa de recolha.

A caixa de recolha, com aproximadamente 1 m de diâmetro, encontra-se ligada ao leito sem válvula de seccionamento, ao contrário das restantes unidades. Consequentemente, o nível de água na caixa tende a acompanhar o nível no interior do leito, podendo ocorrer descarga contínua para a caixa sempre que a cota de ligação é atingida. Este aspeto é considerado no balanço hídrico, uma vez que os volumes encaminhados para a caixa de recolha são contabilizados na análise. Contudo, os volumes descarregados por transbordo não podem ser quantificados com exatidão, podendo tal originar alguma sobrestimação da evapotranspiração estimada.

Quadro 8.5 – Dimensões e características da Unidade Piloto 03.

Parâmetro	Unidade	Valor
Área superior do leito	m ²	22
Área inferior do leito	m ²	4.41
Altura do leito	m	1.60
Volume geométrico do leito	m ³	19
Porosidade	%	40
Volume útil do leito	m ³	8

A evolução temporal do nível de água, dos enchimentos e da evapotranspiração encontra-se apresentada na Figura 8.15. No painel superior observa-se a variação do nível de água no leito, bem como os eventos de enchimento e a precipitação registada. De um modo geral, a Unidade Piloto 03 apresenta um comportamento hidráulico distinto das unidades não impermeabilizadas. Após cada enchimento, verifica-se uma descida gradual do nível de água, significativamente menos acentuada do que nas restantes unidades. Observa-se ainda uma tendência para estabilização dos níveis entre aproximadamente 1,00 e 1,55 m, sendo necessário recorrer a esvaziamento forçado com eletrobomba (assinalado a amarelo na figura). Esta situação está associada à limitação física decorrente do desenvolvimento e capacidade de sucção de água pelo sistema radicular.

No painel inferior da Figura 8.15, os intervalos utilizados para estimativa da evapotranspiração encontram-se identificados pelos segmentos verticais a cinzento, correspondendo a grupos temporais delimitados entre enchimentos sucessivos/precipitação e o início da estabilização do nível da água.

As evapotranspirações médias diárias estimadas situam-se entre 9 e 16 mm/dia, valores substancialmente inferiores aos registados nas Unidades Piloto 01 e 02. Esta ordem de grandeza é compatível com um sistema em que a infiltração não é significativa. No entanto, importa salientar que os valores de ET estimados continuam a ser superiores aos obtidos teoricamente e aos intervalos reportados na literatura para sistemas semelhantes. Esta discrepância poderá estar associada à ocorrência de episódios de transbordo cujo impacto nos cálculos é difícil de quantificar com rigor.

Adicionalmente, tratando-se de um sistema de pequena dimensão e reduzido volume útil, pequenas variações no nível de água traduzem-se em variações volumétricas relativamente significativas quando expressas em mm/dia. Esta sensibilidade amplifica o efeito de eventuais incertezas de medição ou descargas não contabilizadas, contribuindo para a variabilidade e para a possível sobrestimação dos valores de evapotranspiração calculados.

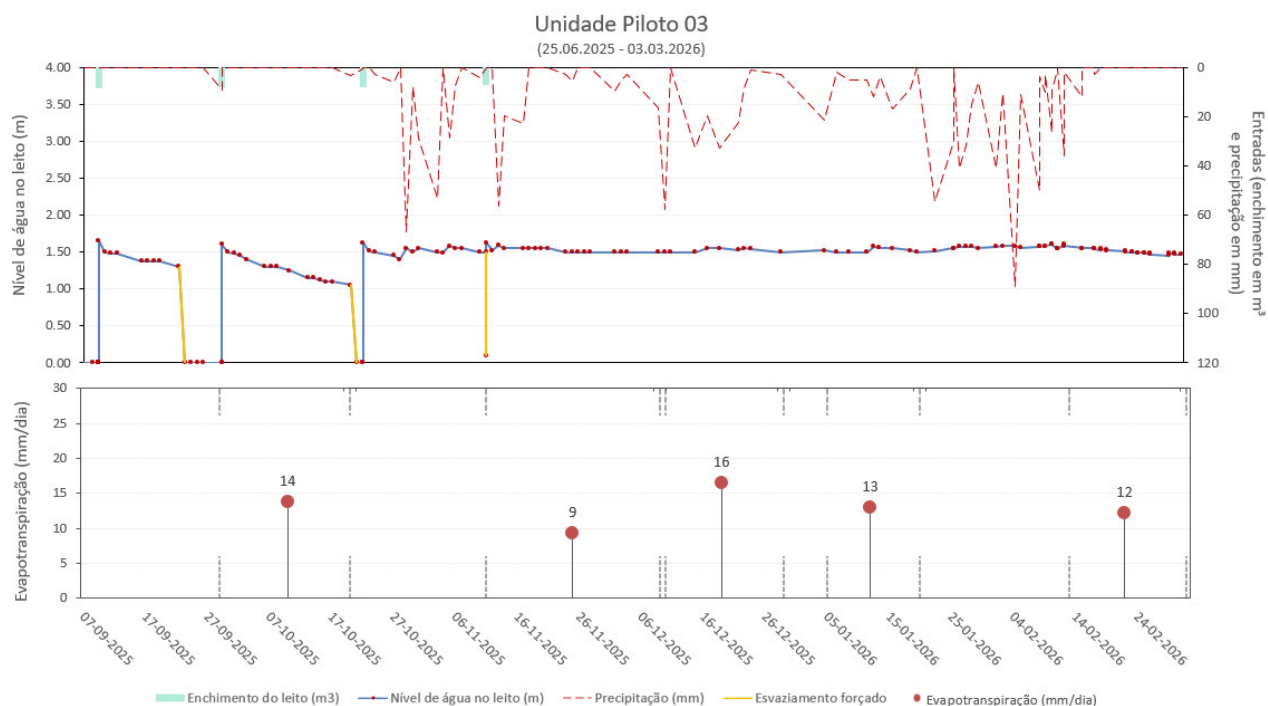


Figura 8.15 - Comportamento hidráulico da Unidade Piloto 03 ao longo do tempo (25 jun 2025-3 mar 2026).

O Anexo 5 compila o conjunto completo de dados analisados para esta unidade piloto, incluindo os enchimentos, a precipitação diária, os volumes estimados com base nos níveis de água, a variação de armazenamento ao longo de cada período, e os valores médios diários de perda hídrica.

8.2.3 RESULTADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Nesta secção apresentam-se os resultados da monitorização da qualidade da água excedente das unidades piloto, com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema ao longo do período de análise e verificar o cumprimento dos limites de rejeição indicados na Secção 2.2. Para cada unidade piloto são apresentados os valores medidos e a respetiva evolução temporal dos principais parâmetros (pH, SST, CQO, CBO₅, azoto, fósforo, entre outros).

UNIDADE PILOTO 01

Relativamente à Unidade Piloto 01, foram disponibilizados dados correspondentes a 12 campanhas de amostragem, realizadas entre 12 de junho de 2025 e 11 de março de 2026, para os vários parâmetros analisados, conforme apresentado no Quadro 8.6. A Figura 8.16 apresenta a evolução temporal de um conjunto de parâmetros selecionados, incluindo a indicação dos limites de rejeição, representados a vermelho.

A análise dos resultados evidencia um desempenho diferenciado consoante o parâmetro considerado. No que se refere à matéria orgânica, os valores de CQO variaram entre cerca de 120 e 325 mg/L, ultrapassando de forma sistemática os limites de rejeição estabelecidos (125 mg/L em período húmido e 120 mg/L em período de estiagem). Este comportamento indica a presença de uma fração significativa de matéria orgânica não biodegradável ou de difícil

degradação no efluente tratado. Em contraste, os valores de CBO_5 atingiram um máximo 19 mg/L, cumprindo consistentemente o limite de 20 mg/L.

Relativamente aos SST, os valores registados oscilaram entre 2,5 e 52 mg/L, verificando-se cumprimento do limite legal na maioria das campanhas, com exceção de um episódio pontual. Tal resultado indica uma retenção globalmente eficaz de sólidos no leito, sendo o valor máximo possivelmente associado a arrastamento localizado de partículas.

No que respeita ao azoto total, os valores variaram entre 10,4 e 78,4 mg/L, excedendo de forma consistente o limite de 15 mg/L. Por outro lado, o azoto amoniacal apresentou concentrações inferiores a 1 mg/L em todas as campanhas, com exceção da última (5 mg/L), evidenciando que o processo de nitrificação se encontra ativo. A presença simultânea de baixos teores de amónia e concentrações elevadas de nitratos (1,4 a 52 mg/L) confirma que a transformação de amónia em nitrato está a ocorrer, mas que o processo de desnitrificação é insuficiente.

Quanto ao parâmetro microbiológico E. coli, encontram-se disponíveis resultados de cinco campanhas analíticas. Destes, um apresenta o valor de 400 NMP/100 mL, dois registam valores superiores a 24 000 NMP/100 mL e os restantes correspondem a 11 000 NMP/100 mL e 6 700 NMP/100 mL. Esta variação dificulta a identificação de uma tendência clara, sendo necessário aumentar o número de campanhas para avaliar a consistência do desempenho microbiológico do sistema. Em todo o caso, a baixa transmitância permite concluir que não deve ser assumido a possibilidade de cumprimento da licença (<2 000 NMP/100 mL).

Os restantes parâmetros analisados, nomeadamente sulfuretos totais, crómio total e alumínio, apresentaram valores reduzidos ou inferiores ao limite de quantificação, não evidenciando constrangimentos relevantes no período em análise.

De forma sintética, a Unidade Piloto 01 evidencia incumprimento sistemático dos valores limite de rejeição para a CQO e para o azoto total, verificando-se concentrações consistentemente superiores aos limites estabelecidos. Embora o sistema demonstre bom desempenho na remoção da fração biodegradável da matéria orgânica (CBO_5) e na nitrificação (azoto amoniacal reduzido), não assegura a remoção eficaz da matéria orgânica recalcitrante nem a redução global do azoto, refletindo limitações na etapa de desnitrificação. Também não se cumprem os requisitos microbiológicos. Os restantes parâmetros analisados apresentam, de um modo geral, conformidade com os limites aplicáveis.

Quadro 8.6 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 01.

Data	pH	SST (mg/L)	Sulfuretos Totais (mg/L)	Crômio Total (mg/L)	CQO (mg/L)	CBO5 (mg/L)	E. Coli (NMP/100 ml)	Cloretos (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Azoto Total (mg/L)	Azoto Amoniacal (mg/L)	Nitratos (mg/L)
03/06/2025													
12/06/2025	7.6	16	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	171	19	400	1250	0.05	1.10	54.1	< 1,00 (l.q.)	37.0
23/06/2025	7.7	17	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	226	< 14 (l.q.)	--	1989	0.04	1.10	78.4	< 1,00 (l.q.)	52.0
27/06/2025	7.5	17	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	238	< 14 (l.q.)	> 24000	2601	0.04	1.10	53.5	< 1,00 (l.q.)	25.5
02/07/2025	7.7	16	< 0,1 (l.q.)	0.30	228	< 14 (l.q.)	> 24000	1601	0.03	1.30	43.3	< 1,00 (l.q.)	27.7
16/07/2025	7.5	16	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	280	19	--	1980	0.04	1.30	45.7	< 1,00 (l.q.)	24.9
30/07/2025	7.9	10	< 0,1 (l.q.)	0.2	230	--	--	2199	0.05	1.10	61.7	< 1,00 (l.q.)	15.1
12/08/2025	7.7	14	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	267	< 14 (l.q.)	--	1849	0.01	0.90	38.5	< 1,00 (l.q.)	21.5
23/09/2025	7.9	9	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	262	< 14 (l.q.)	--	1782	0.02	1.00	41.0	< 1,00 (l.q.)	23.9
02/10/2025	7.3	< 2,5 (l.q.)	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	326	< 14 (l.q.)	--	2222	0.01	0.20	54.9	< 1,00 (l.q.)	29.4
14/10/2025	7.3	31	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	277	< 14 (l.q.)	--	2224	0.01	1.20	69.7	< 1,00 (l.q.)	37.4
22/10/2025	7.4	52	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	299	< 14 (l.q.)	11000	2128	0.01	1.10	73.2	< 1,00 (l.q.)	30.1
11/03/2026	7.7	8	< 0,1 (l.q.)	0.2	120	< 14 (l.q.)	6700	1047	0.02	0.50	10.4	5	1.4
VLE	6-9	35 (28)	1	2	125 (120)	20	-	-	10.00	1.60	15.0	8.00	-

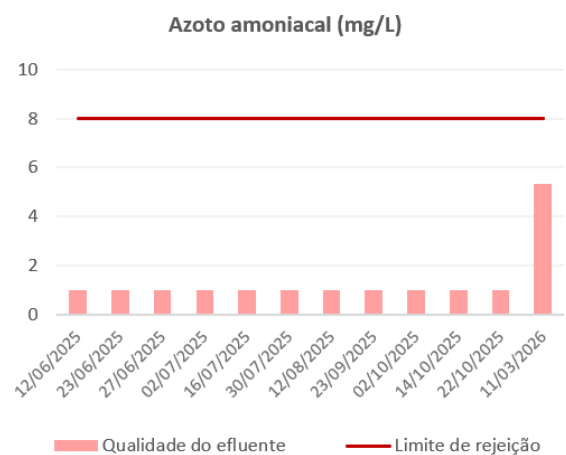
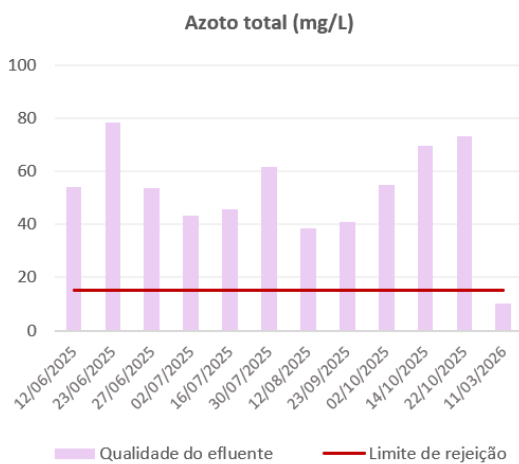
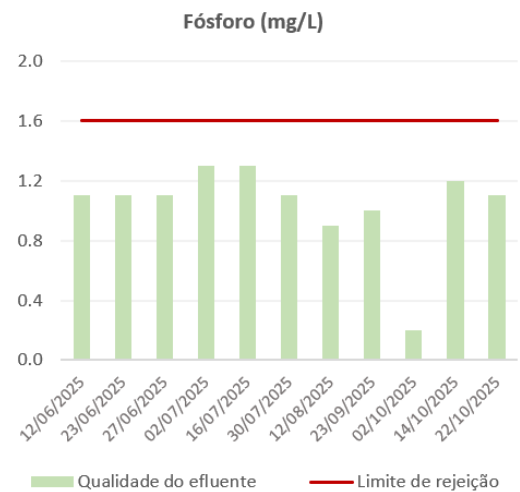
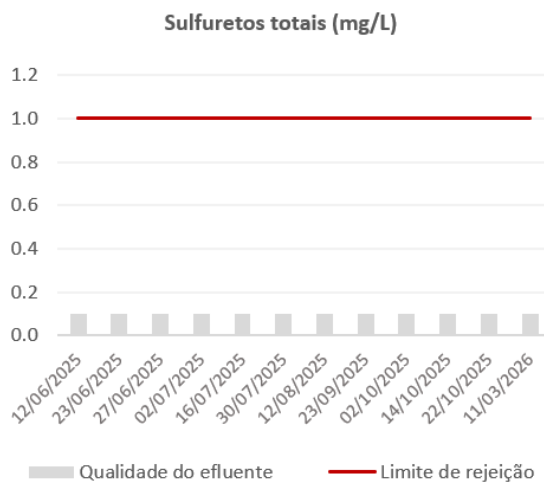
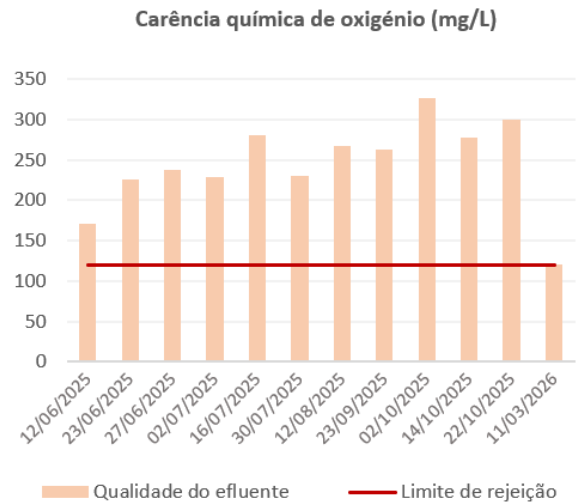
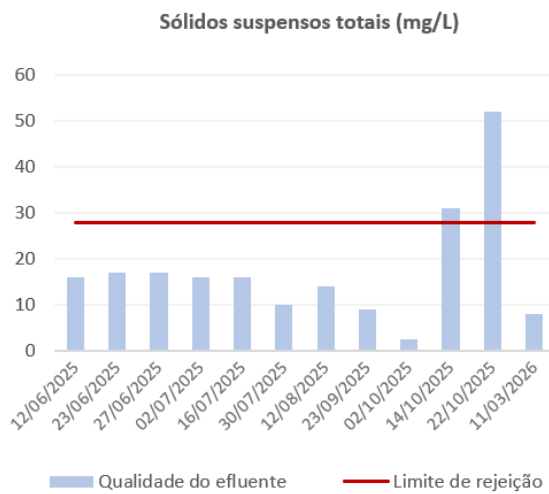


Figura 8.16 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 01.

Em relação à Unidade Piloto 02, foram disponibilizados dados correspondentes a 14 campanhas de amostragem, realizadas entre 5 de junho de 2025 e 16 de março 2026, para os vários parâmetros analisados, conforme apresentado no Quadro 8.7. A Figura 8.17 apresenta a evolução temporal de um conjunto de parâmetros selecionados, incluindo a indicação dos limites de rejeição, assinalados a vermelho.

A análise dos resultados evidencia igualmente um desempenho variável consoante o parâmetro considerado. Relativamente à matéria orgânica, os valores de CQO variaram entre 58 e 408 mg/L, ultrapassando de forma sistemática os limites de rejeição estabelecidos (125 mg/L em período húmido e 120 mg/L em período de estiagem). Por sua vez, os valores de CBO₅ apresentaram-se sempre inferiores ao limite de quantificação (20 mg/L), o que reforça a indicação de que a matéria orgânica remanescente é predominantemente de difícil biodegradabilidade.

No que respeita aos SST, os valores apresentaram um máximo de 28 mg/L, verificando-se cumprimento integral do limite legal (35 mg/L, ou 28 mg/L em período de estiagem). Estes resultados demonstram uma retenção eficaz de sólidos ao longo do período analisado, sem ocorrência de incumprimentos.

Relativamente ao azoto total, os valores variaram entre 10,1 e 85,2 mg/L, excedendo de forma consistente o limite de 15 mg/L. Tal como observado na Unidade Piloto 01, o azoto amoniacal apresentou concentrações geralmente inferiores ao limite de quantificação (< 1 mg/L), com exceção das duas últimas campanhas (6,4, 4,7 e 2,0 mg/L), ainda assim abaixo do limite de 8 mg/L. Este comportamento evidencia que o processo de nitrificação ocorre de forma eficaz na maioria do período monitorizado. A presença de nitratos em concentrações entre 2,7 e 58 mg/L confirma a conversão da amónia em nitrato, indicando, contudo, que o processo de desnitrificação é insuficiente para garantir a remoção global do azoto.

No que se refere ao fósforo, os valores situaram-se maioritariamente abaixo do limite de 1,6 mg/L, verificando-se apenas um valor superior (2,1 mg/L), correspondente a um incumprimento pontual. Os parâmetros relativos a sulfuretos totais, crómio total e alumínio apresentaram valores reduzidos ou inferiores ao limite de quantificação, não evidenciando constrangimentos relevantes.

A Unidade Piloto 02 apresenta incumprimento sistemático dos limites de rejeição para a CQO e para o azoto total, à semelhança da Unidade Piloto 01. Verificam-se ainda incumprimentos pontuais no fósforo total, bem como valores elevados de azoto amoniacal nas últimas campanhas, embora maioritariamente abaixo do limite legal. Apesar da boa remoção da fração biodegradável da matéria orgânica e do cumprimento generalizado dos limites relativos a SST, a unidade não assegura a remoção global de azoto nem o cumprimento dos valores limite de CQO.

Quadro 8.7 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 02.

Data	pH	SST (mg/L)	Sulfuretos Totais (mg/L)	Crômio Total (mg/L)	CQO (mg/L)	CBO5 (mg/L)	E Coli (NMP/100 ml)	Cloretos (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Azoto Total (mg/L)	Azoto Amoniacal (mg/L)	Nitratos (mg/L)
05/06/2025	7.8	24	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	233	< 14 (l.q.)		1 651	0.03	1.10	72.00	< 1,00 (l.q.)	23.0
11/06/2025	7.5	15	< 0,1 (l.q.)	0	235	< 14 (l.q.)		1 898	0.04	1.00	74.60	< 1,00 (l.q.)	57.6
25/06/2025	7.7	21	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	199	< 14 (l.q.)		1 989	0.04	1.80	47.00	< 1,00 (l.q.)	22.4
01/07/2025	7.9	18	< 0,1 (l.q.)	0.30	262	< 14 (l.q.)		2 087	0.05	1.50	44.10	< 1,00 (l.q.)	26.1
16/07/2025	7.7	16	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	285	< 14 (l.q.)		2 128	0.03	1.10	43.20	< 1,00 (l.q.)	26.1
30/07/2025	7.7	27	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	259	--		2 574	0.04	0.90	48.30	< 1,00 (l.q.)	24.4
12/08/2025	7.9	14	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	189	< 14 (l.q.)		2 049	0.07	0.70	43.30	< 1,00 (l.q.)	27.7
24/09/2025	7.6	24	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	286	< 14 (l.q.)		1 881	0.03	1.30	65.70	< 1,00 (l.q.)	26.4
02/10/2025	7.2	4	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	408	< 14 (l.q.)		1 994	0.02	0.40	85.20	< 1,00 (l.q.)	27.5
15/10/2025	7.2	28	< 0,1 (l.q.)	0.20	282	< 14 (l.q.)		2 227	0.02	1.20	80.70	< 1,00 (l.q.)	35.9
29/10/2025	7.5	13	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	278	< 14 (l.q.)	390	2 272	0.03	1.10	67.50	< 1,00 (l.q.)	44.8
14/11/2025	7.9	22	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	256	< 14 (l.q.)		2 272	0.04	2.10	34.10	6.40	16.2
03/12/2025	7.8	10	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	254	--		1 960	0.04	1.50	71.30	4.73	23.7
16/03/2026	7.8	< 2,5 (l.q.)	< 0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	58	< 14 (l.q.)	1300	340	0.03	0.60	10.10	1.95	2.7
VLE	6-9	35 (28)	1	2	125 (120)	20	2000	-	10.00	1.60	15.0	8.00	-

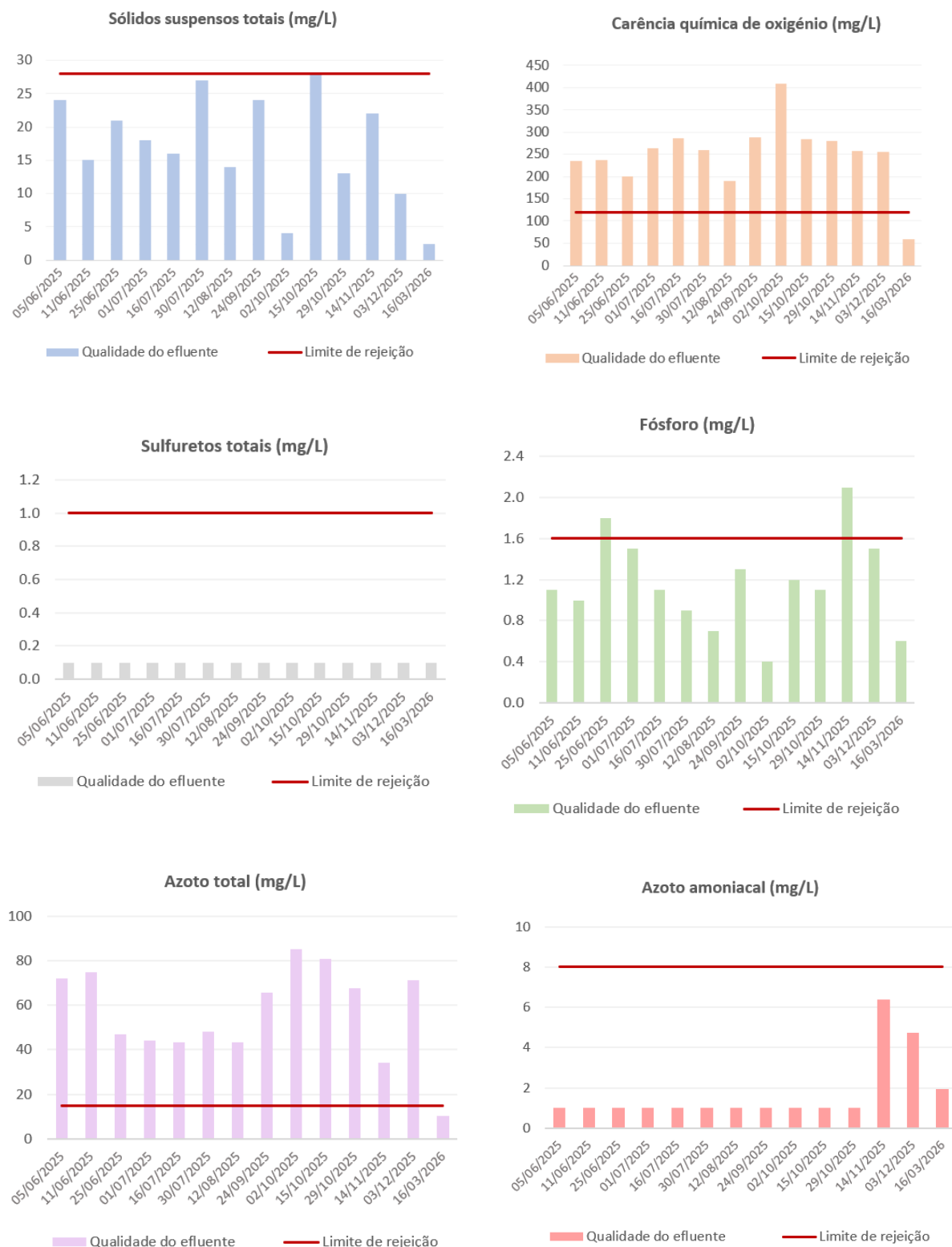


Figura 8.17 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 02.

UNIDADE PILOTO 03

Em relação à Unidade Piloto 03, foram disponibilizados dados correspondentes a 3 campanhas de amostragem, realizadas entre 30 de setembro e 12 de novembro de 2025, para os vários

parâmetros de qualidade, conforme apresentado no Quadro 8.8. A Figura 8.18 apresenta a evolução temporal de um conjunto de parâmetros selecionados, incluindo a indicação dos limites de rejeição, assinalados a vermelho.

A análise evidencia, à semelhança das restantes unidades piloto, um desempenho variável consoante o parâmetro considerado.

No que respeita à matéria orgânica, os valores de CQO variaram entre cerca de 270 e 475 mg/L, ultrapassando de forma muito significativa os limites de rejeição estabelecidos (125 mg/L em período húmido e 120 mg/L em período de estiagem). Relativamente ao CBO₅, os resultados disponíveis incluem um valor de 359 mg/L e dois valores inferiores ao limite de quantificação (< 14 mg/L). Assim, observa-se uma variabilidade muito acentuada neste parâmetro, não permitindo concluir de forma consistente que a fração biodegradável da matéria orgânica esteja a ser removida eficazmente em todas as campanhas. Ainda assim, os valores elevados de CQO apontam para a presença relevante de matéria orgânica no efluente, incluindo uma fração não biodegradável ou de difícil degradação.

Relativamente aos SST, os valores variaram entre 12 e 31 mg/L, verificando-se cumprimento do limite legal (35 mg/L ou 28 mg/L em período de estiagem) em todas as campanhas, embora o valor de 31 mg/L se aproxime do limite mais restritivo.

No que respeita ao azoto total, os valores registados (44 a 97 mg/L) excedem claramente o limite de 15 mg/L, evidenciando insuficiente remoção global de azoto. O azoto amoniacal apresentou valores inferiores ao limite de quantificação na primeira campanha, mas valores de 12 e 10 mg/L nas campanhas seguintes, ultrapassando o limite de 8 mg/L. Este comportamento indica que, ao contrário do observado nas Unidades Piloto 01 e 02, o processo de nitrificação poderá não se encontrar totalmente estabilizado nesta unidade. A presença de nitratos (15 a 45 mg/L) confirma que ocorre conversão parcial de amónia, embora sem remoção eficaz por desnitrificação.

Relativamente ao fósforo, registou-se um valor de 5,0 mg/L na campanha de novembro, claramente superior ao limite de 1,6 mg/L, evidenciando incumprimento pontual. Este valor poderá estar associado a uma situação anómala, nomeadamente ao nível da amostragem ou a condições operacionais específicas. Nas restantes campanhas, os valores situaram-se abaixo do limite estabelecido.

Os parâmetros sulfuretos totais, crómio total e alumínio apresentaram concentrações reduzidas ou inferiores ao limite de quantificação, não evidenciando constrangimentos relevantes.

De forma global, a Unidade Piloto 03 evidencia incumprimentos significativos nos parâmetros CQO, azoto total, CBO₅ (numa campanha) e azoto amoniacal (em duas campanhas).

Quadro 8.8 - Parâmetros de qualidade da água medidos no efluente da Unidade Piloto 03.

Parâmetros	pH	SST	Sulfuretos Totais	Crômio Total	CQO	CBO ₅	E. Coli (NMP/100 ml)	Cloretos	Alumínio	Fósforo	Azoto Total	Azoto Amoniacal	Nitratos
30/09/2025	7.8	12	<0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	473	359	-	1 924.0	0.02	0.80	97.10	< 1,00 (l.q.)	33.4
23/10/2025	7.4	31	<0,1 (l.q.)	0	292	< 14 (l.q.)	>24000	2 574.0	0.04	1.30	77.10	12	45
12/11/2025	7.6	13	<0,1 (l.q.)	< 0,2 (l.q.)	272	< 14 (l.q.)	-	2 222.0	0.07	5.00	43.80	10	15
VLE	6-9	35 (28)	1	2	125 (120)	20	20	-	10.00	1.60	15.0	8.00	-

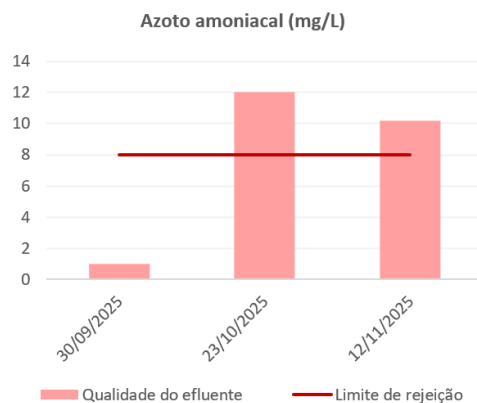
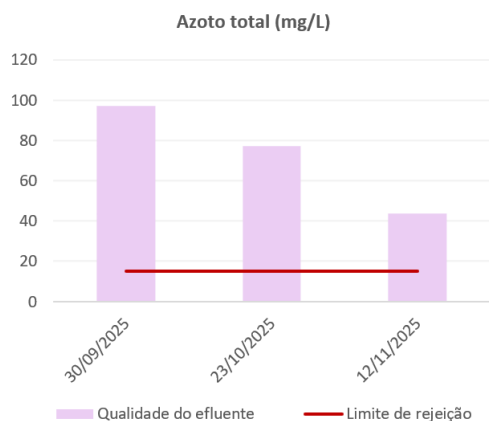
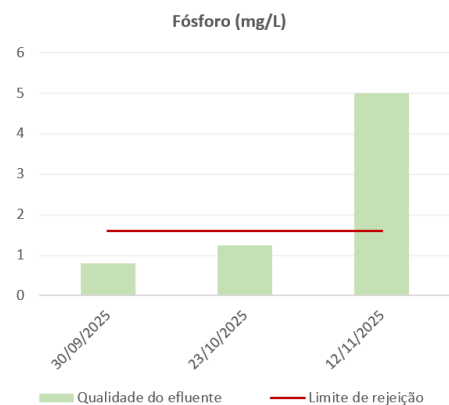
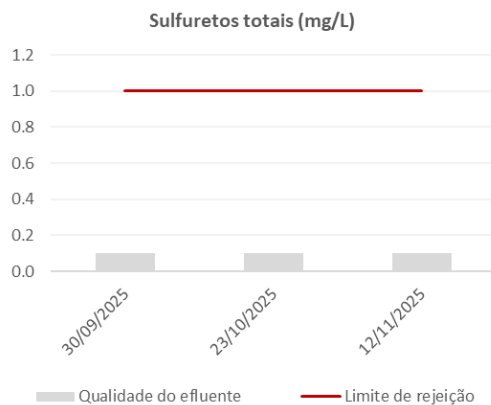
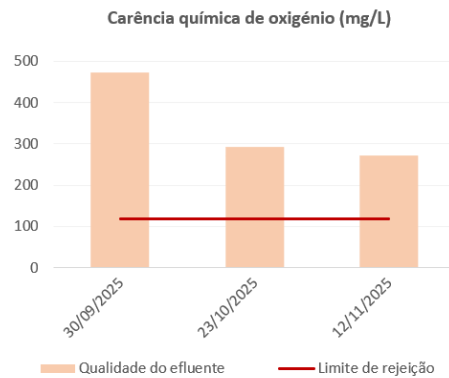
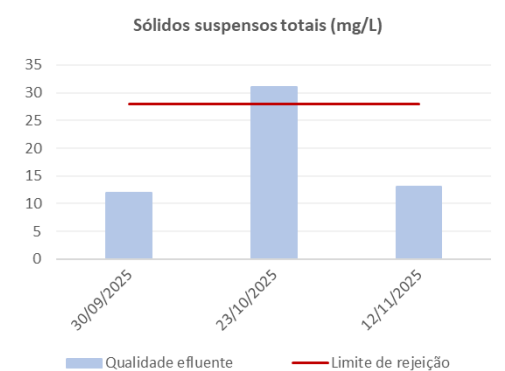


Figura 8.18 - Evolução de parâmetros de qualidade da água à saída da Unidade Piloto 03.

9. SÍNTESE DE RESULTADOS E CONCLUSÕES PRELIMINARES

A análise integrada dos resultados hidráulicos e da qualidade da água das três unidades piloto permite retirar conclusões relevantes para a avaliação do desempenho das plataformas de evapotranspiração de pequena escala em exploração na ETAR de Alcanena.

As Unidades Piloto 01 e 02, não impermeabilizadas, apresentaram perdas de água de elevada magnitude, sobretudo no período primavera-verão e na fase inicial de funcionamento. A ordem de grandeza das perdas médias diárias, que ascendem a cerca de 1 m/dia para a Unidade Piloto 01 e cerca de 2 m/dia para a Unidade Piloto 02, resulta de um valor elevado de infiltração no solo. Verifica-se, no entanto, uma redução progressiva da taxa de infiltração ao longo do tempo, por causa da colmatção.

A Unidade Piloto 03, impermeabilizada, apresentou perdas de água substancialmente inferiores face à não contribuição da infiltração. Nesta unidade, as perdas estimadas por balanço hídrico situaram-se entre cerca de 10 e 20 mm/dia. Contudo, a comparação destes valores com as estimativas teóricas de evapotranspiração em condições não padrão revela valores superiores aos expectáveis. Este resultado sugere que os valores obtidos por balanço hídrico podem incorporar volumes de transbordo que não são quantificados de forma rigorosa. Adicionalmente, o reduzido volume da unidade aumenta a incerteza do cálculo, sendo que pequenas variações no nível de água traduzem-se em variações volumétricas relevantes quando expressas em mm/dia, amplificando o efeito de incertezas de medição.

No que respeita à qualidade do efluente, verificou-se a remoção eficaz da fração biodegradável da matéria orgânica, embora persistam concentrações elevadas de CQO e limitações na remoção de azoto total.

De forma global, os resultados evidenciam a relevância das perdas de água por infiltração no solo. Observa-se, contudo, uma tendência de redução da taxa de infiltração ao longo do tempo, sobretudo em condições de alimentação continuada e na ausência de períodos de repouso.

Atendendo aos elevados caudais de descarga da ETAR de Alcanena, superiores a 5 000 m³/dia mesmo em período estival e sem contribuição de caudais pluviais, torna-se evidente a necessidade de considerar a contribuição da infiltração caso se pretenda implementar uma solução viável de “descarga zero”, dado o papel determinante desta componente no balanço hidráulico global do sistema de base natural.

Embora a componente de infiltração tenda a reduzir-se ao longo do tempo em resultado de fenómenos de colmatção, a gestão do sistema com várias unidades e com períodos de repouso poderá favorecer a manutenção de condições hidráulicas mais favoráveis do solo, em termos de infiltração, mesmo durante o período de inverno, em que a evapotranspiração é reduzida.

Neste contexto, de infiltração elevada, pode assumir grande relevância a avaliação no que respeita ao impacto no aquífero local.

10. PRÓXIMAS ETAPAS

Os resultados obtidos no presente trabalho apontam para a potencial viabilidade de uma solução de plataformas de evapotranspiração para a afinação e destino final do efluente da ETAR de Alcanena, com benefícios significativos para a qualidade de água na Ribeira do Carvalho, afluente do rio Alviela, e para a valorização local do território, de diversos pontos de vista. Neste contexto, propõe-se no futuro, o desenvolvimento de um projeto para a implementação de uma unidade piloto de solução de base natural de maior escala.

O Estudo Prévio da instalação incluiu o dimensionamento de dois leitos com aproximadamente 0,5 ha de área total, permitindo a comparação direta entre zonas impermeabilizadas e não impermeabilizadas. Esta configuração permitirá avaliar, em escala superior e em condições mais representativas de aplicação real, as diferenças no comportamento hidráulico, na magnitude das perdas por infiltração, nos tempos de retenção e no desempenho global do sistema, contribuindo para suportar decisões futuras de gestão e de investimento.

A escolha de uma unidade de maior dimensão permitirá ainda reduzir os efeitos de escala observados nas atuais unidades piloto, nomeadamente a elevada sensibilidade a pequenas variações de nível, e melhorar o controlo operacional do sistema. Paralelamente, recomenda-se a implementação de um plano de monitorização, com adequada frequência de amostragem e avaliação de níveis e qualidade da água do aquífero local.

Os resultados obtidos evidenciam a contribuição relevante da infiltração no balanço hídrico do sistema, claramente superior à da evapotranspiração, em particular no período de inverno, em que esta última se reduz muito significativamente.

A promoção da infiltração, com vista a assegurar, mesmo no período de inverno, uma solução tendencial de “descarga zero” sem comprometer a qualidade do aquífero, requer uma gestão adequada do sistema, designadamente através da introdução de períodos de repouso. Neste contexto, a avaliação dos impactes ao nível do aquífero local assume particular relevância.

No caso de o sistema vir a ser alimentado com caudais mais elevados que os previstos, nomeadamente em tempo de chuva, tudo indica que a qualidade do efluente não permitirá cumprir os requisitos da licença no que respeita à CQO, azoto e *E. coli*, pelo que o objetivo de “descarga zero” se torna ainda mais relevante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO.

Brix, H., & Arias, C. (2005). Danish Guidelines for Small-Scale Constructed Wetland System for Onsite Treatment of Domestic Sewage.

Brix, H., & Arias, C. (2011). Use of willows in evapotranspirative systems for onsite wastewater management theory and experiences from Denmark.

Gregersen, P. and Brix, H. 2001. Zero-discharge of nutrients and water in a willow dominated constructed wetland. Wat. Sci. and Tech. 44, 407-412.

Hasselgren, K. (1988) Sewage sludge recycling in energy forestry. In: Proceedings of the 5th International Solid Wastes Conference. Vol. 1: London Academic Press/International Solid Wastes and Public Cleansing Association pp. 189-197.

Ministério do Ambiente, 1994. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto.

Wallace, Scott & Knight, R.. (2006). Small-scale constructed wetland treatment systems: feasibility, design criteria, and O&M requirements. Final Report. Water Environment Research Foundation (WERF)

ANEXOS

ANEXO 1 – LICENÇA DE DESCARGA DA ETAR DE ALCANENA


 CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
 CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



TUA

TÍTULO ÚNICO AMBIENTAL

O titular está obrigado a cumprir o disposto no presente título, bem como toda a legislação e regulamentos vigentes nas partes que lhes são aplicáveis.

O TUA compreende as decisões de licenciamento solicitadas através do presente pedido.

DADOS GERAIS

Nº TUA	TUA20230405001152
REQUERENTE	AQUANENA - Empresa Municipal de Águas e Saneamento, EM SA
Nº DE IDENTIFICAÇÃO FISCAL	515194212
ESTABELECIMENTO	ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais de Alcanena
CÓDIGO APA	APA00064568
LOCALIZAÇÃO	ETAR de Alcanena - Casal de Penhores
CAE	36002 - Distribuição de água
	37002 - Tratamento de águas residuais

CONTEÚDOS TUA



ENQUADRAMENTO



LOCALIZAÇÃO



EXPLORAÇÃO



OBRIGAÇÕES DE COMUNICAÇÃO

CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

**ENQUADRAMENTO****ENQ1 - SUMÁRIO****Sumário**

Regime	Nº Processo	Indicador de enquadramento	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade	Eficácia	Sentido da decisão	Entidade Licenciadora
RH- Ocupações (1)- Rejeições (1)	PL20221111009951	Decreto-Lei n.º 226-A /2007, de 31 de maio	05-04-2023	05-04-2023	05-04-2025	Sim	Deferido	Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste
RH- Rejeições (1)	PL20250523005455	Decreto-Lei n.º 226-A /2007, de 31 de Maio, na sua redação atual	-	-	-	Sim	Deferido	Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste

Sumário - Utilizações

Código Utilização	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade
L076197.2025.RH5A.V1	30-06-2025	30-06-2025	30-06-2030

Outras decisões

Regime	Nº Processo	Indicador de enquadramento	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade	Eficácia	Sentido da decisão	Entidade Licenciadora
--------	-------------	----------------------------	-----------------	--------------------------	------------------	----------	--------------------	-----------------------

Sem dados.

Outras decisões - Utilizações

Código Utilização	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade
-------------------	-----------------	--------------------------	------------------

Sem dados.



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
 CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



LOCALIZAÇÃO

LOC1.1 - Mapa



EXPLORAÇÃO

EXP8 - RH

EXP8.3 - Rejeição de águas residuais

EXP8.3.3 - Localização


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Longitude	Latitude	Margem/Plano de Água	Massa de Água	Classificação da Massa de Água
T000140	L076197.2025. RH5A.V1	-8,669173	39,447298	Margem esquerda	PT05TEJ0970 :: Rio Alviela	Razoável
T000003	L006844.2021. RH5A.V1	-8,669018	39,447555	Margem esquerda	PT05TEJ0970 :: Rio Alviela	Mau

EXP8.3.5 - Caracterização Geral - ETAR Urbana/Doméstica

Código	Código Utilização	Longitude	Latitude	Designação	Ano de arranque	População o servida à data do pedido (e.p.)	Ano horizonte de projeto	População o servida no ano horizonte de projeto (e.p.)	Nível de tratamento implementado	Esquema de tratamento	Caudal máximo de descarga
T000004	L006844.2021. RH5A.V1	-8,667835	39,44771	ETAR Alcanena	1988	400 000	2028	400 000	Secundário	Fase Líquida: Obra de entrada com gradagem e tamisagem para remoção de sólidos, desarenação e desengorduramento, equalização e homogeneização em dois tanques para tratamento de águas residuais industriais, com capacidade e para 5000 m3 (cada) que permitem a oxidação dos sulfuretos existentes nas águas, tratamento químico, tratamento biológico (arejamento e lamas ativadas) e decantação. Fase sólida: espessamento, desidratação em filtros banda e estabiliza	10 000 m3/dia



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Longitud e	Latitude	Designa ção	Ano de arranque	Populaçã o servida à data do pedido (e.p.)	Ano horizonte de projeto	Populaçã o servida no ano horizonte de projeto (e.p.)	Nível de tratament o impleme ntado	Esquema de tratament o	Caudal máximo de descarga
										ção de lamas.	
										Fase Líquida: Obra de entrada com elevação por parafusos de Arquimed es, pré tratament o de sulfuretos, gradagem e tamisa m para remoção de sólidos, desarena ção e desengor durament o, equalizaç ão e homogen eização em dois tanques para tratament o de águas residuais industriais , com capacidad e de 5000 m3 cada. Tratament o químico, decantaçã o primária seguida de tratament o biológico (arejamen to e lam as ativadas) com recirculaç ão e decantaçã o secundári a, seguida de filtração. Fase sólida: Espessa mento e desidrataç ão mecânica por filtros prensa e estabiliza ção.	
T000141	L076197.2025. RH5A.V1	-8.669192	39,44723 7	ETAR Alcanena	1988	400 000	2030	400 000	Mais avanzado que o secundári o		10 000 m3/dia

EXP8.3.7 - Caracterização - Rejeição de águas residuais


 CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
 CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Designação do ponto de rejeição	Meio recetor	Denominação do meio recetor	Sistema de descarga	Volume anual descarregado (m3)
T000016	L006844.2021. RH5A.V1	ETAR Alcanena	Ribeira	Ribeira do Carvalho	Coletor com obra de proteção (boca de lobo)	3 650 000
T000142	L076197.2025. RH5A.V1	ETAR Alcanena	Ribeira	Ribeira do Carvalho	Coletor com obra de proteção (boca de lobo)	3 650 000

EXP8.3.8 - Características do Afluente Bruto

Código	Código Utilização	Volume médio mensal (m3)	CBO5 (mg/L O2)	CQO (mg/L O2)	N (mg/L N)	P (mg/L P)
T000144	L076197.2025. RH5A.V1	304 166,667	2 600	5 500	480	160
T000017	L006844.2021. RH5A.V1	304 166,667	2 600	5 500	480	160

EXP8.3.11 - Caracterização - Rejeição de águas residuais - Origem das águas residuais

Código	Código Utilização	Tipo	Origens	Instalação de Tratamento
T000005	L006844.2021. RH5A.V1	Urbanas		ETAR Alcanena
T000143	L076197.2025. RH5A.V1	Urbanas		ETAR Alcanena

EXP8.3.12 - Condições de Rejeição no ano de arranque

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% min. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000018	L006844.2021. RH5A.V1	pH (Escala de Sörensen)		6 a 9		(a)	(5)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição. Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000019	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		25		(b)	(3)	para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000020	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (mg/L O2)		125		(b)	(3)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000021	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		35		(b)	(3)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000022	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		10		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000023	L006844.2021. RH5A.V1	Alumínio (mg/L Al)		10		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000024	L006844.2021. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		2		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
								Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000025	L006844.2021. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8.3.13 - Condições de Rejeição.
T000026	L006844.2021. RH5A.V1	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)		2		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8.3.13 - Condições de Rejeição.

EXP8.3.13 - Condições de Rejeição

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000027	L006844.2021. RH5A.V1	pH (Escala de Sörensen)		6 a 9		(a)	(5)	
T000029	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		20		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000031	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O2)		125		(b)	(3)	
T000033	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período de estiagem) (mg/L O2)		120		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000035	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)		35		(b)	(3)	
T000037	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período de estiagem) (mg/L)		28		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000039	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto total (mg/L N)		15		(a)	(4)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000041	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		8		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000045	L006844.2021. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		1.6		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000043	L006844.2021. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		1.6		(a)	(4)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000049	L006844.2021. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000047	L006844.2021. RH5A.V1	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)		2		(a)	(1)	
T000051	L006844.2021. RH5A.V1	Alumínio (mg/L Al)		10		(a)	(1)	
T000053	L006844.2021. RH5A.V1	Escherichia coli (ufc/100 mL)		2000		(b)	(2)	Descarga em Zona Sensível (Decreto-Lei nº 77/2021 de 27 de agosto e Portaria n.º 188 /2021 de 8 de setembro). VLE a cumprir a partir de 05/04/2024.
T000147	L076197.2025. RH5A.V1	pH (Escala de Sørensen)		6 a 9		(a)	(5)	
T000149	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		20		(a)	(3)	
T000151	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (mg/L O2)		125		(a)	(3)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000153	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O2)		125		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000155	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período de estiação) (mg/L O2)		120		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000159	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)		35		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000157	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		35		(a)	(3)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000161	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período de estiação) (mg/L)		28		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000163	L076197.2025. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		8		(a)	(1)	
T000165	L076197.2025. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		1.6		(a)	(1)	
T000167	L076197.2025. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	
T000169	L076197.2025. RH5A.V1	Azoto total (mg/L N)		15		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000171	L076197.2025. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		3		(a)	(1)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000173	L076197.2025. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		1.6		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
								Descarga em Zona Sensível (Decreto-Lei nº 77/2021 de 27 de agosto e


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% min. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000174	L076197.2025. RH5A.V1	Escherichia coli (NMP/100 mL)		2000		(a)	(2)	Portaria n.º 188 /2021 de 8 de setembro). VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.

EXP8.3.14 - Legislação aplicável

Código	Código Utilização	Legislação aplicável
T000007	L006844.2021. RH5A.V1	(a) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual.
T000008	L006844.2021. RH5A.V1	(b) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, conjugada com o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de maio; Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho; Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro; Decreto-Lei nº 133/2015, de 13 de julho e Decreto-Lei nº 77/2021, de 27 de agosto.
T000188	L076197.2025. RH5A.V1	(a) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, conjugada com o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de maio; Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho; Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro; Decreto-Lei nº 133/2015, de 13 de julho e Decreto-Lei nº 77/2021, de 27 de agosto.

EXP8.3.15 - Avaliação de conformidade

Código	Código Utilização	Avaliação da conformidade
T000010	L076197.2025. RH5A.V1	(1) Considera-se que as águas residuais tratadas estão conformes com os parâmetros estabelecidos se, para cada um dos parâmetros aplicáveis, individualmente considerados, as amostras revelarem que as águas obedecem à norma de qualidade descrita nesta licença, nos seguintes termos: a) Nenhuma amostra excede o valor paramétrico em mais de 100%; e b) O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3 do Anexo I do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.
T000011	L076197.2025. RH5A.V1	(2) Para os parâmetros microbiológicos, o valor máximo observado, em amostras não conformes, durante o ano em análise não ultrapassa uma ordem de grandeza do valor limite que lhe corresponde nos casos em que o VLE seja igual ou superior a 1000 ufc/100mL ou NMP/100mL. Nas situações em que o VLE é inferior a 1000 ufc/100mL ou NMP/100mL, o valor máximo observado não ultrapassa o dobro do VLE que lhe corresponde. O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3, do Anexo I, do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.
T000012	L076197.2025. RH5A.V1	(3) A verificação da conformidade dos parâmetros CBO5, CQO e SST com Valor Limite de Emissão (VLE) estabelecido de acordo com Decreto-Lei n.º 152 /97, de 19 de junho, na sua redação atual, é realizada de acordo com o definido na alínea D) do Anexo I do mesmo diploma.
T000013	L006844.2021. RH5A.V1	(4) A verificação da conformidade dos parâmetros N e P com Valor Limite de Emissão (VLE) estabelecido de acordo com Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual, é realizada de acordo com o definido na alínea D) do Anexo I do mesmo diploma.
T000014	L076197.2025. RH5A.V1	(5) Considera-se que as águas residuais tratadas estão conformes para o parâmetro pH, se as amostras revelarem que as águas obedecem à norma de qualidade descrita nesta licença, nos seguintes termos: a) Nenhuma amostra poderá se encontrar fora do intervalo 5,0 -10,0; e b) O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3 do Anexo I do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.

EXP8.3.16 - Programa de autocontrolo



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000028	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	
T000030	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000032	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000034	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (período de estiação) (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000036	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000038	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (período de estiação) (mg /L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000040	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Azoto total (mg/L N)	Quinzenal	Composta (i)	
T000042	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	Quinzenal	Composta (i)	
T000044	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Fósforo total (mg/L P)	Quinzenal	Composta (i)	
T000046	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Crómio total (mg/L Cr)	Quinzenal	Composta (i)	
T000048	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)	Quinzenal	Pontual	
T000050	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sulfuretos (mg/L S)	Quinzenal	Composta (i)	
T000052	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Alumínio (mg/L Al)	Quinzenal	Composta (i)	
T000054	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Escherichia coli (ufc/100 mL)	Quinzenal	Pontual	
T000055	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Níquel total (mg/L Ni)	Semestral	Composta (i)	
T000056	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Zinco (mg/L Zn)	Semestral	Composta (i)	
T000057	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Ársénio total (mg/L As)	Semestral	Composta (i)	
T000058	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cádmio total (mg/L Cd)	Semestral	Composta (i)	
T000059	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Chumbo total (mg/L Pb)	Semestral	Composta (i)	
T000060	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cianetos totais (mg/L CN)	Semestral	Composta (i)	
T000061	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cobre total (mg/L Cu)	Semestral	Composta (i)	
T000062	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Mercúrio total (mg/L Hg)	Semestral	Composta (i)	
T000063	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000064	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Fluoreto de di-(2-etil-hexilo) (µg/L)	Semestral	Composta (I)	
T000065	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Oxifenóis e oxifenóis etoxilatos (µg/L)	Semestral	Composta (I)	
T000094	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carbono Orgânico Total (mg/L C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000093	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000095	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Temperatura (°C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000096	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Condutividade elétrica a 20° (µS/cm)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000097	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Caudal (m³/dia)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000148	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (I)	
T000189	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000152	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (mg/L O₂)	Quinzenal	Composta (I)	
T000150	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O₂)	Quinzenal	Composta (I)	
T000158	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (I)	
T000170	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Azoto total (mg/L N)	Quinzenal	Composta (I)	
T000172	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Fósforo total (mg/L P)	Quinzenal	Composta (I)	
T000164	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Azoto amoniacal (mg/L NH₄)	Quinzenal	Composta (I)	
T000166	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Crómio total (mg/L Cr)	Quinzenal	Composta (I)	
T000168	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Sulfuretos (mg/L S)	Quinzenal	Composta (I)	
T000191	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Temperatura (°C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000192	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Condutividade elétrica a 20° (µS/cm)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000190	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carbono Orgânico Total (mg/L C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000193	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Caudal (m³/dia)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000175	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Escherichia coli (NMP/100 mL)	Quinzenal	Pontual	
T000098	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (I)	



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000099	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000100	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000101	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000195	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	
T000196	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000197	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000198	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000199	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Níquel total (mg/L Ni)	Semestral	Composta (i)	
T000200	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Zinco (mg/L Zn)	Semestral	Composta (i)	
T000201	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Arsénio total (mg/L As)	Semestral	Composta (i)	
T000202	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cádmio total (mg/L Cd)	Semestral	Composta (i)	
T000203	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Chumbo total (mg/L Pb)	Semestral	Composta (i)	
T000204	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cianetos totais (mg/L CN)	Semestral	Composta (i)	
T000206	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cobre total (mg/L Cu)	Semestral	Composta (i)	
T000207	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Mercúrio total (mg/L Hg)	Semestral	Composta (i)	
T000208	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000209	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Ftalato de di-(2-etil-hexilo) (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000210	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Octilfenóis e octilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	

i Amostragem composta recolhida durante um período de 24 horas: (i) com intervalos máximos de 1 hora; (ii) com intervalos máximos de 4 horas; (iii) cobrindo no mínimo três períodos diários distintos entre as 7 e as 21 horas; (iv) representativa de um dia normal de laboração.

EXP8.3.17 - Programa de Monitorização do Meio Recetor


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local	Longitude	Latitude	Parâmetro	Frequência de amostragem	Observações
T000066	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			pH (Escala de Sörensen)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000067	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Oxigénio dissolvido (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000068	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Taxa de saturação em oxigénio (%)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000069	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000070	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000071	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Fósforo total (mg/L P)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000072	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Temperatura (°C)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000073	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Azoto total (mg/L N)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)

EXP8.3.19 - Condições Gerais

Código	Código Utilização	Condição
T000074	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Em caso de incumprimento da presente licença, o titular fica sujeito às sanções previstas no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

T000075	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A matéria tributável da componente E é determinada com base no Programa de autocontrolo a implementar.
T000076	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As despesas com vistorias extraordinárias inerentes à emissão desta licença, ou as que resultarem de reclamações justificadas, serão suportadas pelo seu titular.
T000077	L006844.2021.RH5A.V1	O titular pode, caso se mantenham as condições que determinaram a sua atribuição, solicitar a renovação desta licença, no prazo de 6 meses antes do seu termo.
T000078	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença só poderá ser transmitida mediante autorização da entidade licenciadora de acordo com o disposto no artigo 26.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000079	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Para efeitos de fiscalização ou inspeção, o titular fica obrigado a facultar, às Entidades Competentes, esta licença, bem como o acesso à área, construções e equipamentos a ela associados e aos registos detalhados do controlo da operação do sistema de tratamento.
T000080	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular fica obrigado a informar a Entidade Licenciadora, no prazo máximo de 24 horas, de qualquer acidente ou anomalia ocorrido nas instalações que afete o cumprimento das condições indicadas nesta licença bem como das medidas já implementadas e/ou previstas para correção da situação.
T000081	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença só poderá ser transacionada e temporariamente cedida mediante autorização da Entidade Licenciadora de acordo com o disposto no artigo 27.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000082	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença caduca nas condições previstas no presente título e no artigo 33.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000083	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular fica sujeito, de acordo com o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual, ao pagamento da Taxa de Recursos Hídricos (TRH) calculada de acordo com a seguinte fórmula: $TRH = E + O$, em que E – descarga de efluentes e O – ocupação do domínio público hídrico do Estado, se aplicável.
T000084	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A presente licença pode ser revista ou revogada nos casos previstos nos artigos 28.º e 32.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000085	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a cumprir o disposto na presente licença, em todas as leis e regulamentos vigentes, na parte em que lhe for aplicável, bem como outras normas ou regulamentos que venham a ser posteriormente aprovados e a entrar em vigor, quer as suas disposições se harmonizem ou não com os direitos e obrigações que à presente licença sejam aplicáveis.
T000086	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sem prejuízo das sanções aplicáveis, sempre que o registo atualizado dos valores do autocontrolo não seja entregue com a periodicidade definida na Licença, a componente E será calculada tendo por base as características do efluente bruto estabelecidas no projeto de execução da ETAR ou incluídas na presente licença.
T000087	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As vistorias que sejam realizadas pela Entidade Licenciadora na sequência dos episódios abrangidos no ponto que antecede são suportadas pelo utilizador.
T000088	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O pagamento da taxa de recursos hídricos devida é efetuado no ano seguinte àquele a que a taxa respeite até ao termo disposto na Nota de Liquidação respetiva e deve ser feito de acordo com o previsto no número 4 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual.
T000089	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A falta de pagamento atempado fica sujeito a juros de mora à taxa legal em vigor, conforme dispõe o número 5 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual.
T000090	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A rejeição de águas residuais será exclusivamente realizada no local e nas condições indicadas nesta licença, não estando autorizadas quaisquer outras descargas de efluentes, e não podendo o objeto da presente licença ser alterado sem prévia autorização da Entidade Licenciadora.
T000091	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular deverá respeitar todas as leis e regulamentos aplicáveis e munir-se de quaisquer outras autorizações, licenças e registos legalmente exigíveis.
T000092	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A Entidade Licenciadora reserva-se o direito de restringir excecionalmente o regime de utilização dos recursos hídricos agora atribuído, nomeadamente na ocorrência de secas, cheias e acidentes, nos termos da presente licença e no regime legal aplicável.

EXP8.3.20 - Condições Específicas

Código	Código Utilização	Condição
T000102	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar as medidas de prevenção de acidentes e de emergência descritas no projeto.
	L006844.2021.RH5A.V1	


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Condição
T000103	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a garantir que os órgãos de tratamento são completamente estanques.
T000104	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Impende sobre o titular desta licença a responsabilidade de verificar o cumprimento das normas constantes na autorização de descarga supra mencionada.
T000105	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a observar todos os preceitos legais no que concerne a segurança, gestão de resíduos e conservação da natureza e também a legislação e os regulamentos específicos das atividades complementares que simultaneamente venham a ser desenvolvidas no local.
T000106	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter o sistema de tratamento adotado em bom estado de funcionamento e conservação.
T000107	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter um registo atualizado dos valores do autocontrolo, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000108	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar o programa de autocontrolo descrito neste título e a enviar à Entidade Licenciadora os dados obtidos com o formato e periodicidade definidos no mesmo.
T000116	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Qualquer descarga de águas residuais urbanas e/ou industriais, bem como de outras atividades económicas ou serviços, nas redes de drenagem ou diretamente na ETAR, só poderá ocorrer mediante autorização do titular da presente licença e ficará sujeita às disposições constantes dessa autorização não podendo, em qualquer caso, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença. Qualquer nova situação desta natureza deverá ser comunicada à Entidade Licenciadora.
T000109	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que forem autorizadas descargas de águas residuais de indústrias localizadas fora da malha urbana, a autorização de descarga, prevista na cláusula anterior, fica sujeita à aprovação da Entidade Licenciadora.
T000113	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A ligação, às redes de drenagem da ETAR geridas pelo titular desta licença, das águas residuais de atividades económicas ou serviços localizados dentro da malha urbana ou diretamente na ETAR que produzam ou utilizem substâncias classificadas como poluentes específicos e/ou substâncias prioritárias/perigosas prioritárias para os meios aquáticos ou que sejam suscetíveis de comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença, nos termos do regulamento previsto no artigo 9.º do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações introduzidas pelos Decretos-Leis n.os 348/98, de 9 de novembro, e 149/2004, de 22 de junho e 198/2008, de 8 de outubro, deve ser encarada com precaução, não podendo, em quaisquer circunstâncias, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença.
T000110	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular da licença deve respeitar as condições de descarga indicadas neste título, não podendo efetuar qualquer operação deliberada de diluição das águas residuais. A avaliação de conformidade é determinada com base nos parâmetros definidos e de acordo com o mencionado neste título.
T000111	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que se verifique a necessidade de proceder a uma rejeição de emergência da(s) Estação(ões) Elevatória(s), o titular deverá de imediato tomar todas as medidas com vista a minimizar os efeitos daí decorrentes e comunicar a ocorrência à Entidade Licenciadora num prazo máximo de 24 horas seguintes à mesma.
T000112	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Fazem parte integrante do presente título todos os anexos autenticados que o acompanham.
T000114	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As condições de descarga poderão vir a ser alteradas em função dos resultados do autocontrolo e da evolução da qualidade do meio recetor ou de outras restrições de utilização local que o justifiquem.
T000115	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Qualquer alteração no funcionamento do sistema de produção e/ou de tratamento, mesmo que não prejudique as condições impostas nesta licença, deve ser comunicada à Entidade Licenciadora no prazo máximo de cinco dias.
T000117	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A descarga das águas residuais na água não deve provocar alteração da sua qualidade, nem colocar em risco os seus usos, sendo efetuada de modo a não prejudicar o escoamento natural da corrente e a não contribuir para o aumento dos riscos de erosão no local, ficando o titular responsável pela tomada das medidas consideradas necessárias para a correção das situações que possam ocorrer.
T000118	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter um registo atualizado dos dados provenientes do programa de monitorização do meio recetor, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000119	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar o programa de monitorização do meio recetor descrito neste título e a enviar à Entidade Licenciadora os dados obtidos com o formato e periodicidade definidos no mesmo.
T000120	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a efetuar as ações de manutenção, preventivas e corretivas, necessárias ao bom funcionamento da ETAR, incluindo a limpeza dos respetivos órgãos de tratamento devendo guardar os registos detalhados da sua realização, com indicação do destino final das lamas ou outros resíduos produzidos, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000121	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular assume a responsabilidade pela eficiência e eficácia dos processos de tratamento e dos procedimentos a adotar com vista a minimizar os efeitos decorrentes da rejeição de águas residuais e a cumprir os objetivos de qualidade definidos para a massa de água recetora.
T000122	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1 RH	O titular obriga-se a manter um dossier organizado contendo as Fichas de Dados de Segurança de todas as substâncias e/ou preparações perigosas utilizadas, devidamente redigidas em língua portuguesa.

EXP8.3.21 - Outras Condições



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a <https://siliamb.apambiente.pt> e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Condição
T000123	L006844.2021.RH5A.V1 RH	No prazo máximo de 30 dias após a data de atribuição do presente título, deverá ser apresentada uma apólice de seguro ou prestada uma caução no valor de 150 000 € (cento e cinquenta mil euros) a favor da entidade licenciadora, para recuperação ambiental, de acordo e nos termos previstos no número 2 do artigo 49º e alínea A) do Anexo I do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, que garanta o pagamento de indemnizações por eventuais danos causados por erros ou omissões do projeto relativamente à drenagem e tratamento de efluentes ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares a ele aplicáveis (minutas disponíveis no sítio da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. na internet em www.apambiente.pt – Instrumentos - Licenciamento das utilizações dos recursos hídricos - Formulários).
T000124	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a enviar à Entidade Licenciadora o registo dos caudais mensais relativos ao afluente bruto e efluente rejeitado. Esta informação deverá ser comunicada juntamente com o autocontrolo, via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000125	L006844.2021.RH5A.V1	Os relatórios de autocontrolo, a enviar à Entidade Licenciadora, deverão incluir a identificação de qualquer alteração nas condições de entrada de efluente, avarias nos equipamentos, ou outras situações que alterem o normal funcionamento da ETAR. Quando se verifique a ocorrência de algum incumprimento deverão ser apresentadas as correspondentes medidas corretivas e preventivas. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000126	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se para o corrente ano civil, a enviar a calendarização prevista para a recolha de amostras de autocontrolo na ETAR, num prazo de 15 dias a contar da data da emissão do presente título; para cada ano civil, a enviar a calendarização prevista até ao dia 15 de Dezembro do ano anterior; caso a programação prevista seja alterada, a enviar a nova calendarização, com uma antecedência mínima de 15 dias. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, via mensagem associada a esta licença.
T000127	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Para efeitos de fiscalização ou inspeção poderão ser recolhidas amostras pontuais e/ou compostas, para avaliação da respetiva conformidade com os valores limites de emissão (VLE) expressos em unidades de concentração (massa por volume). No caso das amostras pontuais os VLE acrescem em 50% para os parâmetros com VLE definido no TURH para amostra composta.
T000128	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que se registarem caudais efluentes do sistema de tratamento superiores ao caudal de dimensionamento da ETAR em ano de horizonte do projeto, deverá prestar os devidos esclarecimentos, no final de cada semestre, tendo presente a necessidade de rigorosa justificação de que tais acréscimos de caudal tratado não põem em causa a eficiência do sistema de tratamento. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, por mensagem associada a esta licença.
T000129	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a reportar à Entidade Licenciadora, os volumes descarregados em situações de by-pass (na ETAR e também nas instalações elevatórias associadas), assim como a indicação do período de ocorrência.
T000130	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a apresentar um relatório síntese, trimestralmente, a partir do início de vigência da presente licença, a entregar até ao 15º dia do mês seguinte, com a demonstração do desempenho da instalação, evidenciando a melhoria da eficiência de tratamento da ETAR, face às medidas /intervenção implementadas. No relatório deverá, ainda, constar um cronograma com as medidas implementadas e a implementar.
T000131	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a desenvolver um programa de medidas de prevenção de acidentes e de emergência com vista à proteção do meio recetor e apresentar o mesmo à Entidade Licenciadora, no prazo máximo de três meses, após a emissão da presente licença. O programa terá de contemplar a existência de órgão de retenção para águas residuais indevidamente tratadas, com uma capacidade mínima de 10 (dez) horas, para fazer face a situações de avaria ou de acidente. O referido programa deve também descrever o procedimento de atuação quando se atinja o volume máximo do referido órgão de retenção, garantindo a implementação de um registo automático contínuo dos níveis do seu enchimento, com o armazenamento dos dados históricos a disponibilizar à Entidade Licenciadora.
T000132	L006844.2021.RH5A.V1	Os órgãos de retenção só podem ser utilizados em situação de emergência e/ou acidentes e desde que comunicados à Entidade Licenciadora.
T000133	L006844.2021.RH5A.V1	As condições de período de estagem e de período húmido aplicam-se anualmente, no período de 1 de maio a 31 de outubro e no período de 1 de novembro a 30 de abril, respetivamente.
T000134	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter a área envolvente à descarga, em boas condições de funcionamento hidráulico, pelo que fica desde já autorizado a proceder a medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica, nomeadamente à limpeza e remoção dos sedimentos depositados no interior da linha de água, bem como a eliminar os elementos vegetais implantados no leito e margens macios de silvas (<i>Rubus ulmifolius</i>) e de canas (<i>Arundo donax</i>).
T000135	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As determinações analíticas conducentes à verificação do cumprimento do programa de autocontrolo devem ser preferencialmente realizadas por laboratórios acreditados para o efeito, devendo, nos restantes casos, ser realizadas por laboratórios que mantenham um sistema de controlo de qualidade analítica devidamente documentado e atualizado, à semelhança das orientações descritas na Diretiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho. Os boletins analíticos terão de vir acompanhados da indicação dos limites de deteção, de quantificação e da incerteza. Os procedimentos de amostragem deverão ser efetuados aplicando boas práticas internacionais de laboratório a fim de reduzir ao mínimo a degradação das amostras entre a colheita e a análise.
T000213	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a enviar à Entidade Licenciadora o registo dos caudais mensais relativos ao efluente rejeitado. Esta informação deverá ser comunicada juntamente com o autocontrolo, via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000214	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se para o corrente ano civil, a enviar a calendarização prevista para a recolha de amostras de autocontrolo na ETAR, num prazo de 15 dias a contar da data da emissão do presente título; para cada ano civil, a enviar a calendarização prevista até ao dia 15 de dezembro do ano anterior; caso a programação prevista seja alterada, a enviar a nova calendarização, com uma antecedência mínima de 24h da nova data.
T000215	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a apresentar um relatório síntese, trimestralmente, a partir do início de vigência da presente licença, a entregar até ao 15º dia do mês seguinte, com a demonstração do desempenho da instalação, evidenciando a melhoria da eficiência de tratamento da ETAR, face às medidas /intervenção implementadas. No relatório deverá, ainda, constar um cronograma com as medidas implementadas e a implementar.
T000218	L076197.2025.RH5A.V1	Os órgãos de retenção só podem ser utilizados em situação de emergência e/ou acidentes e desde que comunicados à Entidade Licenciadora.
T000219	L076197.2025.RH5A.V1	As condições de período de estagem e de período húmido aplicam-se anualmente, no período de 1 de maio a 31 de outubro e no período de 1 de novembro a 30 de abril, respetivamente.



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



OBRIGAÇÕES DE COMUNICAÇÃO

OCom1 - Comunicações a efetuar à Administração

Código	Tipo de informação /Parâmetros	Formato de reporte	Periodicidade de comunicação	Data de reporte	Entidade
T000136	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora, através do SILiAmb (módulo Licenciamento Único de Ambiente > Autocontrolo RH), os dados provenientes do programa de autocontrolo estabelecido na licença, assim como os respetivos boletins analíticos.	Módulo Autocontrolo	Mensal		APA/ARHTO
T000137	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora os resultados em contínuo e a cada 15 minutos através de ligação ao servidor da APA, de acordo com o estabelecido no protocolo de comunicação em anexo. Na falta desta ligação estes resultados devem ser enviados semanalmente em ficheiro com o formato excel para o endereço de email arht. geral@apambiente.pt.	Ligação ao servidor da APA - em contínuo	Em contínuo		APA/ARHTO
T000138	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora, os resultados do programa de monitorização no meio recetor, através de ficheiro com o formato excel para o endereço de email arht. geral@apambiente.pt, com referência em assunto "Autocontrolo_Licença_XX"	Ficheiro excel para arht. geral@apambiente.pt	Trimestral		APA/ARHTO

ANEXO 2 – ESTIMATIVAS DIÁRIAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E PARÂMETROS CLIMÁTICOS COM RECURSO AO SOFTWARE CROPWAT

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

JANUARY

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	-1.2	13.8	87	0.4	4.5	7.0	0.52
2	-0.7	15.2	89	0.2	4.5	7.0	0.50
3	1.8	13.0	90	0.1	4.5	7.0	0.46
4	7.9	15.5	96	0.6	4.5	7.1	0.58
5	13.1	15.7	99	3.0	4.5	7.1	0.52
6	6.1	13.8	99	0.9	4.5	7.1	0.52
7	3.2	13.8	94	0.3	4.5	7.1	0.53
8	12.0	17.5	99	2.2	4.5	7.2	0.61
9	10.7	16.1	99	0.3	4.5	7.2	0.63
10	12.7	16.0	99	0.1	4.5	7.2	0.67
11	14.2	19.0	99	1.1	4.5	7.3	0.71
12	10.4	19.9	99	1.5	4.5	7.3	0.74
13	1.6	16.7	80	0.2	4.5	7.4	0.63
14	-1.6	12.9	81	0.8	4.5	7.4	0.73
15	-3.6	16.5	77	0.9	4.5	7.5	0.96
16	9.2	16.3	73	2.3	4.5	7.5	1.41
17	3.1	14.6	70	2.1	4.5	7.6	1.35
18	-0.9	15.2	77	0.3	4.5	7.6	0.65
19	-0.3	9.8	85	0.3	4.5	7.7	0.55
20	10.0	12.4	99	1.9	4.5	7.7	0.57
21	12.5	17.7	99	2.3	4.5	7.8	0.72
22	12.2	16.6	99	1.6	4.5	7.8	0.72
23	11.7	16.9	99	1.0	4.5	7.9	0.76
24	9.8	13.8	99	1.1	4.5	7.9	0.68
25	6.0	16.1	99	1.1	4.5	8.0	0.75
26	5.9	16.7	88	2.4	4.5	8.1	1.11
27	12.1	16.6	99	4.5	4.5	8.1	0.66
28	7.4	14.8	89	2.4	4.5	8.2	1.00
29	7.0	14.7	84	2.3	4.5	8.3	1.14
30	10.3	14.0	86	5.1	4.5	8.3	1.27
31	8.5	17.1	56	1.8	4.5	8.4	1.85
Average	6.8	15.4	90	1.4	4.5	7.6	0.79

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

FEBRUARY

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	7.7	15.2	66	1.5	5.5	9.4	1.45
2	10.7	15.2	96	2.0	5.5	9.5	0.90
3	3.8	17.2	68	1.7	5.5	9.5	1.59
4	0.1	17.7	74	0.5	5.5	9.6	1.06
5	0.0	18.9	82	0.6	5.5	9.7	1.12
6	0.0	17.3	77	0.5	5.5	9.8	1.07
7	4.8	16.8	84	0.9	5.5	9.9	1.15
8	4.0	17.4	97	0.6	5.5	10.0	1.03
9	12.3	16.9	92	0.4	5.5	10.0	1.14
10	11.2	16.8	99	0.7	5.5	10.1	1.09
11	8.7	15.4	96	1.1	5.5	10.2	1.05
12	4.4	16.8	99	0.9	5.5	10.3	1.07
13	3.5	16.2	89	0.5	5.5	10.4	1.11
14	6.5	17.9	99	0.6	5.5	10.5	1.16
15	8.2	16.9	93	0.9	5.5	10.6	1.20
16	5.4	16.6	91	1.0	5.5	10.7	1.22
17	1.8	15.7	95	0.5	5.5	10.8	1.13
18	7.3	17.9	95	0.8	5.5	10.9	1.27
19	8.5	19.6	98	0.5	5.5	11.0	1.34
20	6.8	20.0	93	0.6	5.5	11.1	1.39
21	9.4	15.6	94	0.8	5.5	11.1	1.27
22	7.3	17.0	99	0.8	5.5	11.2	1.27
23	1.9	18.7	92	0.6	5.5	11.3	1.38
24	3.8	18.7	85	0.9	5.5	11.4	1.51
25	9.8	17.4	90	1.6	5.5	11.5	1.48
26	2.8	18.2	82	1.0	5.5	11.6	1.58
27	6.2	13.4	78	0.9	5.5	11.7	1.43
28	8.2	17.8	99	1.1	5.5	11.8	1.39
29							
30							
31							
Average	5.9	17.1	89	0.9	5.5	10.6	1.24

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

MARCH

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
1	7.1	17.2	89	1.0	6.5	13.0	1.59
2	9.1	12.1	80	2.0	6.5	13.1	1.65
3	9.1	16.7	88	1.4	6.5	13.2	1.66
4	9.2	18.1	91	0.9	6.5	13.3	1.69
5	7.7	18.3	94	0.8	6.5	13.4	1.67
6	11.5	18.1	96	0.6	6.5	13.6	1.74
7	7.2	16.8	99	1.0	6.5	13.7	1.56
8	7.4	13.7	98	1.4	6.5	13.8	1.42
9	7.3	14.2	96	0.8	6.5	13.9	1.54
10	9.4	15.2	97	1.1	6.5	14.0	1.59
11	8.7	16.8	99	1.7	6.5	14.1	1.57
12	5.0	14.2	90	0.7	6.5	14.2	1.63
13	9.7	18.2	99	1.2	6.5	14.3	1.76
14	6.3	15.5	94	1.8	6.5	14.4	1.65
15	4.1	16.2	68	1.1	6.5	14.5	2.07
16	5.2	17.7	85	0.8	6.5	14.6	1.92
17	11.3	15.2	92	1.4	6.5	14.7	1.82
18	9.1	18.3	99	0.7	6.5	14.8	1.92
19	8.8	18.4	94	2.4	6.5	14.9	1.89
20	10.2	16.8	79	1.6	6.5	15.0	2.20
21	9.0	16.7	93	1.5	6.5	15.1	1.90
22	8.2	14.1	99	2.5	6.5	15.2	1.52
23	6.1	14.3	92	2.1	6.5	15.3	1.76
24	7.6	16.9	83	2.1	6.5	15.4	2.19
25	8.8	21.5	79	1.5	6.5	15.5	2.56
26	5.1	20.2	68	1.4	6.5	15.6	2.63
27	4.2	19.6	82	1.6	6.5	15.7	2.39
28	6.3	22.7	83	1.9	6.5	15.8	2.68
29	6.1	24.1	74	1.1	6.5	15.9	2.78
30	5.5	24.3	74	1.1	6.5	16.0	2.82
31	4.2	26.1	74	1.0	6.5	16.1	2.94
Average	7.6	17.7	88	1.4	6.5	14.6	1.96

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

APRIL

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
1	9.3	22.4	69	0.8	7.5	17.5	2.82
2	7.2	18.0	88	1.0	7.5	17.6	2.38
3	7.0	18.7	97	1.1	7.5	17.7	2.31
4	12.1	17.4	94	2.0	7.5	17.8	2.28
5	9.0	19.1	96	0.7	7.5	17.8	2.47
6	8.4	17.6	90	0.9	7.5	17.9	2.43
7	9.4	22.9	99	0.8	7.5	18.0	2.71
8	8.9	27.0	89	0.8	7.5	18.1	3.09
9	8.8	27.2	75	0.9	7.5	18.2	3.30
10	13.5	25.9	69	0.8	7.5	18.3	3.29
11	13.6	20.2	80	1.2	7.5	18.4	2.93
12	11.2	22.0	98	1.0	7.5	18.5	2.75
13	9.6	19.5	93	1.7	7.5	18.5	2.57
14	9.2	17.8	86	1.3	7.5	18.6	2.63
15	6.8	14.1	95	1.5	7.5	18.7	2.19
16	3.1	16.5	91	1.0	7.5	18.8	2.42
17	11.2	20.7	98	1.0	7.5	18.9	2.75
18	12.5	18.7	91	1.6	7.5	18.9	2.70
19	7.0	15.9	91	2.3	7.5	19.0	2.36
20	7.3	16.6	83	2.2	7.5	19.1	2.65
21	6.6	17.4	90	0.7	7.5	19.2	2.63
22	6.5	19.8	99	2.0	7.5	19.2	2.53
23	8.8	25.9	76	1.4	7.5	19.3	3.58
24	8.2	28.3	73	1.0	7.5	19.4	3.72
25	9.9	19.4	77	2.3	7.5	19.4	3.17
26	12.9	20.7	77	2.7	7.5	19.5	3.39
27	7.0	27.2	75	1.1	7.5	19.6	3.65
28	7.7	28.3	67	1.0	7.5	19.6	3.83
29	10.7	23.8	70	1.0	7.5	19.7	3.48
30	8.0	18.9	80	0.9	7.5	19.7	2.96
31							
Average	9.0	20.9	85	1.3	7.5	18.7	2.86

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

MAY

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	5.4	23.0	97	1.0	9.0	21.9	3.29
2	13.0	21.2	79	1.1	9.0	21.9	3.53
3	13.8	19.3	94	1.1	9.0	22.0	3.23
4	12.4	19.7	99	1.4	9.0	22.0	3.07
5	11.1	20.3	92	1.7	9.0	22.1	3.18
6	6.9	23.9	88	0.9	9.0	22.1	3.54
7	8.4	21.9	80	0.8	9.0	22.2	3.49
8	9.7	21.2	87	1.1	9.0	22.3	3.40
9	8.8	20.7	79	0.9	9.0	22.3	3.45
10	8.1	19.9	84	1.4	9.0	22.3	3.33
11	5.4	20.7	78	1.6	9.0	22.4	3.50
12	6.2	20.6	72	1.2	9.0	22.4	3.55
13	7.2	20.2	80	1.4	9.0	22.5	3.43
14	5.4	20.5	80	1.8	9.0	22.5	3.48
15	8.1	21.8	71	2.3	9.0	22.6	3.95
16	8.4	27.7	77	1.2	9.0	22.6	4.18
17	10.6	30.0	68	1.0	9.0	22.6	4.48
18	10.7	22.9	73	1.0	9.0	22.7	3.82
19	9.3	22.7	88	1.5	9.0	22.7	3.59
20	13.3	24.7	79	2.1	9.0	22.7	4.11
21	15.4	25.0	72	2.5	9.0	22.8	4.50
22	15.4	25.6	73	3.1	9.0	22.8	4.64
23	14.2	27.6	73	2.0	9.0	22.8	4.62
24	9.8	30.5	59	1.5	9.0	22.9	4.99
25	11.3	26.0	53	2.3	9.0	22.9	5.12
26	12.3	24.1	71	2.1	9.0	22.9	4.31
27	12.2	29.7	75	1.6	9.0	22.9	4.69
28	9.7	34.9	67	1.1	9.0	23.0	5.10
29	12.8	38.3	62	1.0	9.0	23.0	5.48
30	14.1	36.1	57	1.0	9.0	23.0	5.33
31	15.0	35.7	59	1.1	9.0	23.0	5.34
Average	10.5	25.0	76	1.5	9.0	22.5	4.05

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

JUNE

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	13.7	28.3	63	1.7	11.0	25.9	5.24
2	15.6	23.3	70	3.0	11.0	25.9	4.86
3	16.0	21.1	71	3.0	11.0	25.9	4.61
4	12.9	24.2	78	1.8	11.0	25.9	4.47
5	14.3	25.9	75	2.1	11.0	25.9	4.81
6	16.6	25.8	70	2.5	11.0	26.0	5.10
7	16.1	25.6	67	2.2	11.0	26.0	5.11
8	13.8	33.0	62	1.7	11.0	26.0	5.82
9	14.8	35.8	60	1.0	11.0	26.0	5.75
10	15.7	28.9	67	1.3	11.0	26.0	5.17
11	13.7	25.0	81	1.4	11.0	26.0	4.50
12	12.4	27.3	80	1.1	11.0	26.0	4.67
13	15.4	26.8	80	1.6	11.0	26.0	4.76
14	16.2	24.5	68	2.5	11.0	26.0	5.03
15	15.8	30.3	64	1.9	11.0	26.0	5.64
16	11.6	38.5	63	1.1	11.0	26.0	6.07
17	16.8	37.8	39	1.1	11.0	26.0	6.27
18	14.0	36.2	63	1.0	11.0	26.0	5.76
19	17.1	35.1	71	1.1	11.0	26.0	5.66
20	16.5	32.9	74	1.3	11.0	26.0	5.48
21	12.8	28.6	69	2.0	11.0	26.0	5.27
22	16.0	25.6	65	2.0	11.0	26.0	5.12
23	15.9	31.2	77	0.9	11.0	26.0	5.14
24	15.5	28.1	77	1.1	11.0	26.0	4.89
25	17.6	26.7	76	1.7	11.0	26.0	4.92
26	17.9	29.2	76	2.4	11.0	26.0	5.31
27	16.8	36.7	67	1.6	11.0	26.0	6.19
28	16.7	41.8	58	1.0	11.0	26.0	6.38
29	19.3	43.1	47	1.3	11.0	26.0	7.01
30	17.6	41.5	41	1.2	11.0	26.0	6.72
31							
Average	15.5	30.6	67	1.7	11.0	26.0	5.39

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

JULY

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	17.8	36.9	42	1.5	11.0	26.0	6.57
2	18.7	30.6	63	1.8	11.0	25.9	5.70
3	15.5	37.8	67	1.1	11.0	25.9	5.95
4	16.7	35.7	62	1.3	11.0	25.9	5.93
5	18.2	33.8	60	1.6	11.0	25.9	5.99
6	20.0	28.9	62	2.5	11.0	25.9	5.87
7	19.4	32.3	74	2.0	11.0	25.9	5.66
8	15.0	37.2	62	1.1	11.0	25.8	5.89
9	17.8	31.1	63	1.3	11.0	25.8	5.45
10	14.9	27.0	70	1.4	11.0	25.8	4.88
11	15.9	25.3	75	1.2	11.0	25.8	4.62
12	15.8	26.2	85	1.6	11.0	25.7	4.53
13	15.9	28.1	75	2.1	11.0	25.7	5.04
14	17.5	29.2	70	2.4	11.0	25.7	5.44
15	13.9	38.5	61	1.5	11.0	25.7	6.32
16	11.6	36.0	53	1.5	11.0	25.6	6.12
17	17.8	28.8	54	2.7	11.0	25.6	6.11
18	18.3	26.4	62	2.8	11.0	25.6	5.55
19	17.7	26.6	68	2.2	11.0	25.5	5.14
20	17.5	25.7	71	2.0	11.0	25.5	4.89
21	16.7	26.7	60	2.8	11.0	25.5	5.58
22	18.0	28.9	53	2.9	11.0	25.4	6.23
23	17.6	25.8	71	3.2	11.0	25.4	5.11
24	18.1	32.7	61	2.4	11.0	25.4	6.14
25	17.0	35.8	32	2.2	11.0	25.3	7.24
26	13.4	37.9	36	1.7	11.0	25.3	6.74
27	14.6	36.6	30	2.1	11.0	25.2	7.20
28	18.8	33.3	47	2.6	11.0	25.2	6.84
29	20.1	39.2	34	1.9	11.0	25.1	7.26
30	16.2	39.0	34	1.6	11.0	25.1	6.75
31	17.4	38.5	33	1.3	11.0	25.0	6.29
Average	16.9	32.1	58	1.9	11.0	25.6	5.90

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

AUGUST

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
1	16.1	36.8	43	1.2	10.2	23.9	5.74
2	12.7	36.8	63	1.2	10.2	23.8	5.48
3	15.4	41.4	40	1.5	10.2	23.8	6.59
4	17.9	38.3	36	1.1	10.2	23.7	5.78
5	19.6	39.3	57	1.1	10.2	23.7	5.77
6	16.1	37.1	56	1.2	10.2	23.6	5.57
7	14.8	34.9	68	1.1	10.2	23.6	5.11
8	13.8	35.2	68	1.1	10.2	23.5	5.11
9	13.2	38.5	63	1.1	10.2	23.4	5.47
10	15.6	39.2	35	1.1	10.2	23.4	5.72
11	15.9	41.2	34	0.9	10.2	23.3	5.56
12	18.5	39.3	26	0.9	10.2	23.2	5.41
13	20.0	38.5	34	1.2	10.2	23.2	5.83
14	15.1	40.8	41	1.0	10.2	23.1	5.62
15	15.7	34.5	42	1.2	10.2	23.0	5.30
16	13.8	39.0	51	1.0	10.2	23.0	5.37
17	17.7	34.1	27	1.6	10.2	22.9	5.93
18	19.0	28.4	28	2.3	10.2	22.8	6.20
19	18.9	27.3	41	2.9	10.2	22.7	6.11
20	19.3	27.4	41	2.8	10.2	22.7	6.05
21	17.3	27.9	45	2.7	10.2	22.6	5.77
22	15.5	34.7	53	1.6	10.2	22.5	5.42
23	15.4	34.0	26	1.4	10.2	22.4	5.48
24	15.4	30.5	47	1.6	10.2	22.3	5.06
25	13.7	32.6	52	1.4	10.2	22.2	4.96
26	18.0	29.5	34	2.7	10.2	22.2	6.31
27	18.4	25.4	29	3.0	10.2	22.1	6.28
28	17.7	24.8	44	2.4	10.2	22.0	5.17
29	17.4	27.2	36	1.9	10.2	21.9	5.19
30	18.0	27.1	43	1.8	10.2	21.8	4.94
31	17.0	24.6	44	2.0	10.2	21.7	4.78
Average	16.5	33.8	43	1.6	10.2	22.9	5.58

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

SEPTEMBER

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	12.2	25.0	76	2.0	7.8	18.5	3.47
2	11.0	27.0	72	1.3	7.8	18.4	3.50
3	12.7	28.7	79	1.6	7.8	18.3	3.60
4	14.8	26.9	82	1.9	7.8	18.2	3.42
5	13.0	31.2	68	1.6	7.8	18.1	4.05
6	9.6	31.3	66	1.2	7.8	18.0	3.82
7	17.7	25.5	66	1.3	7.8	17.9	3.52
8	16.5	23.5	99	2.5	7.8	17.8	2.51
9	15.0	23.1	70	2.3	7.8	17.7	3.47
10	17.5	24.4	74	1.5	7.8	17.6	3.28
11	13.9	27.0	99	1.8	7.8	17.5	2.81
12	18.2	29.1	78	2.1	7.8	17.4	3.67
13	15.2	26.9	75	2.0	7.8	17.3	3.47
14	19.1	28.2	69	2.5	7.8	17.2	4.01
15	17.8	29.4	78	2.7	7.8	17.1	3.77
16	11.5	35.0	76	1.1	7.8	17.0	3.72
17	7.4	36.5	61	0.8	7.8	16.9	3.67
18	9.4	29.1	61	0.6	7.8	16.8	2.97
19	13.2	32.2	49	0.7	7.8	16.7	3.31
20	13.3	27.2	68	1.6	7.8	16.6	3.36
21	15.0	22.3	76	2.6	7.8	16.5	3.02
22	13.4	23.3	55	3.1	7.8	16.4	4.06
23	6.4	27.9	62	1.4	7.8	16.3	3.32
24	8.2	29.0	42	1.3	7.8	16.2	3.61
25	6.4	30.2	42	0.9	7.8	16.1	3.22
26	5.8	29.0	41	0.8	7.8	16.0	3.00
27	5.0	22.9	54	1.0	7.8	15.9	2.67
28	17.2	23.8	87	2.5	7.8	15.7	2.60
29	12.4	28.8	92	1.4	7.8	15.6	2.71
30	10.7	29.9	67	1.1	7.8	15.5	3.04
31							
Average	12.6	27.8	69	1.6	7.8	17.1	3.35

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

OCTOBER

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	10.9	31.3	67	1.2	6.0	13.4	3.00
2	11.9	31.2	61	1.3	6.0	13.3	3.12
3	9.3	27.1	71	1.2	6.0	13.2	2.58
4	16.7	25.4	82	2.3	6.0	13.1	2.54
5	13.0	27.9	88	1.6	6.0	13.0	2.40
6	9.8	31.6	66	0.9	6.0	12.9	2.72
7	11.8	26.0	60	1.4	6.0	12.7	2.71
8	15.6	22.0	83	2.2	6.0	12.6	2.19
9	14.1	27.1	85	1.5	6.0	12.5	2.30
10	10.8	29.7	77	1.0	6.0	12.4	2.43
11	11.1	29.2	48	1.2	6.0	12.3	2.88
12	10.8	28.5	51	1.3	6.0	12.2	2.85
13	10.8	29.9	66	1.3	6.0	12.1	2.67
14	10.0	30.8	63	0.9	6.0	12.0	2.46
15	10.1	31.2	66	0.8	6.0	11.9	2.38
16	13.7	31.5	51	0.8	6.0	11.8	2.50
17	9.9	29.4	63	0.9	6.0	11.7	2.28
18	10.5	29.0	66	0.7	6.0	11.6	2.09
19	17.0	25.8	64	0.8	6.0	11.5	2.09
20	13.8	23.9	87	1.2	6.0	11.4	1.77
21	18.9	23.8	88	1.3	6.0	11.3	1.82
22	18.9	24.5	99	1.5	6.0	11.3	1.59
23	17.3	25.2	95	1.2	6.0	11.2	1.67
24	17.2	23.7	92	1.1	6.0	11.1	1.63
25	16.7	22.2	96	1.0	6.0	11.0	1.48
26	11.2	24.3	99	1.0	6.0	10.9	1.46
27	7.7	25.3	60	0.9	6.0	10.8	1.88
28	13.8	18.9	48	0.7	6.0	10.7	1.66
29	13.7	21.1	92	0.7	6.0	10.6	1.35
30	10.5	21.1	97	0.7	6.0	10.5	1.26
31	16.2	19.8	91	1.0	6.0	10.4	1.34
Average	13.0	26.4	75	1.1	6.0	11.9	2.16

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

NOVEMBER

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	15.6	20.3	98	0.8	6.0	10.3	1.24
2	7.9	20.2	86	1.0	6.0	10.2	1.29
3	4.8	22.2	81	0.6	6.0	10.2	1.29
4	9.9	22.1	83	0.8	6.0	10.1	1.33
5	9.9	20.4	80	1.5	6.0	10.0	1.49
6	7.2	19.0	91	0.8	6.0	9.9	1.09
7	10.8	20.2	90	0.8	6.0	9.8	1.15
8	7.1	19.3	95	0.8	6.0	9.7	1.03
9	4.5	19.5	86	0.5	6.0	9.7	1.03
10	10.5	17.3	87	0.4	6.0	9.6	0.97
11	13.1	20.9	99	0.9	6.0	9.5	1.04
12	12.8	20.3	88	1.1	6.0	9.4	1.15
13	13.9	18.1	98	1.3	6.0	9.4	0.92
14	11.8	15.0	97	0.8	6.0	9.3	0.83
15	9.7	17.9	99	0.7	6.0	9.2	0.86
16	10.7	19.2	98	1.0	6.0	9.2	0.90
17	10.5	17.8	95	0.6	6.0	9.1	0.86
18	5.7	20.6	93	0.7	6.0	9.0	0.94
19	6.3	16.6	83	1.2	6.0	9.0	0.99
20	5.8	15.2	70	1.4	6.0	8.9	1.19
21	1.9	15.3	73	1.4	6.0	8.8	1.13
22	-0.3	16.2	73	0.6	6.0	8.8	0.83
23	3.6	16.2	74	0.6	6.0	8.7	0.83
24	11.7	17.2	94	1.4	6.0	8.7	0.81
25	10.7	16.1	87	2.2	6.0	8.6	0.99
26	4.4	17.4	67	1.1	6.0	8.6	1.11
27	1.4	18.4	79	0.7	6.0	8.5	0.87
28	7.2	17.0	76	1.4	6.0	8.5	1.08
29	5.6	16.0	83	0.6	6.0	8.4	0.70
30	4.8	14.9	88	1.8	6.0	8.4	0.83
31							
Average	8.0	18.2	86	1.0	6.0	9.3	1.03

Country: Portugal
 Altitude: 60 m.

Station: Alcanena
 Latitude: 39.45 °N

Year: 2025
 Longitude: 8.67 °W

DECEMBER

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
1	0.5	16.1	78	0.5	4.2	6.9	0.69
2	5.1	16.0	87	0.9	4.2	6.9	0.73
3	3.3	15.0	90	0.7	4.2	6.9	0.63
4	6.8	16.7	90	1.0	4.2	6.9	0.72
5	9.8	19.2	91	0.9	4.2	6.8	0.76
6	13.0	18.8	98	0.5	4.2	6.8	0.66
7	10.7	17.5	93	0.6	4.2	6.8	0.64
8	9.6	18.4	98	0.8	4.2	6.8	0.63
9	10.6	14.2	90	0.8	4.2	6.7	0.62
10	9.0	18.1	99	0.8	4.2	6.7	0.60
11	9.4	15.0	90	0.5	4.2	6.7	0.59
12	11.3	12.6	97	0.8	4.2	6.7	0.52
13	11.7	18.9	97	1.4	4.2	6.7	0.65
14	7.8	18.6	71	1.1	4.2	6.7	1.01
15	6.3	11.1	86	0.5	4.2	6.6	0.50
16	9.7	14.3	98	3.3	4.2	6.6	0.48
17	8.5	17.5	75	0.9	4.2	6.6	0.85
18	5.1	15.7	89	0.7	4.2	6.6	0.59
19	9.8	14.7	96	1.5	4.2	6.6	0.55
20	3.8	14.3	75	0.7	4.2	6.6	0.68
21	1.3	11.0	96	0.9	4.2	6.6	0.45
22	0.5	13.1	95	0.7	4.2	6.6	0.50
23	6.7	15.5	95	1.1	4.2	6.6	0.58
24	2.4	14.3	89	0.9	4.2	6.6	0.61
25	2.2	12.3	86	0.5	4.2	6.6	0.52
26	0.0	12.9	89	0.5	4.2	6.6	0.50
27	0.0	12.2	86	1.3	4.2	6.7	0.66
28	3.6	15.4	79	1.3	4.2	6.7	0.85
29	1.5	16.5	89	0.5	4.2	6.7	0.60
30	0.1	16.1	89	0.4	4.2	6.7	0.57
31	0.0	14.8	93	0.5	4.2	6.7	0.54
Average	5.8	15.4	89	0.9	4.2	6.7	0.63

ANEXO 3 – DADOS HIDRÁULICOS E OPERACIONAIS DA UNIDADE PILOTO 01

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	35.00								
	0.00								
2024-12-27 10:00	33.00					0.00			
2025-01-27 10:00	0.00	1.40	44.34	17.74		0.00			
2025-02-12 10:15	0.00	0.00	0.00	0.00	-17.74	0.00	17.74		
2025-02-12 16:40	31.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	4.12	1	249
2025-02-13 16:45	0.00	1.00	26.53	10.61	-16.27	0.00	16.27	1	249
2025-02-14 09:45	0.00	0.90	22.80	9.12	-1.49	0.00	1.49	1	249
2025-02-14 16:50	0.00	0.80	19.33	7.73	-1.39	0.01	1.40	1	249
	0.00							1	249
	0.00							1	249
2025-02-17 10:40	0.00	0.30	5.64	2.26	-5.47	0.00	5.47	1	249
2025-02-18 09:00	0.00	0.25	4.58	1.83	-0.43	0.00	0.43	1	249
2025-02-19 09:34	0.00	0.25	4.58	1.83	0.00	0.37	0.37	1	249
2025-02-19 15:34	0.00	0.25	4.58	1.83	0.00	0.00	0.00	1	249
2025-02-20 09:30	0.00	0.10	1.69	0.68	-1.16	0.01	1.17	1	249
2025-02-20 13:57	24.00	1.70	60.98	24.39	23.71	0.00	0.29	2	277
2025-02-20 16:55	0.00	1.55	52.29	20.91	-3.48	0.00	3.48	2	277
2025-02-21 09:00	0.00	1.25	37.10	14.84	-6.07	0.00	6.07	2	277
2025-02-21 15:05	0.00	1.20	34.84	13.94	-0.90	0.79	1.70	2	277
	0.00							2	277
	0.00							2	277
	0.00							2	277
2025-02-25 09:45	0.00	0.55	11.76	4.71	-9.23	0.60	9.83	2	277
2025-02-26 11:05	0.00					0.01			
2025-02-26 16:55	29.00	1.80	67.20	26.88	22.17	0.00	6.83		
2025-02-27 09:05	0.00	1.35	41.85	16.74	-10.14	0.00	10.14		
2025-02-27 15:25	0.00					0.35			
2025-02-28 09:45	0.00	1.20	34.84	13.94	-2.80	1.05	3.85		
2025-02-28 16:50	0.00	1.15	32.66	13.06	-0.87	0.06	0.94		
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-03-06 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.99			
2025-03-06 14:30	26.00	1.70	60.98	24.39	24.39	0.20	1.81	3	81
2025-03-07 09:00	0.00	1.25	37.10	14.84	-9.55	0.03	9.57	3	81
2025-03-07 15:10	0.00	1.20	34.84	13.94	-0.90	0.64	1.54	3	81
	0.00							3	81
	0.00							3	81
2025-03-10 09:00	0.00	1.35	41.85	16.74	2.80	2.42	-0.38	3	81
2025-03-10 17:15	0.00	1.45	46.91	18.76	2.02	0.79	-1.23	3	81
2025-03-11 09:10	0.00	1.60	55.10	22.04	3.28	1.14	-2.14	3	81
2025-03-11 16:30	0.00	1.60	55.10	22.04	0.00	0.04	0.04	3	81
2025-03-12 09:30	0.00	1.60	55.10	22.04	0.00	0.00	0.00	3	81
2025-03-13 09:00	0.00	1.55	52.29	20.91	-1.13	0.04	1.16	3	81
2025-03-14 09:30	0.00	1.55	52.29	20.91	0.00	0.76	0.76	3	81
2025-03-14 16:00	0.00	1.55	52.29	20.91	0.00	0.00	0.00	3	81
	0.00							3	81
	0.00							3	81
2025-03-17 09:15	0.00	1.35	41.85	16.74	-4.17	1.42	5.59	3	81
2025-03-17 17:00	0.00	1.40	44.34	17.74	1.00	0.36	-0.64	3	81
2025-03-18 09:00	0.00	1.40	44.34	17.74	0.00	0.05	0.05	3	81
2025-03-18 17:30	0.00	1.40	44.34	17.74	0.00	0.08	0.08	3	81
2025-03-19 09:15	0.00	1.35	41.85	16.74	-1.00	0.00	1.00	3	81
2025-03-20 09:05	0.00	1.25	37.10	14.84	-1.90	0.65	2.55	3	81
2025-03-20 17:15	0.00	1.30	39.44	15.78	0.93	1.29	0.36	3	81
2025-03-21 09:00	0.00	1.50	49.56	19.82	4.05	0.77	-3.28	3	81
2025-03-21 17:00	0.00	1.40	44.34	17.74	-2.09	0.68	2.76	3	81
	0.00								
2025-03-24 09:10	0.00	1.60	55.10	22.04	4.30	1.77	-2.54		
2025-03-24 17:00	0.00	1.60	55.10	22.04	0.00	0.00	0.00		
	0.00								
	0.00								

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-04-08 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-04-09 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-04-10 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-04-10 13:55	34.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	7.12		
2025-04-11 09:00	0.00	0.95	24.63	9.85	-17.03	0.06	17.09		
2025-04-11 15:45	0.00	0.70	16.12	6.45	-3.41	0.09	3.49		
	0.00								
	0.00								
2025-04-14 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.40			
2025-04-15 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70		
2025-04-15 13:30	30.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.23	3.35	4	987
2025-04-16 09:00	0.00	1.00	26.53	10.61	-16.27	0.24	16.51	4	987
2025-04-16 17:00	0.00	0.75	17.69	7.08	-3.54	0.33	3.87	4	987
2025-04-17 09:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-4.82	0.06	4.88	4	987
	0.00								
	0.00								
2025-04-21 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.29			
2025-04-22 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.55		
2025-04-22 13:40	30.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	3.12	5	813
2025-04-22 16:40	0.00	1.60	55.10	22.04	-4.84	0.00	4.84	5	813
2025-04-23 09:00	0.00	1.00	26.53	10.61	-11.43	0.00	11.43	5	813
2025-04-23 16:55	0.00	0.75	17.69	7.08	-3.54	0.00	3.54	5	813
2025-04-24 09:00	0.00	0.50	10.43	4.17	-2.91	0.00	2.91	5	813
2025-04-24 16:50	0.00	0.30	5.64	2.26	-1.91	0.00	1.91	5	813
	0.00								
	0.00								
2025-04-28 09:10	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-05-05 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		2.23			
2025-05-05 13:20	28.00	1.70	60.98	24.39	24.39	0.00	3.61	6	621
2025-05-05 17:00	0.00	1.45	46.91	18.76	-5.63	0.00	5.63	6	621
2025-05-06 09:05	0.00	0.75	17.69	7.08	-11.69	0.00	11.69	6	621
2025-05-06 17:00	0.00	0.60	13.16	5.26	-1.82	0.00	1.82	6	621
2025-05-07 09:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-3.00	0.00	3.00	6	621
2025-05-08 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.26	0.00	2.26	6	621
	0.00								
	0.00								
2025-05-12 09:10	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-05-12 13:40	28.00	1.65	57.99	23.20	23.20	0.00	4.80	7	968
2025-05-12 17:00	0.00	1.40	44.34	17.74	-5.46	0.00	5.46	7	968
2025-05-13 09:05	0.00	0.65	14.61	5.84	-11.89	0.00	11.89	7	968
2025-05-13 17:20	0.00	0.40	7.93	3.17	-2.67	0.03	2.70	7	968
2025-05-14 09:07	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.17	0.00	3.17	7	968
2025-05-14 17:14	28.00	1.65	57.99	23.20	23.20	0.00	4.80	8	792
2025-05-15 09:00	0.00	0.95	24.63	9.85	-13.34	0.00	13.34	8	792
2025-05-15 17:15	0.00	0.65	14.61	5.84	-4.01	0.00	4.01	8	792
2025-05-16 09:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-2.67	0.00	2.67	8	792
2025-05-16 17:10	0.00	0.35	6.76	2.70	-0.47	0.00	0.47	8	792
2025-05-19 17:25	29.00	1.55	52.29	20.91	18.21	0.20	10.99		
2025-05-20 09:05	0.00	1.00	26.53	10.61	-10.30	0.00	10.30		
2025-05-20 17:10	0.00	0.85	21.03	8.41	-2.20	0.00	2.20		
2025-05-21 09:05	0.00	0.60	13.16	5.26	-3.15	0.00	3.15		
	0.00								

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-06-02 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-03 09:30	30.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	3.12	9	531
2025-06-04 11:02	0.00	1.10	30.55	12.22	-14.66	0.00	14.66	9	531
2025-06-04 17:00	0.00	0.80	19.33	7.73	-4.49	0.00	4.49	9	531
2025-06-05 09:00	0.00	0.60	13.16	5.26	-2.47	0.00	2.47	9	531
2025-06-05 16:00	0.00	0.50	10.43	4.17	-1.09	0.00	1.09	9	531
2025-06-06 10:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-1.91	0.00	1.91	9	531
2025-06-06 17:00	0.00	0.25	4.58	1.83	-0.43	0.00	0.43	9	531
	0.00								
	0.00								
2025-06-09 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-10 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-11 23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-12 10:00	33.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	6.12		
2025-06-12 17:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-11.10	0.00	11.10		
2025-06-13 09:00	0.00	0.90	22.80	9.12	-6.66	0.00	6.66		
	0.00								
	0.00								
2025-06-16 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-17 09:00	29.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	2.12	10	197
2025-06-17 16:00	0.00	1.50	49.56	19.82	-7.06	0.00	7.06	10	197
2025-06-18 08:00	0.00	0.20	3.57	1.43	-18.39	0.00	18.39	10	197
	0.00							10	197
	0.00							10	197
	0.00							10	197
	0.00							10	197
2025-06-23 10:00	0.00	1.30	39.44	15.78	14.35	0.00	-14.35	10	197
2025-06-23 16:00	0.00	1.60	55.10	22.04	6.26	0.00	-6.26	10	197
2025-06-24 09:21	0.00	0.90	22.80	9.12	-12.92	0.00	12.92	10	197
2025-06-25 09:30	0.00	0.70	16.12	6.45	-2.67	0.00	2.67	10	197
2025-06-25 18:00	0.00	0.50	10.43	4.17	-2.28	0.00	2.28	10	197
2025-06-26 14:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.17	0.00	4.17	10	197
2025-06-26 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-27 09:30	30.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	3.12		
2025-06-27 17:30	0.00	1.50	49.56	19.82	-7.06	0.00	7.06		
	0.00								
2025-06-30 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-01 08:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-01 14:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-01 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-02 08:20	27.00	1.50	49.56	19.82	19.82	0.00	7.18	11	715
2025-07-02 16:30	0.00	1.20	34.84	13.94	-5.88	0.00	5.88	11	715
2025-07-03 08:30	0.00	0.80	19.33	7.73	-6.21	0.00	6.21	11	715
2025-07-03 17:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-4.56	0.00	4.56	11	715
2025-07-04 08:30	0.00	0.25	4.58	1.83	-1.34	0.00	1.34	11	715
2025-07-04 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.83	0.00	1.83	11	715
	0.00								
	0.00								
2025-07-07 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-07 17:30	24.00	1.40	44.34	17.74	17.74	0.00	6.26		
2025-07-08 09:30	0.00	0.60	13.16	5.26	-12.47	0.00	12.47		
2025-07-08 18:00	0.00	0.50	10.43	4.17	-1.09	0.00	1.09		
2025-07-09 09:00	45.00	1.60	55.10	22.04	17.87	0.00	27.13	12	537
2025-07-10 09:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-6.26	0.00	6.26	12	537
2025-07-10 16:30	0.00	1.20	34.84	13.94	-1.84	0.00	1.84	12	537
2025-07-11 10:00	0.00	1.10	30.55	12.22	-1.72	0.01	1.73	12	537
2025-07-11 17:00	0.00	1.05	28.51	11.40	-0.82	0.06	0.88	12	537
	0.00							12	537
	0.00							12	537
2025-07-14 08:30	0.00	0.70	16.12	6.45	-4.95	0.00	4.95	12	537
2025-07-14 19:00	32.00	1.50	49.56	19.82	13.37	0.00	18.63		
2025-07-15 08:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-4.05	0.00	4.05		
2025-07-15 17:00	0.00	1.20	34.84	13.94	-1.84	0.00	1.84		
2025-07-16 09:30	0.00	1.00	26.53	10.61	-3.32	0.00	3.32		
2025-07-16 14:00	14.00	1.50	49.56	19.82	9.21	0.00	4.79		
2025-07-17 08:30	0.00	1.30	39.44	15.78	-4.05	0.00	4.05		
2025-07-17 17:30	0.00	1.20	34.84	13.94	-1.84	0.00	1.84		

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-07-18 09:00	0.00	1.00	26.53	10.61	-3.32	0.00	3.32		
2025-07-18 14:00	15.00	1.50	49.56	19.82	9.21	0.00	5.79		
	0.00								
	0.00								
2025-07-21 10:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-21 20:00	30.00	1.50	49.56	19.82	19.82	0.00	10.18	13	411
2025-07-22 09:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-4.05	0.00	4.05	13	411
2025-07-23 09:00	0.00	1.15	32.66	13.06	-2.71	0.00	2.71	13	411
2025-07-24 09:15	0.00	1.00	26.53	10.61	-2.45	0.00	2.45	13	411
2025-07-25 10:00	0.00	0.70	16.12	6.45	-4.17	0.00	4.17	13	411
	0.00								
	0.00								
2025-07-29 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-29 19:00	26.00	1.50	49.56	19.82	19.82	0.00	6.18	14	451
2025-07-30 09:15	0.00	1.20	34.84	13.94	-5.88	0.00	5.88	14	451
2025-07-31 11:00	0.00	0.80	19.33	7.73	-6.21	0.00	6.21	14	451
2025-08-01 16:00	0.00	0.60	13.16	5.26	-2.47	0.00	2.47	14	451
	0.00								
	0.00								
2025-08-04 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-04 16:00	24.00	1.50	49.56	19.82	19.82	0.00	4.18	15	409
2025-08-05 10:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-4.05	0.00	4.05	15	409
2025-08-06 08:00	0.00	0.90	22.80	9.12	-6.66	0.00	6.66	15	409
2025-08-07 08:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-6.86	0.00	6.86	15	409
2025-08-08 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.26	0.00	2.26	15	409
	0.00								
	0.00								
2025-08-11 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-11 20:20	37.00	1.50	49.56	19.82	19.82	0.00	17.18		
2025-08-12 08:00	0.00	1.30	39.44	15.78	-4.05	0.00	4.05		
2025-08-12 17:00	0.00	1.10	30.55	12.22	-3.56	0.00	3.56		
2025-08-13 08:30	0.00	1.00	26.53	10.61	-1.60	0.00	1.60		
2025-08-14 08:08	0.00	0.70	16.12	6.45	-4.17	0.00	4.17		
	0.00								
	0.00								
2025-08-18 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-19 08:00	24.00	1.45	46.91	18.76	18.76	0.00	5.24		
2025-08-20 08:30	0.00	1.35	41.85	16.74	-2.02	0.00	2.02		
2025-08-21 08:00	0.00	1.10	30.55	12.22	-4.52	0.00	4.52		
2025-08-22 08:30	0.00	0.85	21.03	8.41	-3.81	0.00	3.81		
	0.00								
	0.00								
2025-08-25 08:30	0.00	0.20	3.57	1.43	-6.99	0.00	6.99		
2025-08-26 08:30	0.00	0.10	1.69	0.68	-0.75	0.00	0.75		
2025-08-27 08:30	23.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	23.68		
2025-08-27 16:00	0.00	1.60	55.10	22.04	22.04	0.00	-22.04		
2025-08-28 08:30	0.00					0.00			
2025-08-29 08:30	0.00	1.50	49.56	19.82	-2.22	0.00	2.22		
	0.00								
	0.00								
2025-09-01 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
	0.00								
2025-09-04 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-09-04 17:00	29.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	2.12	16	408
2025-09-05 08:15	0.00	1.40	44.34	17.74	-9.14	0.00	9.14	16	408
2025-09-05 16:30	0.00	1.30	39.44	15.78	-1.96	0.00	1.96	16	408
	0.00							16	408
	0.00							16	408
2025-09-08 08:30	0.00	0.70	16.12	6.45	-9.33	1.24	10.57	16	408

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-09-08 23:30	0.00	0.70	16.12	6.45	0.00	0.00	0.00		
2025-09-09 08:30	27.00	1.60	55.10	22.04	15.59	0.00	11.41	17	199
2025-09-10 09:30	0.00	1.40	44.34	17.74	-4.30	0.00	4.30	17	199
2025-09-11 17:30	0.00	1.10	30.55	12.22	-5.52	0.00	5.52	17	199
2025-09-12 08:50	0.00	1.00	26.53	10.61	-1.60	0.00	1.60	17	199
	0.00							17	199
	0.00							17	199
	0.00							17	199
2025-09-16 09:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-7.44	0.00	7.44	17	199
2025-09-16 17:30	0.00	0.38	7.45	2.98	-0.19	0.00	0.19	17	199
2025-09-17 10:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-0.72	0.00	0.72	17	199
2025-09-18 10:00	0.00	0.10	1.69	0.68	-1.58	0.00	1.58	17	199
2025-09-19 16:00	0.00	0.10	1.69	0.68	0.00	0.00	0.00	17	199
	0.00								
	0.00								
2025-09-22 08:45	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-09-22 22:00	40.00	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	13.12	18	291
2025-09-23 09:00	0.00	1.60	55.10	22.04	-4.84	0.00	4.84	18	291
2025-09-24 09:00	0.00	1.25	37.10	14.84	-7.20	0.00	7.20	18	291
2025-09-24 17:00	0.00	1.20	34.84	13.94	-0.90	0.00	0.90	18	291
2025-09-25 12:00	0.00	1.00	26.53	10.61	-3.32	0.00	3.32	18	291
2025-09-26 16:00	0.00	0.80	19.33	7.73	-2.88	0.00	2.88	18	291
	0.00							18	291
	0.00							18	291
2025-09-29 09:30	0.00	0.35	6.76	2.70	-5.03	0.59	5.62	18	291
2025-09-29 20:30	0.00	0.25	4.58	1.83	-0.87	0.00	0.87	18	291
2025-09-30 09:00	0.00	0.15	2.61	1.04	-0.79	0.00	0.79	18	291
2025-10-01 09:30	0.00	0.15	2.61	1.04	0.00	0.00	0.00	18	291
2025-10-01 20:30	33.00	1.80	67.20	26.88	25.84	0.00	7.16	19	320
2025-10-02 09:00	0.00	1.55	52.29	20.91	-5.97	0.00	5.97	19	320
2025-10-03 09:00	0.00	1.40	44.34	17.74	-3.18	0.00	3.18	19	320
2025-10-06 09:30	0.00	0.58	12.59	5.04	-12.70	0.00	12.70	19	320
2025-10-07 09:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-1.87	0.00	1.87	19	320
2025-10-08 09:00	0.00	0.10	1.69	0.68	-2.49	0.00	2.49	19	320
	0.00								
2025-10-10 09:00	0.00	0.10	1.69	0.68	0.00	0.00	0.00		
	0.00								
	0.00								
2025-10-13 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-10-13 21:15	36.75	1.80	67.20	26.88	26.88	0.00	9.87	20	302
2025-10-14 09:00	0.00	1.50	49.56	19.82	-7.06	0.00	7.06	20	302
2025-10-15 09:00	0.00	1.20	34.84	13.94	-5.88	0.00	5.88	20	302
2025-10-16 09:40	0.00	0.90	22.80	9.12	-4.82	0.00	4.82	20	302
2025-10-17 13:35	0.00	0.70	16.12	6.45	-2.67	0.00	2.67	20	302
	0.00							20	302
	0.00							20	302
2025-10-20 09:00	0.00	0.20	3.57	1.43	-5.02	0.20	5.23	20	302
2025-10-21 09:45	0.00	0.10	1.69	0.68	-0.75	0.12	0.87	20	302
2025-10-21 20:00	27.75	1.80	67.20	26.88	26.20	0.01	1.56	21	256
2025-10-22 10:00	0.00	1.50	49.56	19.82	-7.06	0.03	7.08	21	256
2025-10-23 09:15	0.00	1.15	32.66	13.06	-6.76	0.01	6.77	21	256
2025-10-24 09:45	0.00	0.90	22.80	9.12	-3.94	0.19	4.14	21	256
	0.00							21	256
	0.00							21	256
2025-10-27 10:00	0.00	0.45	9.15	3.66	-5.46	0.38	5.84	21	256
2025-10-28 09:10	0.00	0.30	5.64	2.26	-1.40	0.00	1.40	21	256
2025-10-29 09:05	0.00	0.60	13.16	5.26	3.00	4.28	1.27	22	75
2025-10-30 08:50	0.00	0.55	11.76	4.71	-0.56	0.50	1.06	22	75
2025-10-31 17:00	0.00	0.55	11.76	4.71	0.00	1.84	1.84	22	75
	0.00							22	75
	0.00							22	75
2025-11-03 09:25	0.00	0.70	16.12	6.45	1.74	3.42	1.67	22	75
2025-11-04 08:45	0.00	0.42	8.41	3.36	-3.08	0.00	3.08	22	75
2025-11-05 08:50	0.00	0.40	7.93	3.17	-0.19	1.84	2.04	22	75
2025-11-06 09:40	0.00	0.39	7.69	3.08	-0.10	0.49	0.58	22	75
2025-11-07 09:20	0.00	0.31	5.86	2.35	-0.73	0.03	0.76	22	75
	0.00							22	75
	0.00							22	75
2025-11-10 09:25	0.00	0.15	2.61	1.04	-1.30	0.28	1.58	22	75
2025-11-11 08:45	0.00	0.10	1.69	0.68	-0.37	0.01	0.38	22	75
2025-11-12 08:50	0.00	0.10	1.69	0.68	0.00	0.00	0.00	22	75
2025-11-13 09:40	0.00	0.10	1.69	0.68	0.00	3.78	3.78	22	75

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-11-14 09:20	0.00	0.90	22.80	9.12	8.44	1.10	-7.34	23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
2025-11-17 09:20	0.00	1.22	35.74	14.30	5.18	1.47	-3.70	23	9
2025-11-18 09:28	0.00	1.17	33.52	13.41	-0.89	0.03	0.91	23	9
2025-11-19 09:15	0.00	1.07	29.31	11.73	-1.68	0.01	1.70	23	9
2025-11-20 09:00	0.00	0.95	24.63	9.85	-1.87	0.01	1.88	23	9
2025-11-21 09:02	0.00	0.84	20.69	8.28	-1.58	0.00	1.58	23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
2025-11-25 08:15	0.00	0.60	13.16	5.26	-3.01	0.55	3.56	23	9
2025-11-26 08:00	0.00	1.05	28.51	11.40	6.14	0.00	-6.14	23	9
2025-11-27 08:10	0.00	0.95	24.63	9.85	-1.55	0.00	1.55	23	9
2025-11-28 09:00	0.00	0.89	22.44	8.98	-0.88	0.00	0.88	23	9
2025-11-29 08:14	0.00	0.80	19.33	7.73	-1.24	0.00	1.24	23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
2025-12-02 08:48	0.00	0.49	10.17	4.07	-3.67	0.63	4.29	23	9
2025-12-03 10:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-0.90	0.32	1.22	23	9
2025-12-04 09:15	0.00	0.38	7.45	2.98	-0.19	0.19	0.38	23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
	0.00							23	9
2025-12-09 09:00	0.00	0.30	5.64	2.26	-0.72	1.05	1.77	23	9
2025-12-10 09:40	0.00	1.05	28.51	11.40	9.14	3.69	-5.46	24	24
2025-12-11 16:30	0.00	1.30	39.44	15.78	4.37	0.00	-4.37	24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
2025-12-15 09:30	0.00	1.70	60.98	24.39	8.61	2.11	-6.50	24	24
	0.00							24	24
2025-12-17 09:00	0.00	1.60	55.10	22.04	-2.35	1.25	3.61	24	24
	0.00							24	24
2025-12-19 15:00	0.00	1.70	60.98	24.39	2.35	2.11	-0.24	24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
2025-12-22 09:00	0.00	1.79	66.56	26.62	2.23	1.42	-0.81	24	24
2025-12-23 09:00	0.00	1.80	67.20	26.88	0.26	0.52	0.27	24	24
2025-12-24 09:00	0.00	1.78	65.93	26.37	-0.51	0.08	0.59	24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
2025-12-29 09:00	0.00	1.35	41.85	16.74	-9.63	0.18	9.81	24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
	0.00							24	24
2026-01-05 14:30	0.00	0.90	22.80	9.12	-7.62	1.37	8.99	24	24
	0.00							24	24
2026-01-07 17:00	0.00	0.50	10.43	4.17	-4.95	0.13	5.08	24	24
	0.00								
2026-01-09 14:00	0.00	0.70	16.12	6.45	2.28	0.33	-1.94		
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2026-01-12 09:15	0.00	0.58	12.59	5.04	-1.41	0.32	1.73		
2026-01-13 12:00	0.00	0.55	11.76	4.71	-0.33	0.78	1.11		
2026-01-14 16:00	0.00	0.57	12.31	4.93	0.22	0.24	0.02		
	0.00								
2026-01-16 08:46	0.00	0.70	16.12	6.45	1.52	1.08	-0.45		
	0.00								
	0.00								
2026-01-19 10:55	0.00	1.02	27.31	10.93	4.48	0.56	-3.91		
2026-01-20 09:00	0.00	1.03	27.71	11.08	0.16	0.00	-0.16		
	0.00								
	0.00								

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	0.00								
2026-01-23 09:00	0.00	1.68	59.77	23.91		0.00		25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-01-26 09:10	0.00	1.78	65.93	26.37	2.46	1.95	-0.52	25	60
2026-01-26 16:06	0.00	1.77	65.30	26.12	-0.25	0.01	0.27	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-01-27 16:20	0.00	1.81	67.84	27.14	1.02	2.61	1.59	25	60
2026-01-28 14:30	0.00	1.82	68.49	27.39	0.26	2.04	1.78	25	60
2026-01-29 09:56	0.00	1.82	68.49	27.39	0.00	0.97	0.97	25	60
2026-01-30 14:35	0.00	1.79	66.56	26.62	-0.77	0.38	1.15	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-02-02 09:10	0.00	1.80	67.20	26.88	0.26	2.61	2.36	25	60
2026-02-03 08:50	0.00	1.81	67.84	27.14	0.26	0.69	0.43	25	60
	0.00							25	60
2026-02-05 14:15	0.00	1.83	69.14	27.65	0.52	5.71	5.19	25	60
2026-02-06 10:00	0.00	1.81	67.84	27.14	-0.52	0.70	1.22	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-02-09 09:30	0.00	1.81	67.84	27.14	0.00	3.21	3.21	25	60
2026-02-09 16:20	0.00	1.84	69.79	27.92	0.78	0.23	-0.55	25	60
2026-02-10 10:45	0.00	1.84	69.79	27.92	0.00	0.64	0.64	25	60
2026-02-10 16:45	0.00	1.80	67.20	26.88	-1.04	0.18	1.21	25	60
2026-02-11 08:54	0.00	1.88	72.43	28.97	2.09	1.69	-0.40	25	60
2026-02-11 16:30	0.00	1.88	72.43	28.97	0.00	0.59	0.59	25	60
2026-02-12 08:57	0.00	1.86	71.10	28.44	-0.53	0.06	0.60	25	60
2026-02-12 16:25	0.00	1.82	68.49	27.39	-1.05	0.00	1.05	25	60
2026-02-13 09:02	0.00	1.87	71.77	28.71	1.31	2.32	1.00	25	60
2026-02-13 16:10	0.00	1.85	70.44	28.18	-0.53	0.13	0.66	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-02-16 09:20	0.00	1.78	65.93	26.37	-1.81	0.76	2.56	25	60
2026-02-16 16:20	0.00	1.77	65.30	26.12	-0.25	0.00	0.25	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-02-18 09:40	0.00	1.57	53.40	21.36	-4.76	0.00	4.76	25	60
2026-02-18 16:30	0.00	1.53	51.18	20.47	-0.89	0.18	1.07	25	60
2026-02-19 09:22	0.00	1.49	49.02	19.61	-0.87	0.01	0.88	25	60
2026-02-19 04:20	0.00	1.37	42.84	17.13	-2.47	0.00	2.47	25	60
2026-02-20 10:20	0.00	1.25	37.10	14.84	-2.29	0.00	2.29	25	60
2026-02-20 16:18	0.00	1.22	35.74	14.30	-0.55	0.00	0.55	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-02-23 09:40	0.00	0.85	21.03	8.41	-5.88	0.01	5.90	25	60
2026-02-23 16:25	0.00	0.80	19.33	7.73	-0.68	0.00	0.68	25	60
2026-02-24 09:05	0.00	0.71	16.43	6.57	-1.16	0.00	1.16	25	60
2026-02-24 16:10	0.00	0.69	15.81	6.33	-0.25	0.00	0.25	25	60
2026-02-25 10:10	0.00	0.59	12.87	5.15	-1.18	0.00	1.18	25	60
2026-02-25 16:15	0.00	0.58	12.59	5.04	-0.11	0.00	0.11	25	60
2026-02-26 09:00	0.00	0.52	10.96	4.38	-0.65	0.00	0.65	25	60
2026-02-26 16:10	0.00	0.48	9.91	3.96	-0.42	0.00	0.42	25	60
2026-02-27 11:00	0.00	0.40	7.93	3.17	-0.79	0.00	0.79	25	60
2026-02-27 16:30	0.00	0.36	6.99	2.80	-0.38	0.00	0.38	25	60
	0.00							25	60
	0.00							25	60
2026-03-02 08:12	0.00	0.14	2.42	0.97	-1.83	0.00	1.83	25	60
2026-03-02 16:00	0.00	0.10	1.69	0.68	-0.29	0.00	0.29	25	60
2026-03-03 08:21	0.00	0.09	1.51	0.61	-0.07	0.00	0.07	25	60
2026-03-03 16:12	0.00	0.06	0.99	0.40	-0.21	0.00	0.21	25	60
2026-03-04 08:07	0.00	0.05	0.82	0.33	-0.07	0.00	0.07	25	60
2026-03-04 16:11	0.00	0.05	0.82	0.33	0.00	0.00	0.00	25	60

ANEXO 4 – DADOS HIDRÁULICOS E OPERACIONAIS DA UNIDADE PILOTO 02

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. V(h) (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	39.00								
	0.00								
	34.00								
2025-01-27 10:00	0.00	0.40	8.13	3.25					
2025-01-30 11:30	0.00	0.85	22.10	8.84	5.59	0.00	-5.59		
2025-02-12 10:15	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.84	0.00	8.84		
2025-02-13 09:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-02-13 16:45	35.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	13.59		
2025-02-14 09:45	0.00	0.70	16.81	6.73	-14.69	0.00	14.69		
2025-02-14 16:50	0.00	0.60	13.65	5.46	-1.27	0.01	1.28		
	0.00								
2025-02-17 10:40	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-02-18 08:00	105.00	1.90	80.79	32.32	32.32	0.00	72.68		
2025-02-19 09:34	0.00	0.70	16.81	6.73	-25.59	0.37	25.96		
2025-02-19 15:34	0.00	0.50	10.76	4.30	-2.42	0.00	2.42		
2025-02-20 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.30	0.01	4.32		
2025-02-21 09:00	0.00					0.00			
2025-02-21 15:05	31.00	1.40	47.72	19.09	19.09	0.79	12.71		
	0.00								
	0.00								
2025-02-24 09:50	0.00	0.00	0.00	0.00		0.46			
2025-02-24 16:10	31.00	1.40	47.72	19.09	19.09	0.00	11.91	1	1137
2025-02-25 09:45	0.00	0.55	12.17	4.87	-14.22	0.14	14.36	1	1137
2025-02-25 16:30	0.00	0.25	4.66	1.86	-3.01	0.01	3.02	1	1137
2025-02-26 09:15	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.86	0.00	1.86	1	1137
2025-02-27 09:05	0.00					0.00			
2025-02-27 15:25	31.00	1.40	47.72	19.09	19.09	0.35	12.26	2	1752
2025-02-28 09:45	0.00	0.60	13.65	5.46	-13.63	1.05	14.68	2	1752
2025-02-28 16:50	0.00	0.35	6.91	2.77	-2.69	0.06	2.76	2	1752
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-03-06 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.99			
2025-03-07 09:00	0.00					0.23			
2025-03-07 15:10	30.00	1.40	47.72	19.09	19.09	0.64	11.55		
	0.00								
	0.00								
2025-03-10 09:00	0.00	0.35	6.91	2.77	-16.32	2.42	18.74		
2025-03-10 17:15	0.00	0.40	8.13	3.25	0.49	0.79	0.31		
2025-03-11 09:10	0.00	0.60	13.65	5.46	2.21	1.14	-1.07		
2025-03-11 16:30	0.00	0.65	15.20	6.08	0.62	0.04	-0.58		
2025-03-12 09:30	0.00	0.65	15.20	6.08	0.00	0.00	0.00		
2025-03-13 09:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-1.77	0.04	1.81		
2025-03-14 09:30	0.00	0.35	6.91	2.77	-1.54	0.76	2.29		
2025-03-14 16:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-0.46	0.00	0.46		
	0.00								
	0.00								
2025-03-17 09:15	0.00	0.00	0.00	0.00		1.42			
2025-03-17 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36		
2025-03-18 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05		
2025-03-18 17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08		
2025-03-19 09:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-03-20 09:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.65		
2025-03-20 17:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	1.29		
2025-03-21 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.77		
2025-03-21 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.68		
	0.00								
	0.00								
2025-03-24 09:10	0.00	0.60	13.65	5.46	5.46	1.77	-3.69		
2025-03-24 17:00	0.00	0.55	12.17	4.87	-0.59	0.00	0.59		
	0.00								
2025-03-26 11:40	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-03-26 17:05	27.00	1.35	44.95	17.98	17.98	0.00	9.02	3	1008
2025-03-27 09:10	0.00	0.50	10.76	4.30	-13.68	0.00	13.68	3	1008
2025-03-27 17:00	0.00	0.10	1.70	0.68	-3.62	0.00	3.62	3	1008
2025-03-28 09:15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	0.68	3	1008

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. V(h) (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-04-10 17:55	28.00	1.20	37.20	14.88	14.88	0.00	13.12		
2025-04-11 09:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-10.58	0.06	10.64		
2025-04-11 15:45	0.00	0.30	5.76	2.30	-2.00	0.09	2.09		
	0.00								
2025-04-14 09:50	0.00	0.00	0.00	0.00		0.40			
2025-04-14 15:00	36.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.52	15.11	4	1328
2025-04-15 08:30	0.00	1.10	32.47	12.99	-8.42	0.18	8.60	4	1328
2025-04-15 17:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-8.69	0.31	8.99	4	1328
2025-04-16 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.30	0.17	4.47	4	1328
2025-04-16 13:40	30.00	1.55	56.58	22.63	22.63	0.01	7.38	5	1935
2025-04-16 17:00	0.00	1.35	44.95	17.98	-4.65	0.32	4.97	5	1935
2025-04-17 09:00	0.00	0.60	13.65	5.46	-12.52	0.06	12.58	5	1935
	0.00								
	0.00								
2025-04-21 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.29			
2025-04-21 14:00	34.00	1.55	56.58	22.63	22.63	0.50	11.87	6	1205
2025-04-22 09:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-20.33	0.05	20.38	6	1205
2025-04-22 16:40	0.00	0.05	0.83	0.33	-1.97	0.00	1.97	6	1205
2025-04-23 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.33	0.00	0.33	6	1205
2025-04-23 14:00	32.00	1.55	56.58	22.63	22.63	0.00	9.37	7	1751
2025-04-23 16:55	0.00	1.30	42.28	16.91	-5.72	0.00	5.72	7	1751
2025-04-24 09:00	0.00	0.45	9.41	3.77	-13.14	0.00	13.14	7	1751
2025-04-24 16:50	0.00	0.10	1.70	0.68	-3.09	0.00	3.09	7	1751
	0.00								
	0.00								
2025-04-28 09:10	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-04-29 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-04-29 14:15	30.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	8.59	8	1635
2025-04-29 17:00	0.00	1.25	39.69	15.88	-5.53	0.04	5.57	8	1635
2025-04-30 09:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-11.57	0.10	11.68	8	1635
2025-04-30 17:00	0.00	0.15	2.63	1.05	-3.25	0.06	3.32	8	1635
2025-05-06 14:15	30.00	1.50	53.53	21.41	20.36	2.02	11.66	9	1161
2025-05-06 17:00	0.00	1.25	39.69	15.88	-5.53	0.00	5.53	9	1161
2025-05-07 09:00	0.00	0.40	8.13	3.25	-12.62	0.00	12.62	9	1161
2025-05-08 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.25	0.00	3.25	9	1161
2025-05-09 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-05-09 14:35	32.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	10.59		
2025-05-09 17:00	0.00	1.30	42.28	16.91	-4.50	0.00	4.50		
	0.00								
2025-05-12 09:10	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-05-13 09:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-05-13 14:00	30.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.03	8.61	10	1636
2025-05-13 17:20	0.00	1.20	37.20	14.88	-6.53	0.00	6.53	10	1636
2025-05-14 09:00	0.00	0.40	8.13	3.25	-11.63	0.00	11.63	10	1636
2025-05-14 17:14	0.00	0.05	0.83	0.33	-2.92	0.00	2.92	10	1636
2025-05-16 17:10	0.00	0.00							
	0.00	0.30	5.76	2.30	1.97	0.00	-1.97		
	0.00								
2025-05-19 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.20			
2025-05-20 09:05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-05-20 17:10	28.00	1.15	34.79	13.92	13.92	0.00	14.08	11	1696
2025-05-21 09:05	0.00	0.40	8.13	3.25	-10.66	0.00	10.66	11	1696
2025-05-21 17:20	0.00	0.10	1.70	0.68	-2.57	0.00	2.57	11	1696
	0.00								
	0.00								
2025-05-26 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-05-27 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-05-27 17:00	24.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	2.59		
	0.00								
	0.00								
	0.00								

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. V(h) (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m²)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	0.00								
	0.00								
2025-06-02 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-03 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-04 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-04 23:00	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	12	1286
2025-06-05 11:00	0.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	-21.41	12	1286
2025-06-05 17:00	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	12	1286
2025-06-06 10:00	0.00	0.20	3.62	1.45	-9.79	0.00	9.79	12	1286
2025-06-06 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.45	0.00	1.45	12	1286
	0.00								
	0.00								
2025-06-09 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-10 23:30	31.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.50	13	1139
2025-06-11 10:00	0.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	-21.41	13	1139
2025-06-12 09:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-19.11	0.00	19.11	13	1139
2025-06-12 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.30	0.00	2.30	13	1139
2025-06-13 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00								
2025-06-15 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-16 12:00	37.50	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	16.09	14	1278
2025-06-17 09:00	0.00	0.20	3.62	1.45	-19.97	0.00	19.97	14	1278
2025-06-17 16:00	0.00	0.10	1.70	0.68	-0.77	0.00	0.77	14	1278
2025-06-18 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	0.68	14	1278
	0.00								
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-06-23 10:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-23 16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-24 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-06-25 09:30	30.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	8.59	15	657
2025-06-25 18:00	0.00	1.20	37.20	14.88	-6.53	0.00	6.53	15	657
2025-06-26 14:00	0.00	1.50	53.53	21.41	6.53	0.00	-6.53	15	657
2025-06-27 09:30	0.00	0.90	24.02	9.61	-11.81	0.00	11.81	15	657
2025-06-27 17:30	0.00	0.60	13.65	5.46	-4.15	0.00	4.15	15	657
	0.00								
	0.00								
2025-06-30 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-06-30 23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-01 08:45	0.00	1.10	32.47	12.99	12.99	0.00	-12.99		
2025-07-01 14:00	43.50	1.50	53.53	21.41	8.42	0.00	35.08	16	1994
2025-07-02 08:20	0.00	0.60	13.65	5.46	-15.95	0.00	15.95	16	1994
2025-07-02 16:30	0.00	0.30	5.76	2.30	-3.16	0.00	3.16	16	1994
2025-07-03 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.30	0.00	2.30	16	1994
2025-07-03 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-04 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-04 17:00	30.60	1.10	32.47	12.99	12.99	0.00	17.61		
	0.00								
	0.00								
2025-07-07 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-07 17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-08 08:00	43.50	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	22.09	17	1332
2025-07-08 18:00	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	17	1332
2025-07-09 09:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-8.93	0.00	8.93	17	1332
2025-07-10 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.30	0.00	2.30	17	1332
2025-07-10 16:30	0.00	1.20	37.20	14.88	14.88	0.00	-14.88		
2025-07-10 19:00	30.00	1.50	53.53	21.41	6.53	0.00	23.47		
2025-07-11 10:00	0.00	1.10	32.47	12.99	-8.42	0.01	8.44		
2025-07-11 17:00	0.00	1.00	28.08	11.23	-1.76	0.06	1.82		
	0.00								
	0.00								
2025-07-14 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-14 19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-15 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-07-15 17:00	27.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	5.59	18	666
2025-07-16 09:30	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	18	666
2025-07-17 08:30	0.00	0.70	16.81	6.73	-4.51	0.00	4.51	18	666
2025-07-17 17:30	0.00	0.60	13.65	5.46	-1.27	0.00	1.27	18	666
2025-07-17 23:30	0.00	0.60	13.65	5.46	0.00	0.00	0.00		
2025-07-18 09:00	28.50	1.50	53.53	21.41	15.95	0.00	12.55	19	531
	0.00							19	531
	0.00							19	531
2025-07-21 10:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-17.11	0.00	17.11	19	531
2025-07-22 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.30	0.00	4.30	19	531
2025-07-22 15:00	18.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	-3.41	20	321
2025-07-23 09:00	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	20	321
2025-07-24 09:15	0.00	0.90	24.02	9.61	-1.63	0.00	1.63	20	321
2025-07-25 10:00	0.00	0.44	9.15	3.66	-5.95	0.00	5.95	20	321
	0.00								
	0.00								
2025-07-29 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-07-29 19:00	28.50	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	7.09	21	526
2025-07-30 09:15	0.00	1.30	42.28	16.91	-4.50	0.00	4.50	21	526
2025-07-31 11:00	0.00	0.80	20.27	8.11	-8.80	0.00	8.80	21	526
2025-08-01 16:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-3.80	0.00	3.80	21	526

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geom. V(h) (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
	0.00								
2025-08-04 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-05 10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-08-05 20:00	30.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	8.59	22	714
2025-08-06 08:00	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	22	714
2025-08-07 08:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-6.93	0.00	6.93	22	714
2025-08-08 08:00	0.00	0.20	3.62	1.45	-2.86	0.00	2.86	22	714
	0.00								
2025-08-11 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-11 20:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-08-12 08:00	34.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	12.59	23	925
2025-08-12 17:00	0.00	1.20	37.20	14.88	-6.53	0.00	6.53	23	925
2025-08-13 08:30	0.00	0.90	24.02	9.61	-5.27	0.00	5.27	23	925
2025-08-14 08:08	0.00	0.50	10.76	4.30	-5.30	0.00	5.30	23	925
	24.00								
	0.00								
	0.00								
2025-08-18 08:00	0.00	0.10	1.70	0.68	-3.62	0.00	3.62		
2025-08-19 08:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	0.68		
2025-08-20 08:00	30.00	1.40	47.72	19.09	19.09	0.00	10.91		
2025-08-21 08:00	0.00	0.90	24.02	9.61	-9.48	0.00	9.48		
2025-08-22 08:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-5.30	0.00	5.30		
	0.00								
	0.00								
2025-08-25 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-08-26 08:30	0.00	1.30	42.28	16.91	16.91	0.00	-16.91		
2025-08-27 08:30	0.00	0.90	24.02	9.61	-7.30	0.00	7.30		
2025-08-28 08:30	0.00	0.60	13.65	5.46	-4.15	0.00	4.15		
2025-08-29 08:30	0.00	0.45	9.41	3.77	-1.69	0.00	1.69		
	0.00								
	0.00								
2025-09-01 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
	0.00								
	0.00								
2025-09-04 08:30	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-09-04 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-09-05 08:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-09-05 16:30	24.75	1.30	42.28	16.91	16.91	0.00	7.84	24	379
	0.00							24	379
	0.00							24	379
2025-09-08 08:30	0.00	0.50	10.76	4.30	-12.61	1.24	13.85	24	379
2025-09-08 17:00	0.00	0.40	8.13	3.25	-1.05	0.00	1.05	24	379
2025-09-09 08:30	0.00	0.30	5.76	2.30	-0.95	0.00	0.95	24	379
2025-09-09 14:15	0.00	0.30	5.76	2.30	0.00	0.00	0.00	24	379
2025-09-09 22:00	23.25	1.50	53.53	21.41	19.11	0.00	4.14	25	113
2025-09-10 09:30	0.00	1.10	32.47	12.99	-8.42	0.00	8.42	25	113
2025-09-11 10:30	0.00	0.70	16.81	6.73	-6.26	0.00	6.26	25	113
2025-09-20 12:00	0.00	0.68	16.16	6.46	-0.26	0.00	0.26	25	113
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-09-16 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-09-16 20:00	33.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	11.59		
2025-09-17 10:00	0.00	1.10	32.47	12.99	-8.42	0.00	8.42		
2025-09-18 10:00	0.00	0.60	13.65	5.46	-7.53	0.00	7.53		
	0.00								
	0.00								
	0.00								
2025-09-22 08:45	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00			
2025-09-23 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-09-23 22:40	39.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	17.59	26	429
2025-09-24 09:00	0.00	1.28	41.23	16.49	-4.92	0.00	4.92	26	429
2025-09-24 17:00	0.00	1.20	37.20	14.88	-1.61	0.00	1.61	26	429
2025-09-25 12:00	0.00	0.80	20.27	8.11	-6.77	0.00	6.77	26	429
2025-09-26 16:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-3.80	0.00	3.80	26	429
	0.00							26	429
	0.00							26	429
2025-09-29 09:30	0.00	0.10	1.70	0.68	-3.62	0.59	4.21	26	429
2025-09-29 17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	0.68	26	429
2025-09-30 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-09-30 20:30	34.50	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	13.09	27	331
2025-10-01 09:15	0.00	1.20	37.20	14.88	-6.53	0.00	6.53	27	331
2025-10-02 09:00	0.00	0.70	16.81	6.73	-8.15	0.00	8.15	27	331
2025-10-03 09:00	0.00	0.40	8.13	3.25	-3.47	0.00	3.47	27	331
	0.00							27	331
	0.00							27	331
2025-10-06 09:30	0.00	0.05	0.83	0.33	-2.92	0.00	2.92	27	331
2025-10-07 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.33	0.00	0.33	27	331
2025-10-07 21:00	33.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	11.59	28	316
2025-10-08 09:00	0.00	1.10	32.47	12.99	-8.42	0.00	8.42	28	316
	0.00							28	316
2025-10-10 09:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-10.69	0.00	10.69	28	316
2025-10-13 09:00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.30	0.00	2.30	28	316
2025-10-14 09:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	316
2025-10-14 20:30	33.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	11.59	29	337
2025-10-15 09:00	0.00	1.12	33.39	13.36	-8.06	0.00	8.06	29	337
2025-10-16 09:40	0.00	0.70	16.81	6.73	-6.63	0.00	6.63	29	337
2025-10-17 13:35	0.00	0.40	8.13	3.25	-3.47	0.00	3.47	29	337
	0.00							29	337
	0.00							29	337
2025-10-20 08:55	0.00	0.00	0.00	0.00		0.20		29	337
2025-10-20 19:00	32.75	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	11.34	30	297
2025-10-21 09:45	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.12	10.29	30	297
2025-10-22 10:00	0.00	0.60	13.65	5.46	-5.77	0.04	5.81	30	297
2025-10-23 09:15	0.00	0.40	8.13	3.25	-2.21	0.01	2.22	30	297
2025-10-24 09:45	0.00	0.22	4.03	1.61	-1.64	0.19	1.83	30	297
	0.00							30	297
	0.00							30	297
2025-10-27 10:00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.38		30	297

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geométrico (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	Perdas por grupo (mm/dia)
2025-10-27 21:00	33.00	1.50	53.53	21.41	21.41	0.00	11.59	31	172
2025-10-28 09:10	0.00	1.00	28.08	11.23	-10.18	0.00	10.18	31	172
2025-10-29 09:05	0.00	0.85	22.10	8.84	-2.39	4.28	6.67	31	172
2025-10-30 08:50	0.00	0.60	13.65	5.46	-3.38	0.50	3.88	31	172
2025-10-31 17:00	0.00	0.50	10.76	4.30	-1.16	1.84	3.00	31	172
	0.00							31	172
	0.00							31	172
2025-11-03 09:25	0.00	0.50	10.76	4.30	0.00	3.42	3.42	31	172
2025-11-04 08:45	0.00	0.60	13.65	5.46	1.16	0.00	-1.16	31	172
2025-11-05 08:55	0.00	0.60	13.65	5.46	0.00	1.84	1.84	31	172
2025-11-06 09:40	0.00	0.57	12.75	5.10	-0.36	0.49	0.84	31	172
2025-11-07 09:20	0.00	0.49	10.49	4.19	-0.91	0.03	0.93	31	172
	0.00							31	172
	0.00							31	172
	0.00	0.27	5.09	2.04	-2.16			31	172
	0.00	0.20	3.62	1.45	-0.59			31	172
2025-11-12 08:20	0.00	0.05	0.83	0.33	-1.12	0.29	1.41	31	172
2025-11-12 19:15	31.75	1.50	53.53	21.41	21.08	1.37	12.04	32	122
2025-11-13 09:05	0.00	1.35	44.95	17.98	-3.43	2.24	5.67	32	122
2025-11-14 09:39	0.00	1.30	42.28	16.91	-1.07	1.27	2.34	32	122
	0.00							32	122
	0.00							32	122
2025-11-17 09:20	0.00	1.10	32.47	12.99	-3.92	1.47	5.39	32	122
2025-11-18 09:28	0.00	1.70	66.34	26.53	13.55	0.03	-13.52	32	122
2025-11-19 09:15	0.00	1.68	64.98	25.99	-0.54	0.01	0.55	32	122
2025-11-20 09:00	0.00	1.55	56.58	22.63	-3.36	0.01	3.37	32	122
2025-11-21 09:04	0.00	1.43	49.42	19.77	-2.86	0.00	2.86	32	122
	0.00							32	122
	0.00							32	122
2025-11-24 08:17	0.00	1.11	32.93	13.17	-6.60	0.18	6.78	32	122
2025-11-25 08:00	0.00	0.62	14.26	5.70	-7.47	0.37	7.84	32	122
2025-11-26 08:10	0.00	0.49	10.49	4.19	-1.51	0.00	1.51	32	122
2025-11-27 09:00	0.00	0.43	8.89	3.56	-0.64	0.00	0.64	32	122
2025-11-28 08:14	0.00	0.40	8.13	3.25	-0.30	0.00	0.30	32	122
	0.00							32	122
	0.00							32	122
2025-12-02 09:00	0.00	0.20	3.62	1.45	-1.81	0.63	2.43	32	122
2025-12-02 21:00	36.00	1.50	53.53	21.41	19.97	0.27	16.30	33	78
2025-12-03 09:59	0.00	0.90	24.02	9.61	-11.81	0.05	11.86	33	78
2025-12-04 09:15	0.00	0.70	16.81	6.73	-2.88	0.19	3.07	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2025-12-09 09:00	0.00	0.30	5.76	2.30	-4.42	1.05	5.47	33	78
2025-12-10 09:40	0.00	0.80	20.27	8.11	5.80	3.69	-2.12	33	78
2025-12-11 16:30	0.00	0.95	26.01	10.40	2.30	0.00	-2.30	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2025-12-15 09:30	0.00	1.22	38.19	15.27	4.87	2.11	-2.76	33	78
	0.00							33	78
2025-12-17 09:00	0.00	1.20	37.20	14.88	-0.39	1.25	1.65	33	78
	0.00							33	78
2025-12-19 15:00	0.00	1.20	37.20	14.88	0.00	2.11	2.11	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2025-12-22 09:00	0.00	1.30	42.28	16.91	2.03	1.42	-0.61	33	78
2025-12-23 09:00	0.00	1.31	42.80	17.12	0.21	0.52	0.31	33	78
2025-12-24 09:00	0.00	1.30	42.28	16.91	-0.21	0.08	0.29	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2025-12-29 09:00	0.00	0.78	19.55	7.82	-9.09	0.18	9.27	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2026-01-05 15:30	0.00	0.50	10.76	4.30	-3.52	1.37	4.89	33	78
	0.00							33	78
2026-01-07 17:00	0.00	0.42	8.64	3.46	-0.85	0.13	0.98	33	78
	0.00							33	78
2026-01-09 14:00	0.00	0.35	6.91	2.77	-0.69	0.33	1.02	33	78
	0.00							33	78
	0.00							33	78
2026-01-12 09:12	0.00	0.28	5.31	2.12	-0.64	0.32	0.96	33	78

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Volume geométrico (m³)	Armazenamento de água (m³)	ΔS (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET+Inf (m³)	Grupo	Perdas por grupo (mm/dia)
2026-01-19 10:55	0.00	0.58	13.05	5.22	2.07	0.56	-1.50		
2026-01-20 09:00	0.00	0.55	12.17	4.87	-0.35	0.00	0.35		
	0.00								
	0.00								
2026-01-23 09:00	0.00	1.05	30.24	12.09	7.23	3.48	-3.74	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-01-26 09:08	0.00	1.34	44.41	17.76	5.67	1.93	-3.74	34	53
2026-01-26 16:07	0.00	1.32	43.34	17.33	-0.43	0.03	0.45	34	53
2026-01-27 16:20	0.00	1.5	53.53	21.41	4.08	2.61	-1.47	34	53
2026-01-28 14:30	0.00	1.52	54.74	21.90	0.48	2.04	1.55	34	53
2026-01-29 09:55	0.00	1.48	52.34	20.94	-0.96	0.97	1.93	34	53
2026-01-30 14:35	0.00	1.41	48.28	19.31	-1.62	0.38	2.01	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-02-02 09:10	0.00	1.45	50.58	20.23	0.92	2.61	1.69	34	53
2026-02-03 08:50	0.00	1.42	48.85	19.54	-0.69	0.69	1.38	34	53
	0.00							34	53
2026-02-05 14:15	0.00	1.55	56.58	22.63	3.09	3.84	0.75	34	53
2026-02-06 10:00	0.00	1.47	51.75	20.70	-1.93	0.70	2.64	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-02-09 09:30	0.00	1.39	47.16	18.86	-1.84	3.21	5.05	34	53
2026-02-09 16:20	0.00	1.4	47.72	19.09	0.22	0.23	0.01	34	53
2026-02-10 10:45	0.00	1.42	48.85	19.54	0.45	0.64	0.19	34	53
2026-02-10 16:45	0.00	1.38	46.60	18.64	-0.90	0.18	1.08	34	53
2026-02-11 08:54	0.00	1.48	52.34	20.94	2.30	1.69	-0.61	34	53
2026-02-11 16:30	0.00	1.48	52.34	20.94	0.00	0.59	0.59	34	53
2026-02-12 08:57	0.00	1.42	48.85	19.54	-1.40	0.06	1.46	34	53
2026-02-12 16:25	0.00	1.39	47.16	18.86	-0.68	0.00	0.68	34	53
2026-02-13 09:02	0.00	1.51	54.13	21.65	2.79	2.32	-0.47	34	53
2026-02-13 16:10	0.00	1.5	53.53	21.41	-0.24	0.13	0.37	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-02-16 09:20	0.00	1.2	37.20	14.88	-6.53	0.76	7.29	34	53
2026-02-16 16:20	0.00	1.18	36.23	14.49	-0.39	0.00	0.39	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-02-18 09:40	0.00	0.9	24.02	9.61	-4.88	0.00	4.88	34	53
2026-02-18 16:30	0.00	0.85	22.10	8.84	-0.77	0.18	0.94	34	53
2026-02-19 09:22	0.00	0.79	19.91	7.96	-0.88	0.01	0.89	34	53
2026-02-19 04:20	0.00	0.76	18.85	7.54	-0.42	0.00	0.42	34	53
2026-02-20 10:20	0.00	0.7	16.81	6.73	-0.81	0.00	0.81	34	53
2026-02-20 16:18	0.00	0.69	16.49	6.59	-0.13	0.00	0.13	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-02-23 09:40	0.00	0.51	11.04	4.41	-2.18	0.01	2.19	34	53
2026-02-23 16:25	0.00	0.49	10.49	4.19	-0.22	0.00	0.22	34	53
2026-02-24 09:05	0.00	0.46	9.68	3.87	-0.32	0.00	0.32	34	53
2026-02-24 16:10	0.00	0.45	9.41	3.77	-0.11	0.00	0.11	34	53
2026-02-25 10:10	0.00	0.4	8.13	3.25	-0.51	0.00	0.51	34	53
2026-02-25 16:15	0.00	0.39	7.88	3.15	-0.10	0.00	0.10	34	53
2026-02-26 09:00	0.00	0.34	6.68	2.67	-0.48	0.00	0.48	34	53
2026-02-26 16:10	0.00	0.32	6.21	2.48	-0.19	0.00	0.19	34	53
2026-02-27 11:00	0.00	0.29	5.53	2.21	-0.27	0.00	0.27	34	53
2026-02-27 16:30	0.00	0.26	4.87	1.95	-0.26	0.00	0.26	34	53
	0.00							34	53
	0.00							34	53
2026-03-02 08:12	0.00	0.1	1.70	0.68	-1.27	0.00	1.27	34	53
2026-03-02 16:00	0.00	0.08	1.35	0.54	-0.14	0.00	0.14	34	53
2026-03-03 08:21	0.00	0.05	0.83	0.33	-0.21	0.00	0.21	34	53
2026-03-03 16:12	0.00	0.03	0.49	0.20	-0.13	0.00	0.13	34	53
2026-03-04 08:07	0.00	0.02	0.32	0.13	-0.07	0.00	0.07	34	53
2026-03-04 16:11	0.00	0.02	0.32	0.13	0.00	0.00	0.00	34	53

ANEXO 5 – DADOS HIDRÁULICOS E OPERACIONAIS DA UNIDADE PILOTO 03

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Overflow (m3)	Volume geom. (m³)	Armazenamento leito (m³)	Armazenamento caixa recolha (m³)	ΔS total (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-09-29 16:45	7.92	1.60	2	19.24	7.70	1.26	8.95	0.00	-3.03	1	14
2025-09-30 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.92	0.00	0.92	1	14
2025-10-01 09:15	0.00	1.48		16.73	6.69	1.16	-0.18	0.00	0.18	1	14
2025-10-02 09:00	0.00	1.45		16.13	6.45	1.14	-0.26	0.00	0.26	1	14
2025-10-03 09:00	0.00	1.40		15.16	6.07	1.10	-0.43	0.00	0.43	1	14
	0.00									1	14
	0.00									1	14
2025-10-06 09:30	0.00	1.30		13.34	5.34	1.02	-0.81	0.00	0.81	1	14
2025-10-07 09:00	0.00	1.30		13.34	5.34	1.02	0.00	0.00	0.00	1	14
2025-10-08 09:00	0.00	1.30		13.34	5.34	1.02	0.00	0.00	0.00	1	14
	0.00									1	14
2025-10-10 09:00	0.00	1.25		12.48	4.99	0.98	-0.38	0.00	0.38	1	14
	0.00									1	14
	0.00									1	14
2025-10-13 09:00	0.00	1.15		10.85	4.34	0.90	-0.73	0.00	0.73	1	14
2025-10-14 09:00	0.00	1.15		10.85	4.34	0.90	0.00	0.00	0.00	1	14
2025-10-15 09:00	0.00	1.12		10.39	4.16	0.88	-0.21	0.00	0.21	1	14
2025-10-16 09:40	0.00	1.10		10.09	4.04	0.86	-0.14	0.00	0.14	1	14
2025-10-17 13:40	0.00	1.10		10.09	4.04	0.86	0.00	0.00	0.00	1	14
	0.00									1	14
	0.00									1	14
2025-10-20 09:00	0.00	1.05		9.35	3.74	0.82	-0.33	0.07	0.40	1	14
2025-10-21 09:45	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	-4.57	0.04	4.61		
2025-10-22 10:00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01		
2025-10-22 14:10	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2025-10-22 16:55	7.92	1.63		19.90	7.96	1.28	9.24	0.00	-1.32		
2025-10-23 09:15	0.00	1.51		17.33	6.93	1.19	-1.12	0.00	1.13		
2025-10-24 09:45	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.09	0.07	0.16		
	0.00										
	0.00										
2025-10-27 10:00	0.00	1.45		16.13	6.45	1.14	-0.44	0.13	0.57		
2025-10-28 09:10	0.00	1.40		15.16	6.07	1.10	-0.43	0.00	0.43		
2025-10-29 09:05	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	1.32	1.47	0.15		
2025-10-30 08:50	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.45	0.17	0.63		
2025-10-31 17:00	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.45	0.63	0.18		
	0.00										
	0.00										
	0.00										
2025-11-03 09:25	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.45	1.17	1.63		
2025-11-04 08:45	0.00	1.49		16.93	6.77	1.17	-0.09	0.00	0.09		
2025-11-05 08:55	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	0.82	0.63	-0.19		
2025-11-06 09:40	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	-0.28	0.17	0.45		
2025-11-07 09:20	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.01	0.01		
	0.00										
	0.00										
2025-11-10 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.45	0.10	0.55		
2025-11-11 08:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00		
2025-11-11 11:21	0.00	0.10		0.48	0.19	0.08	-7.76	0.00	7.76		
2025-11-11 13:49	7.10	1.63	1	19.90	7.96	1.28	8.97	0.00	-2.87	2	9
2025-11-12 08:20	0.00	1.52		17.54	7.02	1.19	-1.03	0.00	1.03	2	9
2025-11-13 09:05	0.00	1.59	0.2	19.02	7.61	1.25	0.65	1.24	0.39	2	9
2025-11-14 09:39	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	-0.37	0.44	0.81	2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
2025-11-17 09:20	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.51	0.51	2	9
2025-11-18 09:28	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.01	0.01	2	9
2025-11-19 09:15	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.00	0.00	2	9
2025-11-20 09:00	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.00	0.00	2	9
2025-11-21 09:05	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.00	0.00	2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
2025-11-24 08:17	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.45	0.06	0.52	2	9
2025-11-25 08:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.13	0.13	2	9
2025-11-26 08:10	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	2	9
2025-11-27 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	2	9
2025-11-28 08:14	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
2025-12-02 08:49	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.22	0.22	2	9
2025-12-03 10:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.11	0.11	2	9
2025-12-04 09:16	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.07	0.07	2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
	0.00									2	9
2025-12-09 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.36	0.36	2	9

Data/hora	Enchimento (m³)	Nível (m)	Overflow (m3)	Volume geom. (m³)	Armazenamento leito (m³)	Armazenamento caixa recolha (m³)	ΔS total (m³)	Precipitação (m³)	Perdas ET (m³)	Grupo	ET grupo (mm/dia)
2025-12-10 09:40	0.00	1.50	1.50	17.13	6.85	1.18	0.00	1.27	-0.23	3	16
2025-12-11 13:30	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
2025-12-15 09:30	0.00	1.50	0.4	17.13	6.85	1.18	0.00	0.73	0.33	3	16
	0.00									3	16
2025-12-17 09:00	0.00	1.55	0.1	18.17	7.27	1.22	0.45	0.43	-0.12	3	16
	0.00									3	16
2025-12-19 15:00	0.00	1.55	0.2	18.17	7.27	1.22	0.00	0.73	0.53	3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
2025-12-22 09:00	0.00	1.53	0.1	17.75	7.10	1.20	-0.18	0.49	0.57	3	16
2025-12-23 09:00	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.18	0.18	0.00	3	16
2025-12-24 09:00	0.00	1.54	0.05	17.96	7.18	1.21	-0.09	0.03	0.07	3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
	0.00									3	16
2025-12-29 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.36	0.06	0.42	3	16
	0.00										
	0.00										
	0.00										
	0.00										
2026-01-05 14:30	0.00	1.52	0.3	17.54	7.02	1.19	0.18	0.47	-0.01	4	13
	0.00									4	13
2026-01-07 17:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.18	0.04	0.22	4	13
	0.00									4	13
2026-01-09 14:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.11	0.11	4	13
	0.00									4	13
	0.00									4	13
2026-01-12 09:15	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	0.00	0.11	0.11	4	13
2026-01-13 12:00	0.00	1.57	0.10	18.59	7.44	1.23	0.64	0.27	-0.47	4	13
2026-01-14 16:00	0.00	1.56	0.1	18.38	7.35	1.23	-0.09	0.08	0.08	4	13
	0.00									4	13
2026-01-16 08:46	0.00	1.55	0.2	18.17	7.27	1.22	-0.09	0.37	0.26	4	13
	0.00									4	13
	0.00									4	13
2026-01-19 10:55	0.00	1.52		17.54	7.02	1.19	-0.27	0.19	0.47	4	13
2026-01-20 09:00	0.00	1.50		17.13	6.85	1.18	-0.18	0.00	0.18	4	13
	0.00										
2026-01-23 09:00	0.00	1.51		17.33	6.93	1.19	0.09	1.20	1.11		
	0.00										
2026-01-26 09:06	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.36	0.66	0.30		
2026-01-26 16:05	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.01	0.01		
2026-01-27 16:20	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.19	0.90	0.71		
2026-01-28 14:30	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.00	0.70	0.70		
2026-01-29 09:58	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.00	0.33	0.33		
2026-01-30 14:35	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	-0.19	0.13	0.32		
	0.00										
2026-02-02 09:10	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.19	0.90	0.71		
2026-02-03 08:50	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	0.09	0.24	0.14		
	0.00										
2026-02-05 14:15	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	0.00	1.96	1.96		
2026-02-06 10:00	0.00	1.56		18.38	7.35	1.23	-0.19	0.24	0.43		
	0.00										
2026-02-09 09:30	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.09	1.10	1.01		
2026-02-09 16:20	0.00	1.57		18.59	7.44	1.23	0.00	0.08	0.08		
2026-02-10 10:45	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	0.09	0.22	0.13		
2026-02-10 16:45	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	0.00	0.06	0.06		
2026-02-11 08:54	0.00	1.6		19.24	7.70	1.26	0.19	0.58	0.39		
2026-02-11 16:30	0.00	1.6		19.24	7.70	1.26	0.00	0.20	0.20		
2026-02-12 08:57	0.00	1.54		17.96	7.18	1.21	-0.56	0.02	0.58		
2026-02-12 16:25	0.00	1.54		17.96	7.18	1.21	0.00	0.00	0.00		
2026-02-13 09:02	0.00	1.6	0.5	19.24	7.70	1.26	0.56	0.80	-0.26	5	12
2026-02-13 16:10	0.00	1.58		18.81	7.52	1.24	-0.19	0.04	0.23	5	12
	0.00									5	12
	0.00									5	12
2026-02-16 09:20	0.00	1.55	0.1	18.17	7.27	1.22	-0.28	0.26	0.44	5	12
2026-02-16 16:20	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.00	0.00	5	12
	0.00									5	12
	0.00									5	12
2026-02-18 09:40	0.00	1.55		18.17	7.27	1.22	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-18 16:30	0.00	1.54	0.05	17.96	7.18	1.21	-0.09	0.06	0.10	5	12
2026-02-19 09:22	0.00	1.54		17.96	7.18	1.21	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-19 04:20	0.00	1.53		17.75	7.10	1.20	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-02-20 10:20	0.00	1.53		17.75	7.10	1.20	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-20 16:18	0.00	1.52		17.54	7.02	1.19	-0.09	0.00	0.09	5	12
	0.00									5	12
	0.00									5	12
2026-02-23 09:40	0.00	1.51		17.33	6.93	1.19	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-02-23 16:25	0.00	1.5		17.13	6.85	1.18	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-02-24 09:05	0.00	1.5		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-24 16:10	0.00	1.5		17.13	6.85	1.18	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-25 10:10	0.00	1.49		16.93	6.77	1.17	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-02-25 16:15	0.00	1.49		16.93	6.77	1.17	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-26 09:00	0.00	1.49		16.93	6.77	1.17	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-26 16:10	0.00	1.48		16.73	6.69	1.16	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-02-27 11:00	0.00	1.48		16.73	6.69	1.16	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-02-27 16:30	0.00	1.47		16.53	6.61	1.15	-0.09	0.00	0.09	5	12
	0.00									5	12
	0.00									5	12
2026-03-02 08:12	0.00	1.45		16.13	6.45	1.14	-0.17	0.00	0.17	5	12
2026-03-02 16:00	0.00	1.48		16.73	6.69	1.16	0.26	0.00	-0.26	5	12
2026-03-03 08:21	0.00	1.48		16.73	6.69	1.16	0.00	0.00	0.00	5	12
2026-03-03 16:12	0.00	1.47		16.53	6.61	1.15	-0.09	0.00	0.09	5	12
2026-03-04 08:07	0.00	1.47		16.53	6.61	1.15	0.00	0.00	0.00	5	12

ANEXO 5

AQUANENA – EMPRESA MUNICIPAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO, E.M., S.A.

Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a jusante da atual ETAR de Alcanena

- Instalação Piloto de Média Escala -



ESTUDO PRÉVIO

ABRIL 2026

ESTUDO PRÉVIO

NOME:	Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a jusante da atual ETAR de Alcanena - Instalação Piloto de Média Escala
REFERÊNCIA:	HH2416
TIPO:	Estudo Prévio
CONFIDENCIALIDADE:	Não confidencial
CLIENTE:	AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.
DATA:	14 de abril de 2026

AUTORES:

- Beatriz Cunha (Eng.^a do Ambiente)
- Guilherme Amoreira (Arquiteto)
- Iara Boleta (Arquiteta)
- Filipa Ferreira (Eng.^a Civil, PhD)
- José Saldanha Matos (Eng.^o Civil, PhD)

REVISTO E APROVADO POR:

José Saldanha Matos

DISTRIBUIÇÃO: Aquanena – Empresa Municipal de Águas e Saneamento, E.M., S.A.

VERSÃO: V02

Versão	Data	Responsável	Pontos Alterados
V01	16/03/2026	JSM	Criação do documento
V02	14/04/2026	JSM	Revisão geral do documento

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	2
2. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR	1
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
2.2 LICENÇA DE REJEIÇÃO	1
2.3 DIRETIVA (EU) 2024/3019.....	1
3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO E DA ETAR DE ALCANENA	5
3.1 ENQUADRAMENTO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO	5
3.2 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ETAR.....	6
3.3 DESEMPENHO ANALÍTICO E CONFORMIDADE REGULAMENTAR	9
4. LEITOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO – SÍNTESE DE ESTADO DE ARTE	13
5. DADOS DE BASE.....	17
5.1 GEOMETRIA E ÁREAS DAS UNIDADES PILOTO.....	17
5.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA	18
5.3 CAUDAIS DE PROJETO	18
6. APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA	19
6.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA	19
6.2 CONDICIONANTES PARA A SOLUÇÃO ADOTADA.....	21
7. PRÉ-DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO-SANITÁRIO	23
7.1 SISTEMA ELEVATÓRIO	23
7.1.1 <i>Descrição geral</i>	23
7.1.2 <i>Critérios de dimensionamento</i>	23
7.1.3 <i>Apresentação de resultados</i>	25
7.2 PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	25
7.2.1 <i>Descrição geral</i>	25
7.2.2 <i>Apresentação de resultados</i>	26
8. EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS.....	29
8.1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	29
8.2 LEITOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	29
9. ESTIMATIVA DE CUSTOS	31
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos pela Diretiva EU 2024/3019.	4
Quadro 5.1 - Geometria e áreas adotadas no dimensionamento de cada Unidade Piloto.	18
Quadro 5.2 – Parâmetros de dimensionamento de cada Unidade Piloto para condições médias e máximas.	18
Quadro 7.1 – Características do sistema elevatório proposto.	25
Quadro 7.2 – Características geométricas e parâmetros operacionais de cada Unidade Piloto.	27
Quadro 9.1 - Estimativa dos custos de investimento.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1- Representação esquemática dos emissários do sistema de Alcanena.	5
Figura 3.2 - Fotografia aérea da ETAR de Alcanena. Fonte: Google Earth.	6
Figura 3.3 - Fluxograma do sistema de tratamento da ETAR de Alcanena.	8
Figura 3.4 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; b) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.	9
Figura 3.5 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Cal; d) torres de absorção química.	9
Figura 3.6 - Evolução de SST, CQO e CBO5 no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE (jan. 23 – dez. 25).	11
Figura 3.7 - Evolução dos N total, P total, NH_4^+ e <i>E. coli</i> no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE estival de 2027 (jan. 23 – dez. 25).	12
Figura 4.1 - Esquema de sistema por ET de salgueiros isolado (adaptada de Gregersen et al., 2003). .	14
Figura 5.1 - Planta da Unidade Piloto com identificação das áreas consideradas no dimensionamento.	17
Figura 6.1 – Representação esquemática da solução adotada.	20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Licença de descarga da ETAR de Alcanena	38
---	----

ÍNDICE DE DESENHOS

DESENHOS	ESCALA
01 Planta de localização	1:25 000
02 Planta de condicionantes	1:5 000
03 Planta de levantamento topográfico	1:500
04 Planta de implantação da solução	1:10 000
05 Estação elevatória – Plantas, cortes e pormenores	1:50
06 Perfil longitudinal da conduta elevatória	1:500
07 Plataformas de evapotranspiração – Plantas, cortes e pormenores	1:100; 1:50
08 Câmaras das plataformas de evapotranspiração	1:50
09 Assentamento de coletores – Desenho tipo	1:50
10 Câmara para ventosa – Desenho tipo	1:20; 1:10
11 Câmara de descarga de fundo – Desenho tipo	1:20; 1:10

Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a jusante da atual ETAR de Alcanena - Instalação Piloto de Média Escala

- ESTUDO PRÉVIO - DOCUMENTO DE TRABALHO -

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho, desenvolvido ao nível de Estudo Prévio, refere-se a “Instalação Piloto de Média Escala”, baseada em espécies arbóreas com grande poder de evapotranspiração, e foi elaborado no âmbito do Contrato celebrado entre a AQUANENA – Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Alcanena, E.M., S.A., e a Sociedade HIDRA – Hidráulica e Ambiente, Lda., datado de 09 de setembro de 2024, intitulado “Aquisição de Serviços para a Viabilidade de Tratamento de Afinação por Solução de Base Natural a jusante da atual ETAR de Alcanena”.

De acordo com o estabelecido, este contrato, que se prolongou para além do prazo inicialmente estimado, inclui como últimos produtos, este Estudo Prévio e o relatório final de análise dos resultados obtidos com as três unidades piloto de pequena escala.

A ETAR de Alcanena, em funcionamento desde 1988, constitui o principal ativo operacional do sistema de tratamento de águas residuais do concelho, assegurando o tratamento de efluentes domésticos e industriais provenientes de grande parte do território. Entre as aflúncias industriais, destaca-se a componente associada ao setor dos curtumes, com expressão relevante no perfil de cargas afluentes à instalação.

A especificidade do efluente industrial, frequentemente caracterizado por cargas orgânicas elevadas, e variabilidade significativa ao longo do tempo, tem colocado desafios acrescidos ao sistema de tratamento, com impacto direto na estabilidade operacional e no cumprimento integral das condições impostas nas licenças de descarga.

Neste contexto, e atendendo ao reforço das exigências legais e ambientais aplicáveis às descargas de águas residuais, com particular destaque para a nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU), torna-se pertinente avaliar soluções complementares que permitam reforçar o desempenho global do sistema, aumentando a sua robustez e a capacidade de resposta a variações de carga hidráulica e poluente.

Entre as abordagens consideradas, assumem particular relevância as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), que recorrem a processos naturais para promover o tratamento, retenção ou

valorização de efluentes, com benefícios ambientais e operacionais associados. Estas soluções apresentam potencial para contribuir para a redução de cargas poluentes, mitigação de impactos ambientais e melhoria da resiliência do sistema de saneamento. No âmbito das SbN, destacam-se as plataformas de evapotranspiração, particularmente adequadas em contextos onde a gestão eficiente do recurso hídrico é prioritária. Estes sistemas assentam na remoção de água essencialmente através da combinação de evaporação e transpiração vegetal, conduzindo, no limite, a condições de descarga zero, ou seja, “poluição” zero dos meios recetores.

No âmbito desta estratégia, e na sequência do trabalho desenvolvido, foram já implementadas e monitorizadas três unidades piloto de pequena escala de plataformas de evapotranspiração, permitindo uma avaliação preliminar do respetivo comportamento hidráulico e do potencial desempenho ambiental da solução. O presente Estudo Prévio constitui uma evolução de escala, materializada na proposta de implementação de plataformas de evapotranspiração de média escala, plantadas com espécies de salgueiros, totalizando cerca de 0.5 ha, com o objetivo de testar a viabilidade técnica, hidráulica e ambiental da solução numa dimensão mais representativa e próxima de uma aplicação em condições reais.

Prevê-se que esta instalação piloto seja implantada numa área próxima daquela que poderá vir a ser considerada para a implementação futura de um sistema evapotranspirativo de larga escala (protótipo). Os seus objetivos principais incluem promover a utilização do efluente terciário da ETAR de Alcanena para a recuperação e alargamento de habitats ribeirinhos na Ribeira do Carvalho, reforçando e consolidando a biodiversidade nesses espaços. Adicionalmente, pretende-se que esta solução tenha o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade do efluente nas linhas de água, sempre que o objetivo de descarga nula não possa ser integralmente alcançado.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente Estudo Prévio encontra-se organizado em dez capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 apresenta o enquadramento regulamentar aplicável, incluindo os requisitos da licença de rejeição e as principais exigências da nova Diretiva Europeia (UE) 2024/3019 de 27 de dezembro de 2024. O Capítulo 3 caracteriza o sistema de saneamento e a ETAR de Alcanena, incluindo a descrição sumária da instalação e a avaliação do seu desempenho analítico. O Capítulo 4 sintetiza o estado de arte relativo a infraestruturas de evapotranspiração, enquadrando os mecanismos de funcionamento, tipologias e ordens de grandeza relevantes para o pré-dimensionamento. O Capítulo 5 apresenta os dados de base e os critérios adotados para o pré-dimensionamento destas instalações piloto. O Capítulo 6 descreve a solução proposta, incluindo as opções construtivas consideradas e as condicionantes territoriais associadas à sua implantação. No Capítulo 7 apresenta-se o pré-dimensionamento hidráulico-sanitário das infraestruturas propostas (estação elevatória e instalações piloto). O Capítulo 8 define os principais equipamentos eletromecânicos e de instrumentação necessários à exploração e monitorização do sistema. O Capítulo 9 apresenta os custos de investimento e, por fim, o Capítulo 10 apresenta as considerações finais e recomendações para fases subsequentes do projeto.

2. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No sentido de enquadrar a análise desenvolvida, apresenta-se de seguida o enquadramento regulamentar aplicável, incluindo os requisitos atualmente em vigor e as exigências futuras decorrentes da nova Diretiva Europeia relativa ao tratamento de águas residuais urbanas.

2.2 LICENÇA DE REJEIÇÃO

A descarga do efluente tratado pela ETAR de Alcanena encontra-se sujeita ao cumprimento das condições estabelecidas na respetiva licença de rejeição, emitida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Esta licença define os Valores Limite de Emissão (VLE) aplicáveis aos principais parâmetros de qualidade do efluente descarregado no meio recetor, constituindo o referencial regulamentar para a avaliação do desempenho da instalação.

Entre os parâmetros abrangidos pela licença incluem-se, designadamente, os sólidos suspensos totais (SST), a carência bioquímica de oxigénio em cinco dias (CBO₅), a carência química de oxigénio (CQO), o azoto total, o fósforo total e parâmetros microbiológicos, podendo os respetivos limites variar em função do período do ano, nomeadamente no período estival.

Os limites de descarga aplicáveis à ETAR de Alcanena apresentam-se no Anexo 1, sendo utilizados como referência na avaliação do desempenho apresentado nos capítulos seguintes.

2.3 DIRETIVA (EU) 2024/3019

A nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU) estabelece o quadro regulamentar europeu aplicável ao tratamento e à descarga de águas residuais urbanas, definindo os requisitos mínimos a cumprir pelas estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Em 2024, esta Diretiva foi revista e atualizada através da Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, introduzindo novas exigências técnicas e operacionais com impacto significativo na exploração das ETAR.

A DARU foi revista e atualizada para ter em conta os avanços tecnológicos, as mudanças nas prioridades ambientais e os desafios emergentes, e representa um passo significativo para garantir a gestão sustentável das águas residuais urbanas na União Europeia. Assim, a nova DARU inclui disposições que conduzirão a alterações significativas à prática atual, com maiores exigências de requisitos de descarga de efluentes de ETAR, com preocupações de recuperação de recursos do sistema (energia, materiais ou água), mas também com preocupações de redução da poluição por água pluvial urbana, veiculada por excedentes ou por escoamento de superfície. Esta diretiva terá um grande impacto no setor da água, uma vez que inclui novas obrigações e exigências (Quadro 2.1), sendo de realçar as seguintes:

- Monitorização das descargas de águas pluviais e da poluição das escorrências urbanas, através da implementação de planos de gestão integrada da água em cidades com um equivalente populacional (e.p.) igual ou superior a 100 000 e em aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarregam em zonas de risco, com uma carga poluente de referência não superior a 2% da carga de tempo seco (valor não vinculativo).
- Tratamento secundário em todas as aglomerações com um e.p. igual ou superior a 1 000 até 2035.
- Tratamento terciário em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 até 2039 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000, que descarreguem em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco (zonas sensíveis), até 2045.
- Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o fósforo: 90% ou 0.5 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 87.5% ou 0,7 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
- Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o azoto: 80% ou 8 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 80% ou 10 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
- Tratamento quaternário em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000 que efetuem descargas em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco, até 2045.
- Criação da responsabilidade alargada do produtor para medicamentos para uso humano e produtos cosméticos, para cobrir os custos do tratamento quaternário (pelo menos 80% dos custos serão cobertos pelos produtores, complementados por financiamento nacional), até 2045.
- Novas obrigações de monitorização centradas em vários parâmetros de saúde pública (como vírus conhecidos e agentes patogénicos emergentes), poluentes químicos, incluindo os chamados “químicos para sempre” (substâncias per e polifluoroalquílicas ou PFAS), microplásticos e resistência antimicrobiana.
- Objetivo de neutralidade energética para o setor das águas residuais urbanas de Portugal até 2045 para todas as ETAR com um e.p. igual ou superior a 10 000 (a energia pode ser produzida no local ou fora dele e até 35% da energia não fóssil pode ser adquirida a fontes externas em casos especiais justificados), com várias metas intercalares.

A nova Diretiva Europeia reforça a necessidade de desenvolvimento e aplicação de planos de gestão integrada das águas residuais urbanas (PIGARU) a nível local (para todas as bacias e aglomerados com um e.p. igual ou superior a 100 000, até 2033, e para as aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarreguem em zonas consideradas de risco). No Artigo 5º da nova DARU, pontos 1 e 2, listam-se os critérios para a preparação e implementação dos planos integrados de gestão de águas residuais urbanas, sendo que no Anexo V deste documento consta o conteúdo mínimo dos planos de gestão: devem incluir uma análise da situação inicial na área servida pela ETAR, a definição de objetivos para a redução da poluição proveniente das

descargas de águas pluviais e do escoamento urbano, e a identificação das medidas a tomar para atingir o objetivo pretendido.

Tendo em consideração que a ETAR de Alcanena se encontra dimensionada para um equivalente populacional superior a 150 000 habitantes equivalentes, as exigências introduzidas pela Diretiva (UE) 2024/3019 assumem particular relevância, designadamente, a obrigatoriedade de tratamento terciário com limites de 8 mg/L para o azoto total e 0.5 mg/L para o fósforo total. A meta de neutralidade energética, constitui também um desafio técnico significativo, atendendo à elevada componente industrial da massa líquida afluenta e à sua variabilidade. Neste contexto, torna-se pertinente avaliar soluções complementares ou alternativas que permitam reforçar o desempenho global do sistema e mitigar os riscos de incumprimento futuro.

Quadro 2.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos pela Diretiva EU 2024/3019.

Objetivo ▼	Metas ►	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2040/2045
Controlo de qualidade de excedentes ("overflows")		Monitorização em vigor. 2028: Identificação de zonas de risco, para 10 000 a 100 000. Controlo 2% do total tempo seco (processos equivalentes) - objetivo não vinculativo	2023: Planos integrados de gestão de AR para aglomerados > 100 000 ep (conteúdo definido)	2039: Planos integrados concretizados para aglomerados > 100 000 ep, (conteúdo definido)	2045: limite tendencial de 2% de carga poluente em TS na ETAR para todos os aglomerados > 10.000 ep (áreas de risco)
Sistemas de tratamento individuais (STI) (< 1 000 ep, d > 10 a 25 ep/ha)		Inspeções regulares em todos os Estado Membro (EM) e apresentação de relatórios para EM com elevado n.º de STI	Entrada em vigor de legislação da UE para STI	-	-
Aglomerados de pequenas dimensões (1 000 a 2 000 ep)		Definição de novos valores de limite de descarga (tratamento secundário) para aglomerados populacionais com > 1 000 ep (sistemas centralizados) 2027: Identificação de zonas sensíveis (ZS) a eutrofização. ETAR > 10 000 ep em ZS: - N: 80% red. ou 10 mg/l - P: 87,5% red. ou 0,7 mg/l ETAR > 150 000 ep: - N: 80% red. ou 8 mg/l - P: 90% red. ou 0,5 mg/l	2035: Aglomerados > 1 000 a 2 000 ep devem satisfazer os valores limite de descarga (com derrogações, para países, clima frio, e ultraperiféricas)	-	-
Tratamento secundário e Tratamento terciário - Controlo de nutrientes (azoto e fósforo)		Implementação, com responsabilidade alargada do produtor (80% custos).	2033: 20 % das ETAR > 10 000 ep em ZS 30% das ETAR > 150 000	2036: 30% das ETAR > 10 000 ep em ZS 70% as ETAR > 150 000 ep 2039: 60% das ETAR > 10 000 ep em ZS 100% das ETAR > 150 000 ep	2045: Cumprimento a 100%, com derrogações
Controlo de Micropoluentes (farmacêuticos e cosméticos - Tratamento quaternário)		Implementação, com responsabilidade alargada do produtor (80% custos).	2033: 10% das ETAR > 10 000 ep em AR 20% das ETAR > 150 000 ep	2039: 60% das ETAR > 10 000 em AR ou 150 000 ep	2045: 100% das ETAR > 10 000 ep em AR ou 150 000 ep
Neutralidade Energética		2030: Identificação de áreas de risco (AR) Implementação de auditorias energéticas para as ETAR e sistemas acima de 100 000 ep (2028) e de 10 000 ep (2032)	2030: 20% neutralidade 2035: 40% de neutralidade	2040: 70% de neutralidade	2045: 100% de neutralidade
Responsabilidade Alargada do Produtor		Princípio de Responsabilidade Alargada ao Produtor para cobertura de custos adicionais associados ao Tratamento Quaternário	-	-	-

3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO E DA ETAR DE ALCANENA

3.1 ENQUADRAMENTO E EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO

O concelho de Alcanena, com uma área total de cerca de 127 km², pertence ao Distrito de Santarém, na região Centro de Portugal e encontra-se na área de intervenção da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

Antes da implementação do sistema de saneamento de Alcanena, as águas residuais geradas na região eram descarregadas diretamente, sem qualquer tipo de tratamento, no Rio Alviela e nos seus afluentes. Esta prática conduziu a uma degradação significativa da qualidade da água, com a transformação das linhas de água em verdadeiros coletores a céu aberto, sendo reportada a formação de extensas camadas de espumas que, em determinados períodos, atingiam mais de 2 m.

A elevada carga poluente associada, em particular, à indústria de curtumes, originou impactes ambientais de grande magnitude, levando as entidades públicas competentes a considerar prioritária a intervenção para mitigação e controlo da poluição. Neste enquadramento, foi dado início à construção do sistema de saneamento de Alcanena, desenvolvido por fases sucessivas ao longo das décadas de 1980 e 1990, com o objetivo de servir simultaneamente as unidades industriais e as populações locais, através da recolha e encaminhamento dos efluentes para tratamento.

Atualmente, o sistema principal afluente à ETAR de Alcanena inclui três emissários principais - Emissário de Monsanto, Emissário de Vila Moreira e Emissário de Gouxaria - totalizando aproximadamente 25 km de coletores e cerca de 660 câmaras de visita. Estes emissários apresentam extensões aproximadas de 9 km, 5 km e 11 km, respetivamente, assegurando o transporte em regime predominantemente gravítico até à ETAR de Alcanena (Figura 3.1), onde os efluentes são submetidos a tratamento antes da descarga no meio recetor.



Figura 3.1- Representação esquemática dos emissários do sistema de Alcanena.

3.2 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ETAR

O Projeto de Execução da ETAR de Alcanena teve lugar no final da década de 1970 e início da década de 1980. No entanto, a entrada em funcionamento da ETAR ocorreu apenas em fevereiro de 1988, sob gestão de uma empresa privada, a LUSÁGUA, S.A. A Figura 3.2 apresenta uma fotografia aérea da ETAR de Alcanena.



Figura 3.2 - Fotografia aérea da ETAR de Alcanena. Fonte: Google Earth.

A ETAR de Alcanena recebe e trata as águas residuais urbanas e industriais de quase todo o concelho. A instalação encontra-se dimensionada para um caudal de 10 000 m³/dia, correspondente a uma carga orgânica equivalente de cerca de 400 000 habitantes. A ETAR admite um caudal de 200 000 m³/mês, sendo descarregados cerca de 170 000 m³/mês (5 600 m³/dia) de efluente tratado no meio recetor. A descarga final ocorre na Ribeira do Carvalho, afluente do rio Alviela, cujas nascentes são conhecidas por “Olhos de Água”.

A massa líquida afluenta à ETAR apresenta uma forte componente industrial, evidenciada pela proporção entre os caudais afluentes doméstico e industrial, da ordem de 1:5. Esta característica reflete a natureza do tecido industrial local, predominantemente constituído por indústrias de curtumes, responsáveis pela produção de efluentes com cargas poluentes muito elevadas e de limitada biodegradabilidade, condicionando significativamente os processos de tratamento.

A ETAR ocupa uma área de 4 750 m² e integra um conjunto de operações e processos de tratamento associados às linhas líquida e sólida, os quais se encontram esquematizados na Figura 3.3. Na linha líquida, o efluente industrial é inicialmente sujeito a elevação, recorrendo a parafusos de Arquimedes, enquanto o efluente doméstico, proveniente da rede separativa, é elevado por grupos eletrobomba e entra mais à frente no processo. O efluente industrial é posteriormente encaminhado para tamisagem, onde se procede à remoção de sólidos de menor dimensão, seguindo-se a etapa de desarenamento e desengorduramento, realizada em dois canais paralelos, destinada à remoção de sólidos grosseiros, areias e gorduras.

Após o pré-tratamento, o efluente industrial é conduzido para tanques de equalização e homogeneização, onde se promove a regularização dos caudais e das cargas poluentes. Nesta fase é assegurado o fornecimento de oxigénio, favorecendo a atividade biológica e contribuindo para a redução da carga poluente afluyente ao tratamento subsequente.

O efluente doméstico converge com a linha industrial a montante do tratamento físico-químico, constituído por coagulação e floculação. A coagulação é promovida pela adição de cloreto férrico, permitindo a precipitação de crómio e outros metais, enquanto a cal é utilizada para correção do pH. A floculação é assegurada por polieletrólito aniónico, favorecendo a agregação dos flocos. O efluente segue então para a decantação primária, onde ocorre a sedimentação dos flocos e a separação da fase sólida, originando lamas primárias que são encaminhadas para a linha de tratamento de lamas. O efluente clarificado é posteriormente tratado num segundo estágio biológico, constituído por um processo de lamas ativadas com nitrificação e desnitrificação, distribuído por três linhas paralelas.

Após o tratamento biológico, o efluente é encaminhado para a decantação secundária, onde se procede à sedimentação do floco biológico e à separação do efluente tratado. Como etapa final da linha líquida, o efluente passa por um sistema de filtragem por vidro ionizado, permitindo a melhoria de parâmetros como os sólidos suspensos totais, sendo posteriormente descarregado na Ribeira do Carvalho.

Na linha sólida, as lamas produzidas nas decantações primária e secundária são encaminhadas para tratamento de lamas, que inclui a desidratação mecânica por filtros prensa e a estabilização química, de forma a permitir a sua deposição em aterro sanitário. As lamas tratadas são posteriormente transportadas em camião para o destino final.

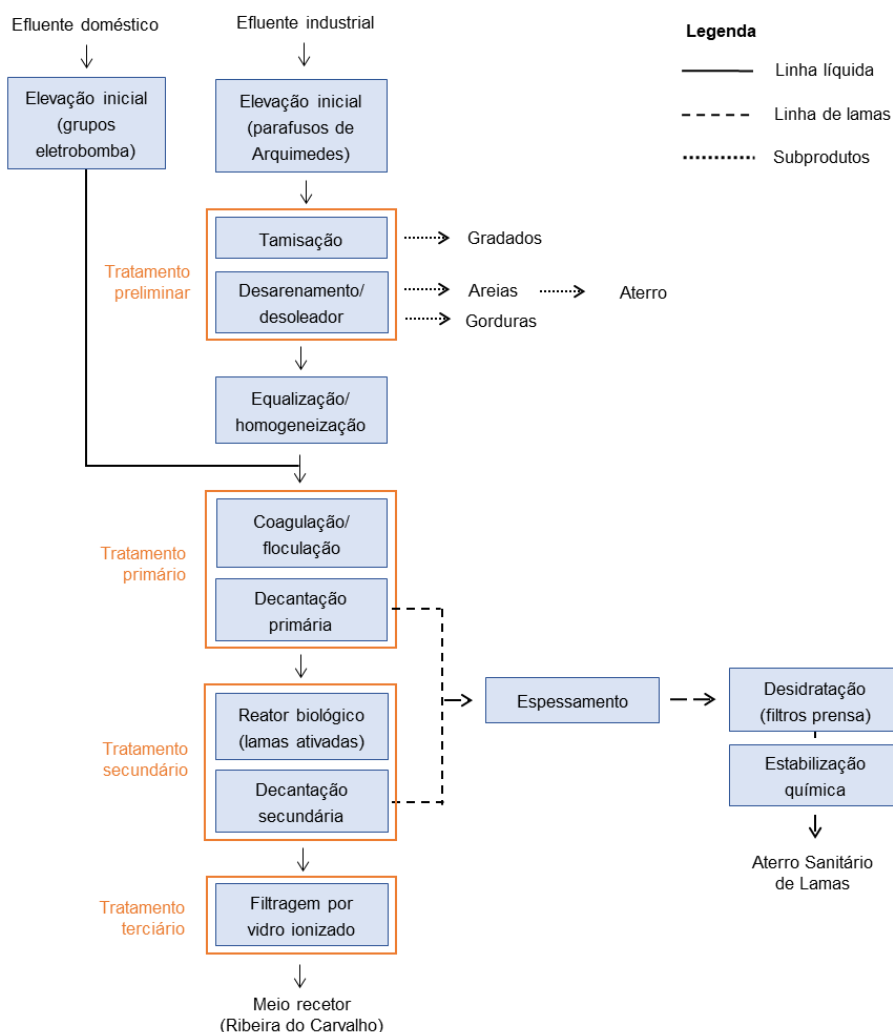


Figura 3.3 - Fluxograma do sistema de tratamento da ETAR de Alcanena.

Na Figura 3.4 apresentam-se fotografias de diversos órgãos pertencentes à fase líquida do tratamento de águas residuais na ETAR de Alcanena. Por sua vez, a Figura 3.5 ilustra os órgãos associados à fase sólida do tratamento.



a)



b)



c)

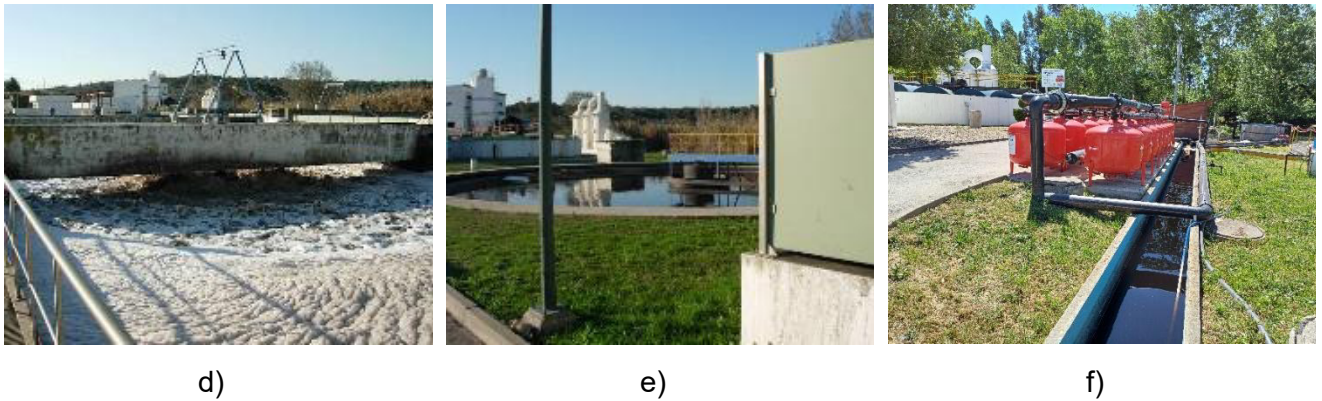


Figura 3.4 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) desarenador; b) tanques de equalização/arejamento do 1º estágio; c) decantadores 1º estágio; d) tanques de lamas ativadas 2º estágio; e) decantadores 2º estágio; f) microfiltração.

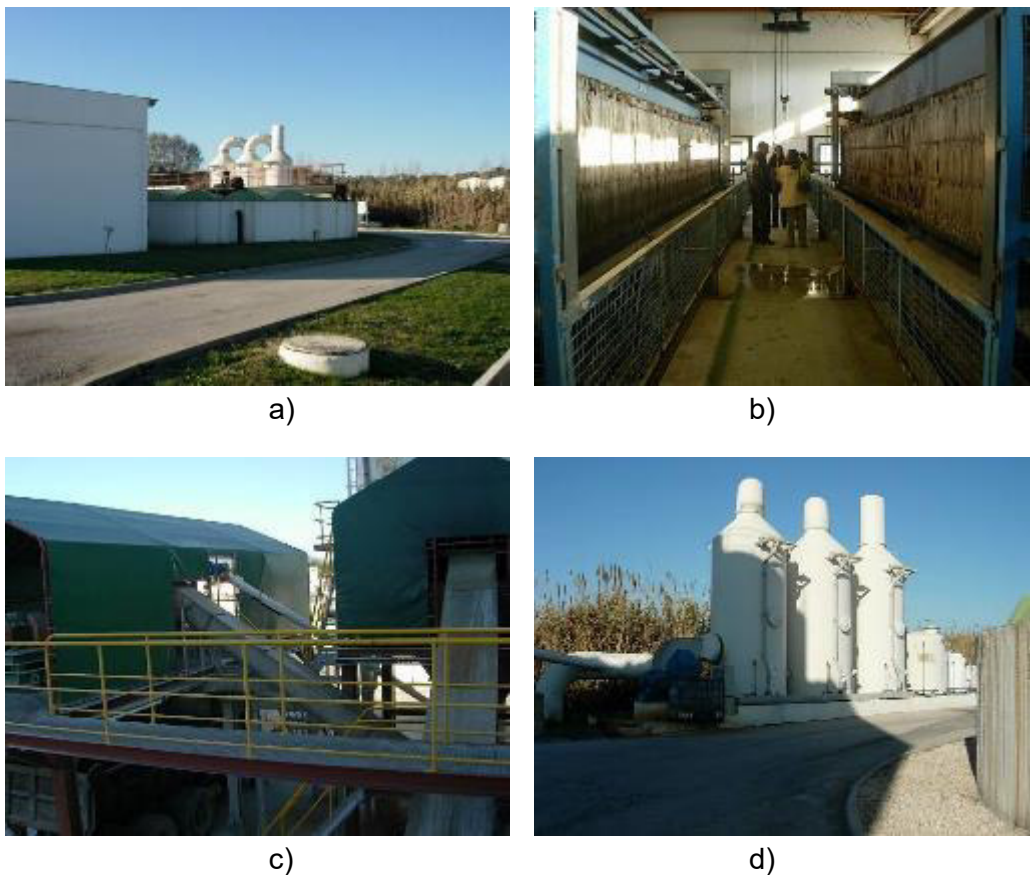


Figura 3.5 - Fotografias da ETAR de Alcanena: a) espessador gravítico; b) filtros prensa; c) sistema de adição de Cal; d) torres de absorção química.

3.3 DESEMPENHO ANALÍTICO E CONFORMIDADE REGULAMENTAR

O desempenho analítico da ETAR de Alcanena foi avaliado através da análise comparativa da qualidade do afluente e do efluente tratado, tendo como referência os requisitos estabelecidos na licença de rejeição em vigor e os VLE previstos para aplicação a partir de janeiro de 2027, conforme descrito na Secção 2.2.

A análise incidiu sobre a evolução temporal dos principais parâmetros de qualidade da água, nomeadamente os sólidos suspensos totais (SST), a carência bioquímica de oxigénio em cinco dias (CBO_5), a carência química de oxigénio (CQO), o azoto amoniacal (NH_4^+), o azoto total (N total), o fósforo total (P total) e, quando disponível, parâmetros microbiológicos (*E. coli*). Os valores analisados correspondem a médias mensais, permitindo uma avaliação integrada do desempenho da instalação e a identificação de tendências persistentes ao longo do tempo.

A avaliação baseia-se nos resultados do controlo analítico realizado entre janeiro de 2023 e dezembro de 2025, período considerado representativo do funcionamento recente da instalação e suficientemente extenso para evidenciar tendências e limitações estruturais do sistema de tratamento. Para os parâmetros SST e CQO, optou-se pela comparação com o VLE estival, por constituir o critério mais restritivo e, consequentemente, mais conservador do ponto de vista da avaliação do cumprimento regulamentar.

Na Figura 3.6 apresenta-se a evolução temporal das concentrações médias de SST, CQO e CBO_5 no afluente e no efluente da ETAR, enquanto na Figura 3.7 se representa a evolução do azoto total, fósforo total, azoto amoniacal e *E. coli*. No caso deste último parâmetro, apenas se encontram disponíveis dados relativos ao efluente tratado.

De uma forma geral, os resultados evidenciam uma redução expressiva das concentrações entre a entrada e a saída da ETAR, demonstrando a eficácia global dos processos de tratamento na remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica. Contudo, apesar desta redução, verifica-se que, em diversos períodos, as concentrações no efluente tratado ultrapassam os respetivos valores limite de emissão, evidenciando dificuldades no cumprimento consistente dos requisitos legais.

O comportamento observado ao longo da série temporal evidencia limitações estruturantes no desempenho da ETAR, particularmente no controlo da carga orgânica, dos sólidos suspensos, dos nutrientes e da concentração microbiológica. Estas limitações decorrem, em larga medida, das elevadas concentrações de poluentes e da acentuada variabilidade do afluente, associadas à forte influência de efluentes industriais, em especial do setor dos curtumes, caracterizados por cargas poluentes elevadas e por uma fração significativa de matéria orgânica de difícil biodegradabilidade.

Importa, no entanto, referir que a presente análise recai sobre a totalidade dos resultados de autocontrolo disponíveis para supervisão da ETAR. Quando considerados os resultados analíticos da monitorização com frequência quinzenal, reportados mensalmente, observam-se eficiências superiores às aqui apresentadas.

Neste enquadramento, as exigências introduzidas pela nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU), nomeadamente no que respeita ao tratamento terciário ($\text{N} < 8 \text{ mg/L}$ e $\text{P} < 0.5 \text{ mg/L}$) e aos objetivos de neutralidade energética, representam desafios significativos para a ETAR de Alcanena. É neste contexto que a investigação e desenvolvimento de soluções alternativas, baseadas em Soluções Baseadas na Natureza (SBN), incluindo abordagens de

descarga zero ou tendencialmente descarga zero, assume particular relevância como complemento ou alternativa aos sistemas convencionais de tratamento.

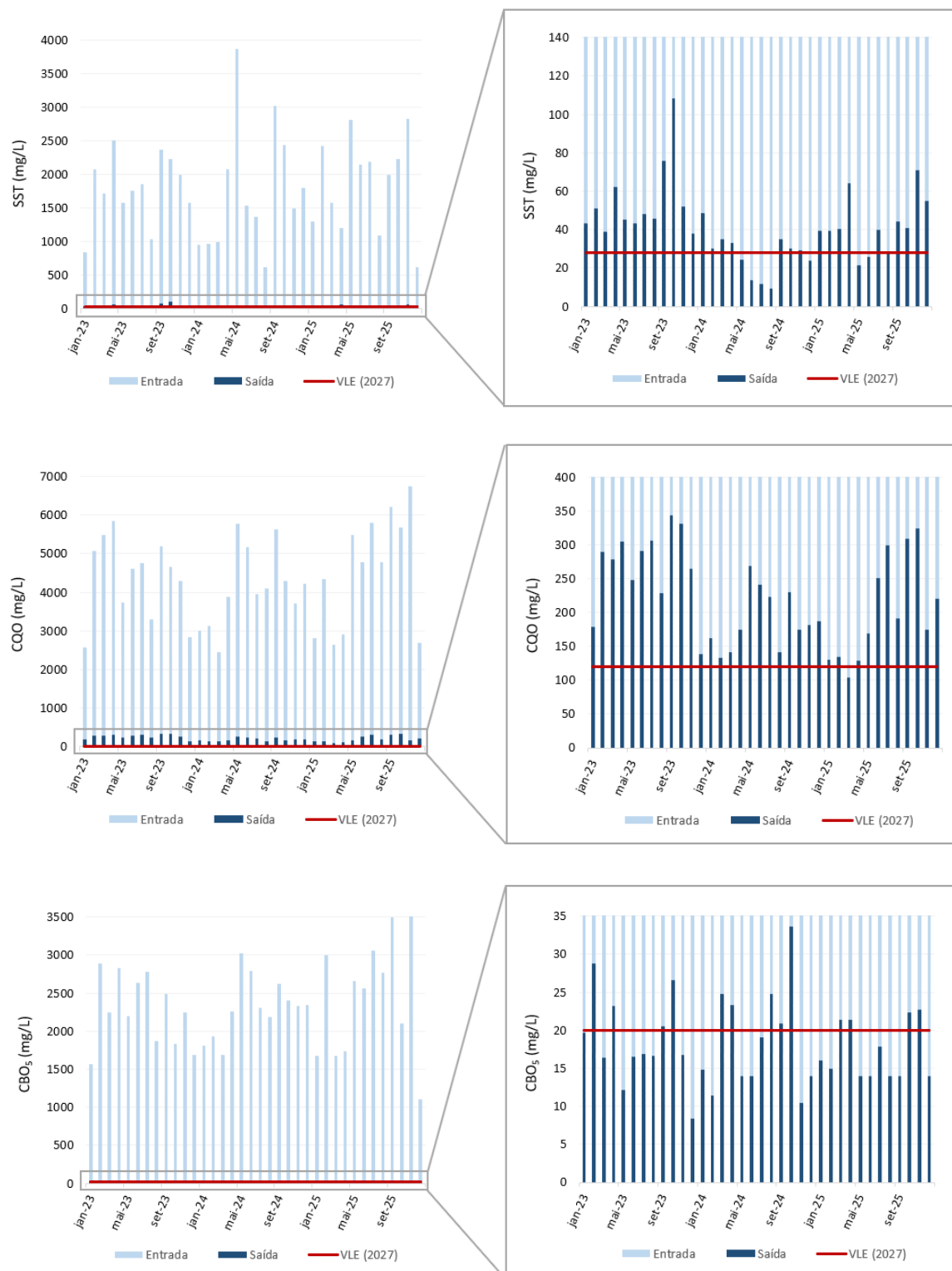


Figura 3.6 - Evolução de SST, CQO e CBO₅ no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE (jan. 23 – dez. 25).

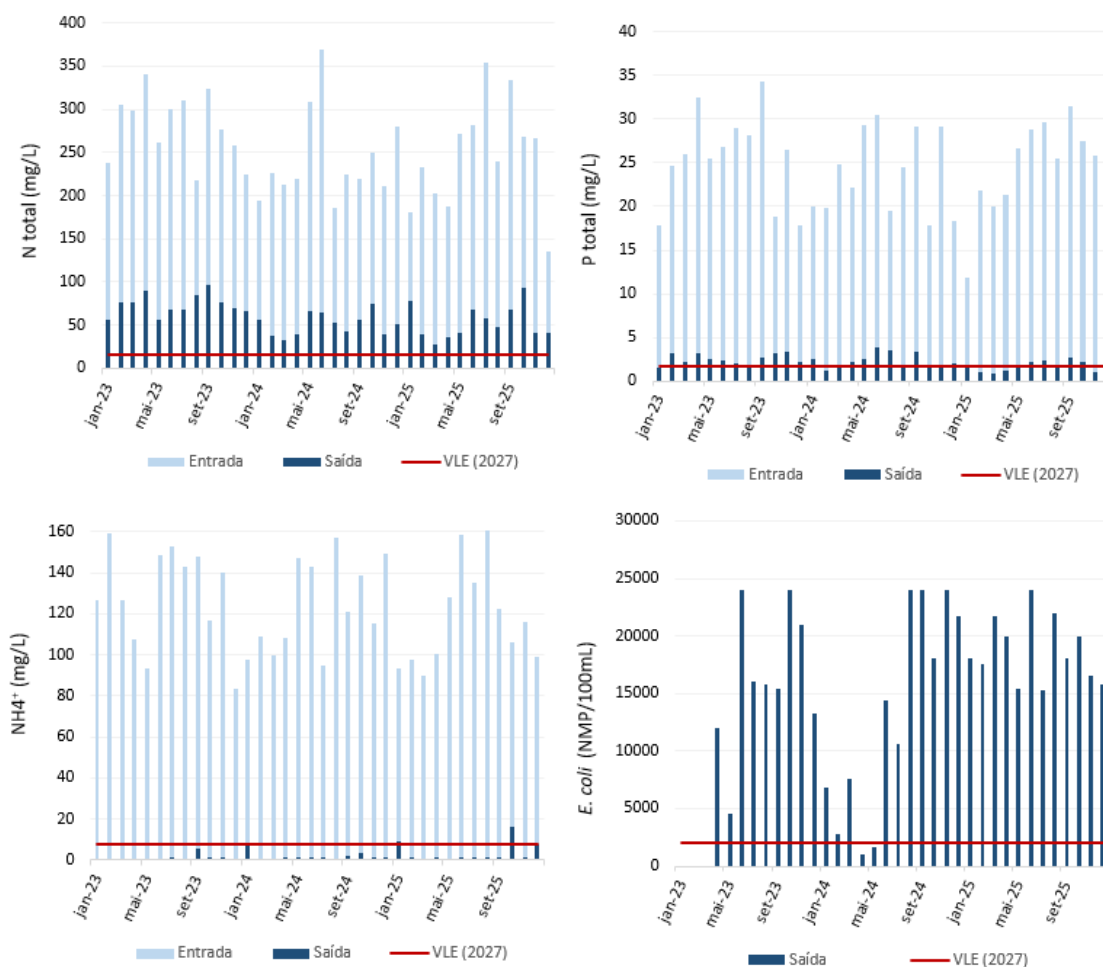


Figura 3.7 - Evolução dos N total, P total, NH_4^+ e *E. coli* no afluente e no efluente da ETAR de Alcanena, com comparação com o VLE estival de 2027 (jan. 23 – dez. 25).

4. LEITOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO – SÍNTESE DE ESTADO DE ARTE

Os leitos de evapotranspiração enquadram-se no conjunto de soluções baseadas na natureza aplicadas à gestão de águas residuais, sendo particularmente relevantes em contextos onde se pretende minimizar descargas para o meio recetor e reduzir riscos de contaminação de águas superficiais. Neste capítulo apresenta-se uma síntese do estado de arte, com foco nos mecanismos dominantes, tipologias existentes, requisitos operacionais e ordens de grandeza de evapotranspiração reportadas. Este enquadramento constitui a base conceptual para a caracterização das unidades piloto e para a discussão dos resultados hidráulicos e analíticos desenvolvidos nos capítulos subsequentes.

A evapotranspiração (ET) constitui uma abordagem alternativa para o tratamento e gestão de águas residuais. Ao contrário dos sistemas convencionais baseados na infiltração, os sistemas de evapotranspiração assentam na remoção da água essencialmente através da combinação de evaporação direta e transpiração vegetal. Em simultâneo, parte dos nutrientes pode ser incorporada na biomassa vegetal, a qual, quando colhida, poderá ainda assumir interesse como recurso energético, nomeadamente para produção de bioenergia.

Embora em Portugal existam ainda poucas aplicações documentadas neste tipo de soluções, as plataformas de ET encontram-se amplamente disseminadas em diversos países do Norte e Centro da Europa, incluindo países escandinavos, países bálticos, Polónia, Irlanda e Reino Unido (Brix e Arias, 2011). Na Dinamarca, por exemplo, existem mais de 500 sistemas de ET com utilização de salgueiros em operação, embora de pequena escala.

O desempenho destes sistemas depende fortemente das condições meteorológicas, sendo a evapotranspiração influenciada por fatores como a radiação solar (principal fonte de energia para a evaporação), a temperatura do ar, a humidade do ar e a velocidade do vento (o vento e a turbulência do ar contribuem significativamente para a libertação de massa líquida, sob a forma de vapor de água).

Existem diferentes tipos de sistemas por ET de comprovado sucesso no tratamento de águas residuais municipais, lamas fecais e lixiviados de aterro com plantações de salgueiros (Rosenqvist et al., 1997; Hasselgren, 1998; Hasselgren, 1999), entre os quais se destacam os seguintes: sistemas de ET em que o leito é impermeabilizado, impedindo a infiltração no solo e sistemas de ET sem membrana, que permitem alguma infiltração no solo.

De forma a maximizar a ET, estes sistemas devem ser localizados em espaços amplos, a alguma distância de edifícios e a outras árvores. Os sistemas não devem estar sujeitos a efeito de sombra e o leito deve ser perpendicular à direção predominante do vento. Deve existir um acesso apropriado para a maquinaria envolvida na plantação e manutenção dos salgueiros.

Os sistemas são geralmente constituídos por um leito de cerca de 1.5 m de profundidade, com área variável, revestido por geotêxtil e/ou membrana de polietileno de alta densidade, preenchido com solo e plantado com salgueiros (*Salix viminalis* L.), tal como ilustrado na Figura 4.1.

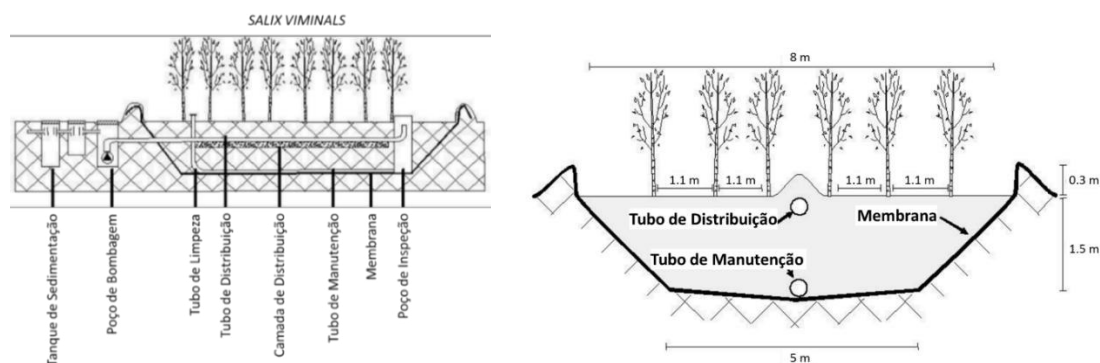


Figura 4.1 - Esquema de sistema por ET de salgueiros isolado (adaptada de Gregersen et al., 2003).

Em geral, os efluentes previamente tratados (no mínimo num tanque de sedimentação) são distribuídos no leito através de uma bomba e de uma tubagem instalada a meio do leito, colocado sobre uma camada de 16 a 32 mm de gravilha ou de algum outro material com elevada porosidade. A extremidade do tubo de distribuição termina num poço de inspeção e limpeza (o nível de água no solo pode ser monitorizado neste poço). O leito dispõe também de um tubo de drenagem (ou de limpeza), colocado numa camada de gravilha no fundo, que é utilizado quando é necessário retirar água do sistema, com recurso a bombagem. Os leitos são delimitados por um dique elevado de 0.30 m em redor do leito para evitar a entrada de água de superfície (“runoff”), e para permitir alguma acumulação de água à superfície, durante o inverno.

Os salgueiros (willows), choupos ou árvores equivalentes, com elevado poder de evapotranspiração, devem ser plantados em linhas distanciadas em cerca de 1.0 m e com aproximadamente 1.5 m de distância entre cada conjunto de três linhas. O espaçamento ao longo de cada linha deve ser entre 0.40 e 0.50 m. De forma a minimizar o risco de danos causados por pragas devem ser plantadas, por exemplo, três variedades diferentes de salgueiros em filas alternadas.

A manutenção dos salgueiros, incluindo remoção de ervas e monitorização de eventuais pragas, deve ser mais cuidada no primeiro ano. O corte dos salgueiros ocorre, geralmente, num ciclo de 2 ou 3 anos. Dependendo do ciclo escolhido, metade ou um terço da plantação é cortada anualmente. Este trabalho deve ser realizado no inverno, após a queda das folhas e antes da abertura dos botões, normalmente entre o meio de outubro e o início de março.

O dimensionamento da área necessária para o sistema de ET deve ter por base o balanço hídrico, atendendo à precipitação anual e à evapotranspiração potencial da espécie escolhida. A variação sazonal da precipitação e da evapotranspiração deve ser considerada, uma vez que o sistema deve ter volume suficiente (profundidade) para poder reter as águas residuais e a chuva durante o inverno. Em Portugal instalações experimentais de leitos de macrófitas, implantados no Alentejo com *Phragmites*, resultam em evapotranspirações entre 5 e 10 mm/dia, com um valor

médio, no verão, de 7 mm/dia. Leitos plantados com salgueiros, em Portugal, é expectável que apresentem uma evapotranspiração bastante superior, 3 a 5 vezes superiores às *Phragmites*.

A principal vantagem destes sistemas reside na possibilidade de atingir condições de descarga tendencialmente zero, especialmente em contextos de caudais médios reduzidos, constituindo uma alternativa tecnicamente sustentável para cumprimento de requisitos ambientais exigentes, nomeadamente no Verão, em que é menor o caudal natural nos meios recetores.

5. DADOS DE BASE

5.1 GEOMETRIA E ÁREAS DAS UNIDADES PILOTO

A geometria das plataformas de evapotranspiração foi definida de modo a acomodar duas Unidades Piloto contíguas numa área total disponível de aproximadamente 0.5 ha (5 000 m²). Considerando a necessidade de uma faixa central de circulação, a área superficial bruta de cada Unidade Piloto é de 2 275 m².

Cada Unidade Piloto apresenta planta retangular e uma configuração geométrica global em tronco de pirâmide invertido, resultante da adoção de taludes periféricos. A cobertura vegetal encontra-se implantada exclusivamente na zona central da unidade, não abrangendo os taludes.

Para efeitos de dimensionamento e de avaliação do desempenho hidráulico e ambiental, considera-se como área efetiva de evapotranspiração apenas a área com cobertura vegetal, uma vez que é essencialmente nesta zona que ocorrem os processos de evapotranspiração da unidade. Assim, adota-se uma área efetiva de evapotranspiração de 1 975 m² por Unidade Piloto.

A Figura 5.1 apresenta a planta-tipo de uma Unidade Piloto, identificando a área bruta e a área efetiva de evapotranspiração. O Quadro 5.1 sintetiza as áreas adotadas no dimensionamento.

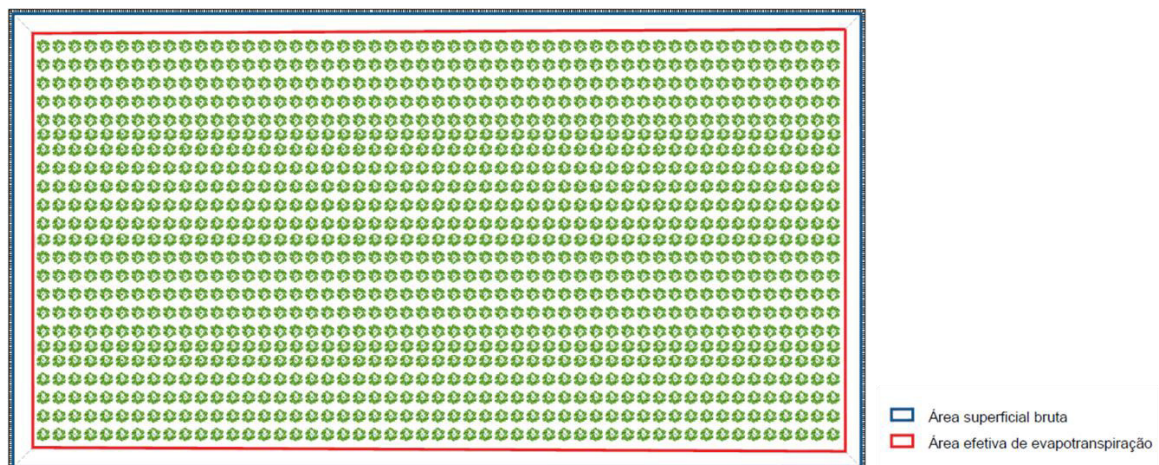


Figura 5.1 - Planta da Unidade Piloto com identificação das áreas consideradas no dimensionamento.

Quadro 5.1 - Geometria e áreas adotadas no dimensionamento de cada Unidade Piloto.

Grandeza	Unidade	Valor
N.º de unidades piloto	-	2
Área superficial bruta		
Comprimento	m	65.0
Largura média	m	35.0
Área	m ²	2275
Área efetiva de ET		
Comprimento	m	62.3
Largura média	m	31.7
Área	m ²	1975

5.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA

Com base nos valores de evapotranspiração estimados com o software CROPWAT (FAO) e nos resultados preliminares obtidos nas instalações piloto de pequena escala, adotou-se uma evapotranspiração máxima de 20 mm/dia, representativa de condições mais exigentes, em particular durante o período estival, assegurando uma abordagem conservadora. Para condições médias, considerou-se uma evapotranspiração de 8 mm/dia. Ambos os valores correspondem a condições de salgueiros em pleno desenvolvimento.

5.3 CAUDAIS DE PROJETO

Tendo sido definida a área média efetiva sujeita a evapotranspiração/infiltração e o valor de evapotranspiração adotado, o caudal afluyente de dimensionamento é estimado pela Expressão (1). Os resultados encontram-se apresentados no Quadro 5.2, separados por condições máximas (pico estival) e médias (total do ano).

$$Q_{dim} = ET \times A_{ET} \quad (1)$$

sendo,

Q_{dim} – caudal de dimensionamento (m³/d);

ET – evapotranspiração (m/d);

A_{ET} – área efetiva sujeita a evapotranspiração (área com cobertura vegetal) (m²);

Quadro 5.2 – Parâmetros de dimensionamento de cada Unidade Piloto para condições médias e máximas.

Grandeza	Unidade	Condições	
		Máximas	Médias
ET adotada	mm/dia	20	8
Área efetiva de ET	m ²	1975	
Caudal de dimensionamento	m ³ /dia	40	16

6. APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA

6.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA

A solução desenvolvida no presente Estudo Prévio prevê manter a ETAR de Alcanena em funcionamento (tratamento preliminar, primário, secundário e terciário), dotando-a de tratamento complementar baseado em processos naturais, com vista a assegurar, para parte das águas residuais efluentes da ETAR, uma solução de descarga tendencialmente nula.

Para o efeito, prevê-se a instalação de duas plataformas de evapotranspiração de média escala a jusante da ETAR de Alcanena, destinadas a receber parte do efluente final tratado a partir de uma estação elevatória a jusante da linha de tratamento existente (imediatamente a montante do atual ponto de descarga do efluente tratado na Ribeira do Carvalho).

O objetivo é complementar a investigação já realizada com as unidades piloto de pequena escala, alongando a investigação à análise do impacto nos aquíferos e a aspetos de qualidade de água, do efluente, quando for o caso (CBO₅, CQO, N, P, *E.coli*).

A solução contempla plataformas de evapotranspiração com duas configurações construtivas distintas, com vista à avaliação comparativa do seu desempenho hidráulico e operacional:

- **Unidade Piloto A (não impermeabilizada):** permite a infiltração no solo, possibilitando a avaliação do respetivo contributo para o balanço hídrico e para o comportamento global do sistema;
- **Unidade Piloto B (impermeabilizada):** concebida para assegurar descarga nula no aquífero local.

Em fase de Projeto de Execução poderá ser equacionada a execução de ambas as Unidades Piloto sem recurso a membrana de impermeabilização.

Em ambas as Unidades Piloto, o leito é constituído por um meio filtrante granular, que assegura suporte ao desenvolvimento radicular e promove condições adequadas à circulação e distribuição da água no interior do sistema. Relativamente à componente vegetal, as plataformas integram salgueiros, selecionados em função da sua elevada capacidade evapotranspirativa e da sua boa adaptação a solos saturados.

Com vista à monitorização do funcionamento e à avaliação do desempenho hidráulico das plataformas de evapotranspiração, prevê-se a instalação dos seguintes equipamentos:

- **Estação meteorológica** completa, para medição de temperatura do ar, precipitação, radiação solar, velocidade/direção do vento e humidade relativa, a instalar na proximidade das plataformas de evapotranspiração;
- **Medidor de caudal**, a instalar na tubagem de saída de cada plataforma de evapotranspiração;

- **Furos equipados para medição do nível de água**, a instalar no interior das plataformas de evapotranspiração;
- **Furo de monitorização do lençol freático**, a localizar nas imediações das plataformas, para recolha de amostras e controlo de nível;
- **Equipamento para análise de emissões de gases com efeito de estufa**, como opção a avaliar numa fase posterior, em função dos objetivos e viabilidade de implementação (optativo).

Em períodos de maior pluviosidade, caso a capacidade evapotranspirativa das plataformas não seja suficiente para remover a totalidade do caudal afluente, encontra-se prevista uma descarga de segurança ao meio recetor, permitindo a descarga controlada do efluente tratado na Ribeira do Carvalho, salvaguardando a operacionalidade e a segurança hidráulica do sistema. Salienta-se que o efluente encaminhado para as plataformas corresponde ao efluente final da ETAR, apresentando já uma carga poluente reduzida, pelo que se considera que o risco de impacte no meio recetor é limitado, e inferior ao que ocorreria sem as “wetlands”.

A solução adotada para as Unidades Piloto de média escala propostas na ETAR de Alcanena encontra-se ilustrada esquematicamente na Figura 6.1.

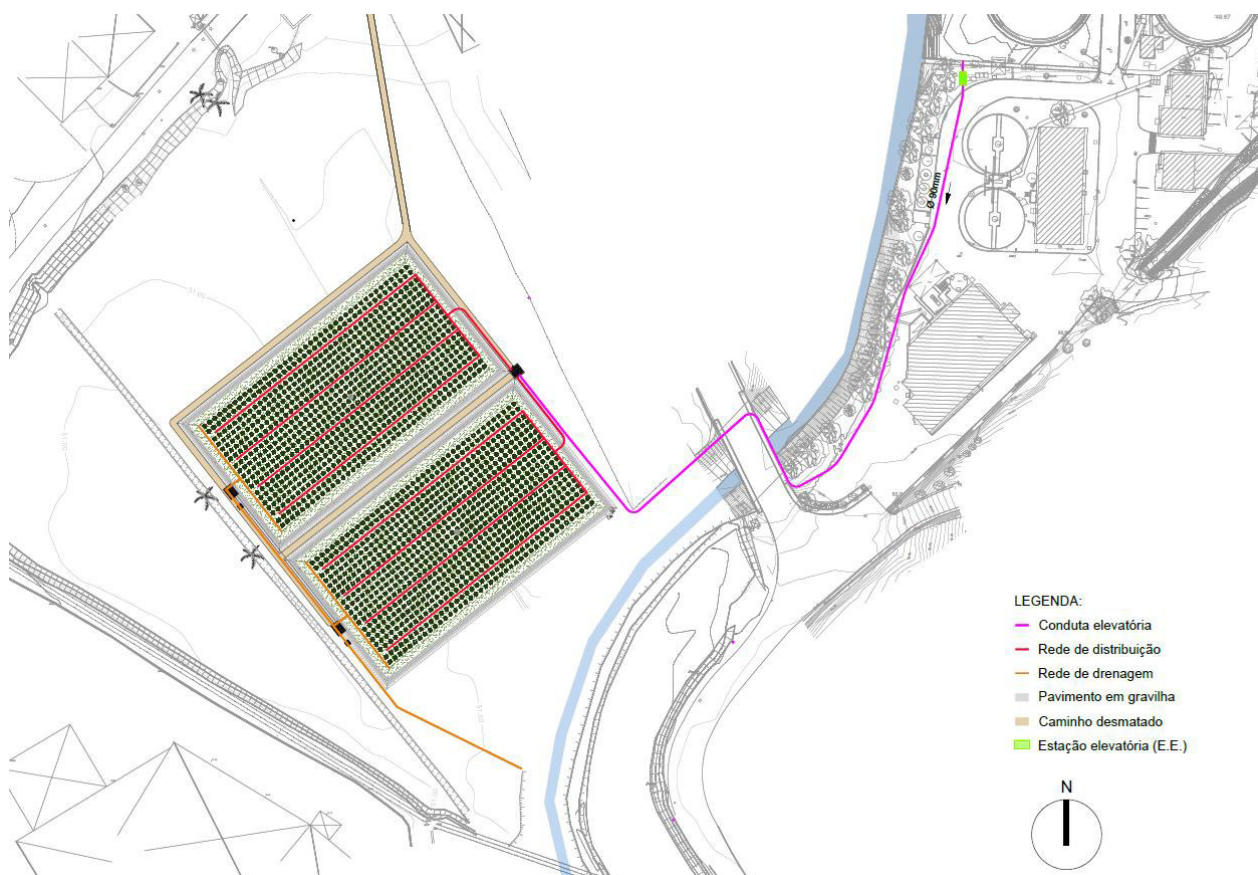


Figura 6.1 – Representação esquemática da solução adotada.

Na Peça Desenhada EP-04 consta a planta de implantação da solução proposta.

6.2 CONDICIONANTES PARA A SOLUÇÃO ADOTADA

Neste subcapítulo foram analisadas as condicionantes à solução adotada, impostas em instrumentos de ordenamento do território, tendo particular atenção às estabelecidas na Reserva Agrícola Nacional (Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março, com alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 199/2015, de 16 de setembro) e na Reserva Ecológica Nacional (Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, com alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 123/2024 de 31 de dezembro).

Na área de intervenção das instalações piloto verifica-se a existência de parcelas classificadas como REN, enquadradas na tipologia Zonas Ameaçadas pelas Cheias, bem como áreas parcialmente integradas em RAN. Neste contexto, a implantação das infraestruturas deverá cumprir o regime legal aplicável, podendo ser necessário promover os procedimentos de compatibilização e/ou autorização previstos e, quando aplicável, a desafetação das áreas estritamente indispensáveis à execução da solução.

A Peça Desenhada EP-02 apresenta a delimitação das áreas classificadas em RAN e REN na zona de intervenção, permitindo identificar os troços e infraestruturas com sobreposição a estes regimes.

7. PRÉ-DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO-SANITÁRIO

7.1 SISTEMA ELEVATÓRIO

7.1.1 DESCRIÇÃO GERAL

O sistema elevatório proposto compreende os seguintes componentes principais:

- Poço de bombagem, equipado com dois grupos eletrobomba submersíveis, sendo um de reserva. Em fase de Projeto de Execução, poderá ser avaliada a possibilidade de aproveitamento do poço de bombagem atualmente existente no sistema de filtração por vidro ionizado.
- Câmara de manobras e comandos.
- Conduto elevatória.

As águas residuais afluentes à estação elevatória são conduzidas ao poço de bombagem, sendo o acesso do líquido condicionado por uma válvula estanque (adufa de parede) que permite isolar a estação elevatória em caso de necessidade. No poço de bombagem encontram-se instalados os dois grupos eletrobomba submersíveis, sendo o afluente aspirado conduzido à conduta elevatória. A elevação do caudal de ponta é assegurada por cada uma das bombas individualmente, pelo que a bomba adicional funciona como equipamento de reserva.

7.1.2 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

7.1.2.1 Poço de bombagem

O volume útil da câmara de aspiração corresponde ao volume limitado por um nível mínimo, que é definido em função da velocidade do escoamento na aspiração e um nível máximo. O nível mínimo deve ser fixado em função do valor da submergência mínima exigida pelos grupos eletrobomba instalados, de forma a evitar vórtices suscetíveis de provocar a entrada de ar nas condutas. O nível máximo é estabelecido de forma a evitar regolfos no coletor afluente. Estes níveis definem a gama útil de funcionamento da câmara de aspiração e os níveis de segurança associados à exploração dos grupos elevatórios.

O volume útil mínimo do poço de bombagem deve ser definido em função da frequência máxima de arranque permitida para os grupos elevatórios, podendo ser determinado pela expressão (2).

$$V_{ut,min} = 15 \times Q \times T \quad (2)$$

sendo,

- $V_{ut,min}$ – volume útil mínimo do poço de bombagem (m³);
- Q – caudal elevado (m³/s);
- T – tempo entre arranques consecutivos (min).

O volume útil máximo é condicionado pelo caudal mínimo afluente, depois de fixado um valor limite para o máximo tempo de retenção, considerado igual ao tempo máximo de paragem do grupo ou grupos elevatórios.

No dimensionamento do poço de bombagem deve ainda atender-se à diferença de níveis entre as sondas correspondentes ao arranque dos grupos (mínimo de 0.15 a 0.20 m), bem como prever-se uma descarga de emergência ou de recurso, para entrar em funcionamento se for excedido o nível máximo.

7.1.2.2 Grupos eletrobomba

Os grupos eletrobomba deverão permitir a passagem de corpos sólidos de dimensão até 80 mm de diâmetro (valor mínimo). A potência dos grupos eletrobomba pode ser calculada com base no caudal bombado, na altura manométrica e no rendimento, através da expressão (3).

$$P = \frac{f_s \times \gamma \times Q \times H_m}{\eta} \quad (3)$$

sendo,

- P – potência do grupo eletrobomba (kW);
- γ – peso volúmico da água (9800 N/m³);
- Q – caudal a elevar (m³/s);
- H_m – altura manométrica de elevação (m);
- η – rendimento (0.40);
- f_s – fator de segurança relativo à potência do grupo eletrobomba (1.20).

A perda de carga unitária pode ser estimada a partir da expressão de Hazen-Williams (4).

$$v = 0.85 \times c \times R^{0.63} \times J^{0.54} \quad (4)$$

sendo,

- v – velocidade (m/s);
- c – coeficiente de Hazen-Williams (140);
- R – raio hidráulico (m);
- J – perda de carga unitária (m/m).

7.1.2.3 Conduta elevatória

Para o sistema elevatório proposto, o diâmetro da conduta elevatória é selecionado tendo em conta os caudais bombados (mínimo e máximo) e as velocidades recomendáveis, que se deverão situar no intervalo entre 0.6 e 1.5 m/s. A classe de tubagem tem em conta o andamento da linha piezométrica dinâmica em regime permanente e variável.

7.1.3 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

No Quadro 7.1 apresenta-se a síntese das características do sistema elevatório proposto para a ETAR de Alcanena. O caudal a elevar corresponde ao caudal instantâneo máximo necessário para alimentar as plataformas de evapotranspiração num tempo razoável. A rega é realizada em regime sequencial, irrigando-se uma Unidade Piloto de cada vez, de forma alternada, de modo a assegurar o encaminhamento controlado do caudal para a unidade em operação e a evitar repartições não desejadas entre plataformas. Podem, no entanto, ser alimentadas as duas unidades ao mesmo tempo.

Em condições máximas de funcionamento, associadas a períodos de maior evapotranspiração, nomeadamente durante a época estival, considera-se uma operação contínua de rega com duração aproximada de 2 horas por dia por Unidade Piloto. Em condições médias de funcionamento, correspondentes a períodos de menor evapotranspiração, o volume diário a elevar é assegurado com um tempo de operação mais reduzido.

Quadro 7.1 – Características do sistema elevatório proposto.

Grandeza	Unidade	Valor
Características dos grupos eletrobomba		
Número de grupos em funcionamento	-	1
Número de grupos de reserva	-	1
Caudal a elevar	L/s	6.00
Altura manométrica (altura de elevação)	m	8.00
Potência mínima a instalar	kW	1.40
Características do poço de bombagem		
Volume mínimo do poço de bombagem	m ³	0.90
Características da conduta elevatória		
Comprimento	m	250
Material	-	PEAD
Diâmetro nominal	mm	90
Velocidade máxima	m/s	1.22

A planta e os cortes da estação elevatória podem ser consultados na Peça Desenhada EP-05, enquanto o perfil longitudinal da conduta elevatória se encontra representado na Peça Desenhada EP-06.

7.2 PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

7.2.1 DESCRIÇÃO GERAL

Conforme estabelecido previamente, prevê-se a implementação de duas Unidades Piloto de plataformas de evapotranspiração, geometricamente e funcionalmente idênticas, distinguindo-se apenas pela condição de impermeabilização do leito. A Unidade Piloto A será executada sem impermeabilização, permitindo a infiltração no solo, enquanto a Unidade Piloto B será

impermeabilizada, de forma a impedir perdas por infiltração e a avaliar o comportamento do sistema em condições distintas de confinamento hidráulico.

Na Unidade Piloto B, a impermeabilização do leito é assegurada por geomembrana de PEAD, com espessura não inferior a 2 mm, aplicada sobre geotêxtil de polipropileno (300 g/m²). O terreno de fundação deverá ser previamente regularizado e compactado, com remoção de elementos que possam perfurar o sistema. As uniões entre panos de geomembrana serão executadas por soldadura, prevendo-se a realização de controlo de qualidade das juntas (ensaios apropriados) para verificação da estanquicidade. A ancoragem da geomembrana será realizada no topo dos taludes, a pelo menos 1.0 m da crista, através de vala de amarração com dimensões típicas de 0.50 × 0.50 m. Para mitigação de erosão e melhoria da estabilidade superficial dos taludes, recomenda-se a instalação de coberto vegetal rasteiro nas zonas superiores.

Em ambas as Unidades Piloto, o leito é constituído por uma camada superficial de 0.20 m de terra vegetal, assente sobre uma camada de areão com espessura variável entre 1.30 m e 1.60 m, em função da inclinação prevista, perfazendo uma profundidade total compreendida entre cerca de 1.50 m e 1.80 m. Esta constituição visa assegurar condições adequadas ao desenvolvimento radicular, ao armazenamento temporário da água e à sua circulação no interior do leito.

A componente vegetal será constituída por um estrato arbóreo de salgueiros, contemplando três variedades, entre as quais o salgueiro-negro (*Salix atrocinerea*) ou equivalente, com compasso de plantação de aproximadamente 1.5 m.

O efluente final tratado na ETAR é encaminhado para as plataformas através do sistema elevatório anteriormente descrito e distribuído no interior de cada leito por meio de quatro tubagens perfuradas de distribuição, instaladas sensivelmente a 60 cm de profundidade. Cada tubagem assenta sobre uma camada de gravilha com dimensão característica da ordem dos 25 mm, destinada a favorecer a dispersão do caudal e a uniformidade da sua aplicação no leito.

A jusante de cada plataforma prevê-se a instalação de uma caixa de recolha final, ligada ao coletor de drenagem do leito, permitindo o esvaziamento controlado quando necessário e a verificação do funcionamento hidráulico.

7.2.2 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

As características geométricas e operacionais das plataformas de evapotranspiração encontram-se sintetizadas no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Características geométricas e parâmetros operacionais de cada Unidade Piloto.

Grandeza	Unidade	Valor
Número de plataformas de evapotranspiração	-	2
Comprimento	m	65
Largura	m	35
Área superficial bruta	m ²	2275
Área com cobertura vegetal	m ²	1975
Profundidade	m	1.5 a 1.8
Inclinação dos taludes	-	1:1
Potencial máximo de evapotranspiração	m ³ /dia	40

Na Peça Desenhada EP-07 podem ser observadas as plataformas de evapotranspiração em planta e os respectivos cortes.

8. EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS

8.1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Na estação elevatória serão instalados dois grupos eletrobomba submersíveis, próprios para águas residuais, funcionando em regime de 1+1 (um em serviço e um de reserva). Os equipamentos deverão ser dotados de motores estanques, rotor em curto-circuito e ligação à terra, bem como de impulsores do tipo N, auto-limpantes, adequados à elevação de efluentes com sólidos. O funcionamento dos grupos será alternado, de modo a assegurar uma utilização equilibrada de ambos os equipamentos. As bombas deverão permitir a passagem de sólidos com diâmetro igual ou superior a 80 mm.

Os grupos eletrobomba serão dimensionados para assegurar a elevação do caudal afluente nas condições de funcionamento previstas, considerando-se os seguintes valores de referência:

- caudal unitário: 6.0 L/s;
- altura manométrica correspondente: 8.0 m.c.a.;
- potência do motor (valor estimado): 1.4 kW.

Os grupos serão fornecidos com bases de assentamento, cabos elétricos especiais, guias e correntes de elevação.

As tubagens e acessórios de compressão dos grupos elevatórios, até à ligação à conduta elevatória, serão em aço inoxidável AISI 316, com uniões soldadas e/ou flangeadas. As válvulas de seccionamento serão do tipo cunha elástica de passagem integral, com corpo em ferro fundido dúctil, de modo a minimizar o risco de obturação. As válvulas de retenção serão do tipo bola, igualmente, com corpo em ferro fundido e revestimento adequado à aplicação prevista.

No poço de bombagem serão instaladas quatro sondas de nível do tipo bóia, ligadas ao quadro elétrico geral, destinadas à deteção dos níveis de segurança e de alarme. O comando operacional de arranque e paragem dos grupos elevatórios será, no entanto, efetuado a partir da caixa de repartição de caudal, localizada a jusante da estação elevatória, imediatamente antes das plataformas de evapotranspiração. Esta solução permite adequar o funcionamento da estação elevatória às condições de distribuição do caudal pelas plataformas, mantendo-se no poço de bombagem os níveis de segurança necessários para proteção dos equipamentos, nomeadamente para prevenção do funcionamento a seco e de galgamento.

8.2 LEITOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Os leitos de evapotranspiração serão dotados de equipamentos de monitorização e de órgãos hidráulicos destinados a assegurar o controlo da exploração e a avaliação do desempenho do sistema. A medição de caudal será efetuada nas tubagens a jusante de cada plataforma e permitirão o registo do caudal instantâneo, do caudal totalizado e do caudal diário totalizado.

As tubagens, acessórios e restantes órgãos a instalar nas câmaras das plataformas serão em aço inoxidável AISI 316, com uniões soldadas e/ou flangeadas. Em cada tubagem de descarga de fundo será instalada uma válvula de isolamento de acionamento manual, permitindo, quando necessário, a drenagem das águas residuais contidas em cada plataforma e o seu encaminhamento para a Ribeira do Carvalho.

Em cada leito serão ainda previstos 2 piezómetros, destinados ao controlo do comportamento hidráulico interno e à monitorização do nível da água no interior do meio de enchimento.

Será ainda previsto um furo de monitorização do meio freático, com cerca de 5 m de profundidade, destinado à recolha de água subterrânea e à avaliação de eventuais alterações na sua qualidade, designadamente no que respeita a possíveis situações de contaminação associadas ao funcionamento do sistema.

Para acompanhamento das condições atmosféricas com influência direta no desempenho das plataformas, será instalada uma estação meteorológica automática, compacta e autónoma, apta a medir, registar e armazenar as principais variáveis meteorológicas relevantes, nomeadamente precipitação, radiação solar, velocidade e direção do vento, humidade relativa e temperatura do ar. O equipamento deverá constituir uma solução completa, incluindo sensores, estrutura de suporte, *datalogger* e restantes acessórios, assegurando robustez, fiabilidade e reduzidas necessidades de manutenção.

9. ESTIMATIVA DE CUSTOS

A estimativa de custos de investimento foi elaborada ao nível de Estudo Prévio, correspondendo, por isso, a uma avaliação preliminar. A sua quantificação teve por base valores de referência obtidos a partir de projetos de natureza semelhante desenvolvidos em Portugal Continental. Os custos estimados encontram-se apresentados no Quadro 9.1, com discriminação das principais componentes, designadamente estaleiro e trabalhos gerais, construção civil, equipamentos e instalações elétricas.

Verifica-se que o investimento total estimado para a implementação da solução proposta ascende a cerca de 545 mil €, sendo a componente de construção civil a que representa a parcela mais significativa do investimento, com um custo estimado aproximado de 493 mil €, correspondente a cerca de 90 % do investimento total.

No âmbito da construção civil, destaca-se particularmente a execução dos leitos de evapotranspiração, que representam a principal componente da solução proposta, com um custo estimado da ordem dos 360 mil €. Os custos relativos ao equipamento eletromecânico ascendem a cerca de 28 mil €, incluindo o fornecimento e instalação dos equipamentos da estação elevatória, da estação meteorológica automática e dos dispositivos associados à medição de caudal. Por sua vez, as instalações elétricas, que incluem o quadro elétrico e os cabos associados, representam um investimento estimado de 5 mil €. Por fim, os encargos associados ao estaleiro e trabalhos gerais totalizam 18 mil €, incluindo a instalação do estaleiro de obra e a realização de trabalhos preliminares necessários à execução da intervenção.

Quadro 9.1 - Estimativa dos custos de investimento.

Designações	Custo
1 Estaleiro e trabalhos gerais	18 400 €
1.1 Estaleiro	16 400 €
1.2 Trabalhos preliminares	2 000 €
2 Construção civil	492 600 €
2.1 Acesso	4 000 €
2.2 Estação elevatória	27 500 €
2.3 Conduto elevatória e órgãos associados	37 500 €
2.4 Leitões de evapotranspiração	359 500 €
2.5 Membrana de impermeabilização	36 100 €
2.6 Tubagens de ligação entre órgãos	10 800 €
2.7 Câmara de repartição de caudal	4 100 €
2.8 Câmaras de recolha e medição de caudal	10 600 €
2.9 Sondas de meio freático	2 500 €
3 Equipamento eletromecânico	27 900 €
3.1 Estação elevatória	14 900 €
3.3 Estação meteorológica automática	7 500 €
3.4 Câmaras de medição de aual	5 500 €
4 Instalações elétricas	5 300 €
4.1 Quadro elétrico e cabos associados	5 300 €
TOTAL	544 200 €

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ETAR de Alcanena trata águas residuais com uma componente industrial muito significativa, particularmente associada ao setor dos curtumes, o que introduz exigências acrescidas ao sistema de tratamento, com implicações na sua estabilidade operacional e no cumprimento dos requisitos de descarga. Neste contexto, e face ao reforço das exigências legais e ambientais aplicáveis, com especial destaque para a nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas, a AQUANENA entendeu ser pertinente avaliar soluções complementares que permitissem reforçar o desempenho global da instalação, aumentando a sua robustez e a capacidade de resposta a variações de caudal e de carga poluente, com soluções inovadoras sustentáveis, que devem ser testadas no “campo”.

Neste enquadramento, o presente Estudo Prévio propõe a implementação de duas instalações piloto de média escala, baseadas em processos naturais, assentes em evapotranspiração, numa lógica de funcionamento tendencial de “*zero discharge*”. Para o efeito, prevê-se a construção de um sistema elevatório a jusante do tratamento existente, destinado ao encaminhamento do efluente tratado para duas plataformas de evapotranspiração plantadas com salgueiros, com uma área total da ordem de 0.5 ha.

Em períodos de maior pluviosidade, caso não seja possível assegurar a evapotranspiração da totalidade do afluente, encontra-se prevista a possibilidade de descarga controlada na Ribeira do Carvalho. Para acompanhamento do funcionamento das plataformas e avaliação do seu desempenho, prevê-se a instalação de uma estação meteorológica, bem como de equipamentos de medição de caudal e de nível de água.

A intervenção proposta tem como objetivo principal testar a viabilidade técnica, económica e ambiental deste tipo de sistema numa escala intermédia, constituindo uma etapa preparatória para uma eventual implementação de maior escala, na área envolvente à agora considerada. Entre os principais objetivos associados à sua concretização contam-se a redução total ou parcial da descarga de carga poluente na Ribeira do Carvalho, com auxílio da natureza, tendo como eventuais benefícios adicionais a melhoria do clima local (microclima), a valorização paisagística, e a produção de biomassa.

Em termos económicos, a intervenção proposta é estimada em cerca de 545 mil €, eventualmente a ser comparticipada com fundos nacionais ou europeus, no âmbito de apoio à inovação e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brix H., Arias C. (2011). Use of willows in evapotranspirative systems for onsite wastewater management – theory and experiences from Denmark. “STREPOW” International Workshop, February 23 - 24, 2011, Andrevlje-Novi Sad, Serbia.

Brix H., Gregersen P. (2001). Zero-discharge of nutrients and water in a willow dominated constructed wetland. Water Science and Technology, Vol 44, No 11–12, pp 407–412, IWA Publishing.

Ministério do Ambiente, 1994. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto.

ANEXOS

ANEXO 1 – LICENÇA DE REJEIÇÃO DA ETAR DE ALCANENA

CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



TUA

TÍTULO ÚNICO AMBIENTAL

O titular está obrigado a cumprir o disposto no presente título, bem como toda a legislação e regulamentos vigentes nas partes que lhes são aplicáveis.

O TUA compreende as decisões de licenciamento solicitadas através do presente pedido.

DADOS GERAIS

Nº TUA	TUA20230405001152
REQUERENTE	AQUANENA - Empresa Municipal de Águas e Saneamento, EM SA
Nº DE IDENTIFICAÇÃO FISCAL	515194212
ESTABELECIMENTO	ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais de Alcanena
CÓDIGO APA	APA00064568
LOCALIZAÇÃO	ETAR de Alcanena - Casal de Penhores
CAE	36002 - Distribuição de água
	37002 - Tratamento de águas residuais

CONTEÚDOS TUA



ENQUADRAMENTO



LOCALIZAÇÃO



EXPLORAÇÃO



OBRIGAÇÕES DE COMUNICAÇÃO


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



ENQUADRAMENTO

ENQ1 - SUMÁRIO

Sumário

Regime	Nº Processo	Indicador de enquadramento	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade	Eficácia	Sentido da decisão	Entidade Licenciadora
RH- Ocupações (1)- Rejeições (1)	PL20221111009951	Decreto-Lei n.º 226-A /2007, de 31 de maio	05-04-2023	05-04-2023	05-04-2025	Sim	Deferido	Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste
RH- Rejeições (1)	PL20250523005455	Decreto-Lei n.º 226-A /2007, de 31 de Maio, na sua redação atual	-	-	-	Sim	Deferido	Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste

Sumário - Utilizações

Código Utilização	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade
L076197.2025.RH5A.V1	30-06-2025	30-06-2025	30-06-2030

Outras decisões

Regime	Nº Processo	Indicador de enquadramento	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade	Eficácia	Sentido da decisão	Entidade Licenciadora
Sem dados.								

Outras decisões - Utilizações

Código Utilização	Data de Emissão	Data de Entrada em Vigor	Data de Validade
Sem dados.			

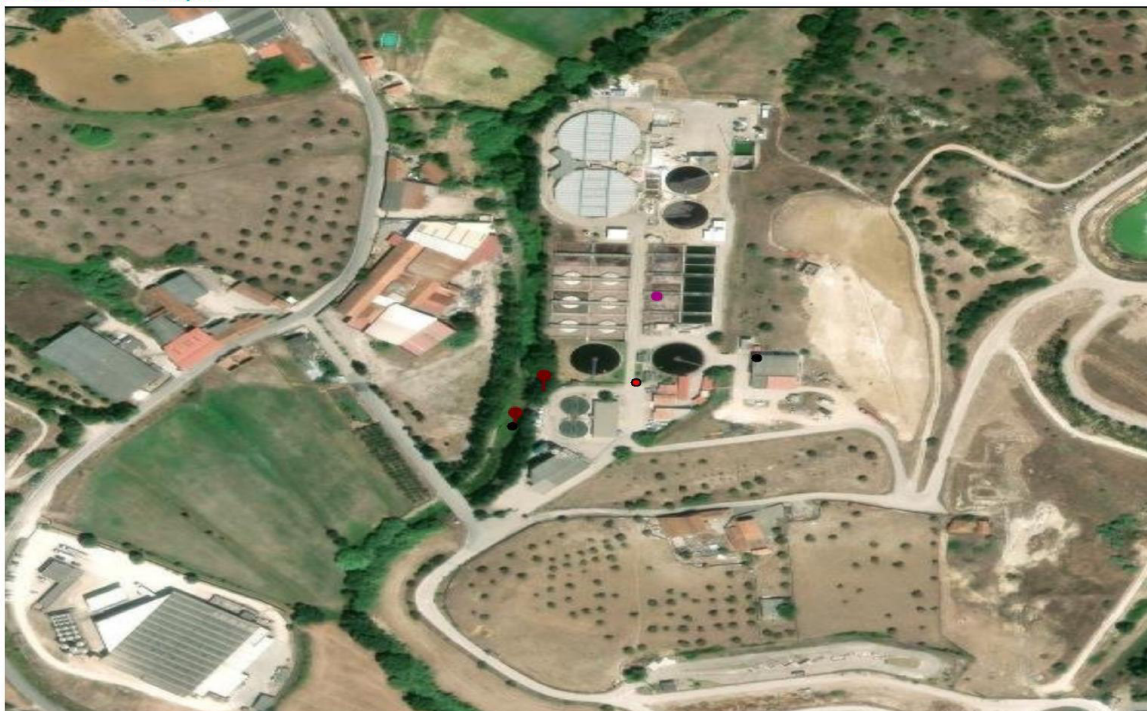
CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "<https://siliamb.apambiente.pt>" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



LOCALIZAÇÃO

LOC1.1 - Mapa



EXPLORAÇÃO

EXP8 - RH

EXP8.3 - Rejeição de águas residuais

EXP8.3.3 - Localização


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Longitude	Latitude	Margem/Plano de Água	Massa de Água	Classificação da Massa de Água
T000140	L076197.2025. RHSA.V1	-8,669173	39,447298	Margem esquerda	PT05TEJ0970 :: Rio Alviela	Razoável
T000003	L006844.2021. RHSA.V1	-8,669018	39,447555	Margem esquerda	PT05TEJ0970 :: Rio Alviela	Mau

EXP8.3.5 - Caracterização Geral - ETAR Urbana/Doméstica

Código	Código Utilização	Longitude	Latitude	Designação	Ano de arranque	População servida à data do pedido (e.p.)	Ano horizonte de projeto	População servida no ano horizonte de projeto (e.p.)	Nível de tratamento implementado	Esquema de tratamento	Caudal máximo de descarga
T000004	L006844.2021. RHSA.V1	-8,667835	39,44771	ETAR Alcanena	1988	400 000	2028	400 000	Secundário	Fase Líquida: Obra de entrada com gradagem e tamisagem para remoção de sólidos, desarenação e desengorramento, equalização e homogeneização em dois tanques para tratamento de águas residuais industriais, com capacidade para 5000 m3 (cada) que permitem a oxidação dos sulfuretos existentes nas águas, tratamento químico, tratamento biológico (arejamento e lamas ativadas) e decantação. Fase sólida: espessamento, desidratação em filtros banda e estabilização.	10 000 m3/dia



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Longitude	Latitude	Designação	Ano de arranque	População servida à data do pedido (e.p.)	Ano horizonte de projeto	População servida no ano horizonte de projeto (e.p.)	Nível de tratamento implementado	Esquema de tratamento	Caudal máximo de descarga
										ção de lamas.	
										Fase Líquida: Obra de entrada com elevação por parafusos de Arquimedes, pré tratamento de sulfatos, gradagem e tamisagem para remoção de sólidos, desarenação e desengorçamento, equalização e homogeneização em dois tanques para tratamento de águas residuais industriais, com capacidade de 5000 m3 cada. Tratamento químico, decantação primária seguida de tratamento biológico (arejamento e lamas ativadas) com recirculação e decantação secundária, seguida de filtração. Fase sólida: Espessamento e desidratação mecânica por filtros prensa e estabilização.	
T000141	L076197.2025. RH5A.V1	-8,669192	39,447237	ETAR Alcanena	1988	400 000	2030	400 000	Mais avançado que o secundário		10 000 m3/dia

EXP8.3.7 - Caracterização - Rejeição de águas residuais


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Designação do ponto de rejeição	Meio receptor	Denominação do meio receptor	Sistema de descarga	Volume anual descarregado (m3)
T000016	L006844.2021. RH5A.V1	ETAR Alcanena	Ribeira	Ribeira do Carvalho	Coletor com obra de proteção (boca de lobo)	3 650 000
T000142	L076197.2025. RH5A.V1	ETAR Alcanena	Ribeira	Ribeira do Carvalho	Coletor com obra de proteção (boca de lobo)	3 650 000

EXP8.3.8 - Características do Afluente Bruto

Código	Código Utilização	Volume médio mensal (m3)	CBO5 (mg/L O2)	CQO (mg/L O2)	N (mg/L N)	P (mg/L P)
T000144	L076197.2025. RH5A.V1	304 166,667	2 600	5 500	480	160
T000017	L006844.2021. RH5A.V1	304 166,667	2 600	5 500	480	160

EXP8.3.11 - Caracterização - Rejeição de águas residuais - Origem das águas residuais

Código	Código Utilização	Tipo	Origens	Instalação de Tratamento
T000005	L006844.2021. RH5A.V1	Urbanas		ETAR Alcanena
T000143	L076197.2025. RH5A.V1	Urbanas		ETAR Alcanena

EXP8.3.12 - Condições de Rejeição no ano de arranque

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000018	L006844.2021. RH5A.V1	pH (Escala de Sørensen)		6 a 9		(a)	(5)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição. Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% min. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000019	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		25		(b)	(3)	para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000020	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (mg/L O2)		125		(b)	(3)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000021	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		35		(b)	(3)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000022	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		10		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000023	L006844.2021. RH5A.V1	Alumínio (mg/L Al)		10		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000024	L006844.2021. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		2		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
								Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000025	L006844.2021. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.
T000026	L006844.2021. RH5A.V1	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)		2		(a)	(1)	Durante um ano, a contar da data de emissão da presente Licença. Prazo para implementação das medidas para atingir os Valores Limite de Emissão (VLE) da tabela EXP8. 3.13 - Condições de Rejeição.

EXP8.3.13 - Condições de Rejeição

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% mín. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000027	L006844.2021. RH5A.V1	pH (Escala de Sørensen)		6 a 9		(a)	(5)	
T000029	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		20		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000031	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O2)		125		(b)	(3)	
T000033	L006844.2021. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período de estiagem) (mg/L O2)		120		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000035	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)		35		(b)	(3)	
T000037	L006844.2021. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período de estiagem) (mg/L)		28		(b)	(3)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000039	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto total (mg/L N)		15		(a)	(4)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000041	L006844.2021. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		8		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000045	L006844.2021. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		1.6		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000043	L006844.2021. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		1.6		(a)	(4)	VLE a cumprir a partir de 05/04 /2024
T000049	L006844.2021. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% min. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000047	L006844.2021. RH5A.V1	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)		2		(a)	(1)	
T000051	L006844.2021. RH5A.V1	Alumínio (mg/L Al)		10		(a)	(1)	
T000053	L006844.2021. RH5A.V1	Escherichia coli (ufc/100 mL)		2000		(b)	(2)	Descarga em Zona Sensível (Decreto-Lei nº 77/2021 de 27 de agosto e Portaria n.º 188 /2021 de 8 de setembro). VLE a cumprir a partir de 05/04/2024.
T000147	L076197.2025. RH5A.V1	pH (Escala de Sørensen)		6 a 9		(a)	(5)	
T000149	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)		20		(a)	(3)	
T000151	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (mg/L O2)		125		(a)	(3)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000153	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O2)		125		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000155	L076197.2025. RH5A.V1	Carência Química de Oxigénio (período de estiagem) (mg/L O2)		120		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000159	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)		35		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000157	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		35		(a)	(3)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000161	L076197.2025. RH5A.V1	Sólidos Suspensos Totais (período de estiagem) (mg/L)		28		(a)	(3)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000163	L076197.2025. RH5A.V1	Azoto amoniacal (mg/L NH4)		8		(a)	(1)	
T000165	L076197.2025. RH5A.V1	Crómio total (mg /L Cr)		1.6		(a)	(1)	
T000167	L076197.2025. RH5A.V1	Sulfuretos (mg/L S)		1		(a)	(1)	
T000169	L076197.2025. RH5A.V1	Azoto total (mg/L N)		15		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
T000171	L076197.2025. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		3		(a)	(1)	VLE a cumprir até 31 de dezembro de 2026.
T000173	L076197.2025. RH5A.V1	Fósforo total (mg /L P)		1.6		(a)	(1)	VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.
								Descarga em Zona Sensível (Decreto-Lei nº 77/2021 de 27 de agosto e


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Parâmetro	VLE (% min. redução)	VLE	Carga máx. admissível (kg /dia)	Legislação aplicável	Avaliação da conformidade	Observações
T000174	L076197.2025. RH5A.V1	Escherichia coli (NMP/100 mL)		2000		(a)	(2)	Portaria n.º 188 /2021 de 8 de setembro). VLE a cumprir a partir de 1 de janeiro de 2027.

EXP8.3.14 - Legislação aplicável

Código	Código Utilização	Legislação aplicável
T000007	L006844.2021. RH5A.V1	(a) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual.
T000008	L006844.2021. RH5A.V1	(b) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, conjugada com o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de maio; Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho; Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro; Decreto-Lei nº 133/2015, de 13 de julho e Decreto-Lei nº 77/2021, de 27 de agosto.
T000188	L076197.2025. RH5A.V1	(a) Abordagem combinada de acordo com o estabelecido no artigo 53.º da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, conjugada com o Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho com as alterações introduzidas pelos Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de maio; Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de junho; Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro; Decreto-Lei nº 133/2015, de 13 de julho e Decreto-Lei nº 77/2021, de 27 de agosto.

EXP8.3.15 - Avaliação de conformidade

Código	Código Utilização	Avaliação da conformidade
T000010	L076197.2025. RH5A.V1	(1) Considera-se que as águas residuais tratadas estão conformes com os parâmetros estabelecidos se, para cada um dos parâmetros aplicáveis, individualmente considerados, as amostras revelarem que as águas obedecem à norma de qualidade descrita nesta licença, nos seguintes termos: a) Nenhuma amostra excede o valor paramétrico em mais de 100%; e b) O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3 do Anexo I do Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.
T000011	L076197.2025. RH5A.V1	(2) Para os parâmetros microbiológicos, o valor máximo observado, em amostras não conformes, durante o ano em análise não ultrapassa uma ordem de grandeza do valor limite que lhe corresponde nos casos em que o VLE seja igual ou superior a 1000 ufc/100mL ou NMP/100mL. Nas situações em que o VLE é inferior a 1000 ufc/100mL ou NMP/100mL, o valor máximo observado não ultrapassa o dobro do VLE que lhe corresponde. O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3, do Anexo I, do Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.
T000012	L076197.2025. RH5A.V1	(3) A verificação da conformidade dos parâmetros CBO5, CQO e SST com Valor Limite de Emissão (VLE) estabelecido de acordo com Decreto-Lei nº 152 /97, de 19 de junho, na sua redação atual, é realizada de acordo com o definido na alínea D) do Anexo I do mesmo diploma.
T000013	L006844.2021. RH5A.V1	(4) A verificação da conformidade dos parâmetros N e P com Valor Limite de Emissão (VLE) estabelecido de acordo com Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual, é realizada de acordo com o definido na alínea D) do Anexo I do mesmo diploma.
T000014	L076197.2025. RH5A.V1	(5) Considera-se que as águas residuais tratadas estão conformes para o parâmetro pH, se as amostras revelarem que as águas obedecem à norma de qualidade descrita nesta licença, nos seguintes termos: a) Nenhuma amostra poderá se encontrar fora do intervalo 5,0 -10,0; e b) O número máximo anual de amostras não conformes será obtido através de relação estatística similar à aplicável às águas residuais urbanas, descrita no quadro n.º 3 do Anexo I do Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual.

EXP8.3.16 - Programa de autocontrolo


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000028	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	
T000030	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000032	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (período húmido) (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000034	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (período de estiagem) (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000036	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (período húmido) (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000038	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (período de estiagem) (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000040	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Azoto total (mg/L N)	Quinzenal	Composta (i)	
T000042	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Azoto amoniacal (mg/L NH ₄)	Quinzenal	Composta (i)	
T000044	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Fósforo total (mg/L P)	Quinzenal	Composta (i)	
T000046	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Crómio total (mg/L Cr)	Quinzenal	Composta (i)	
T000048	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Detergentes (sulfato de lauril e sódio) (mg/L)	Quinzenal	Pontual	
T000050	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Sulfuretos (mg/L S)	Quinzenal	Composta (i)	
T000052	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Alumínio (mg/L Al)	Quinzenal	Composta (i)	
T000054	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Escherichia coli (ufc/100 mL)	Quinzenal	Pontual	
T000055	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Níquel total (mg/L Ni)	Semestral	Composta (i)	
T000056	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Zinco (mg/L Zn)	Semestral	Composta (i)	
T000057	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Arsénio total (mg/L As)	Semestral	Composta (i)	
T000058	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cádmio total (mg/L Cd)	Semestral	Composta (i)	
T000059	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Chumbo total (mg/L Pb)	Semestral	Composta (i)	
T000060	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cianetos totais (mg/L CN)	Semestral	Composta (i)	
T000061	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Cobre total (mg/L Cu)	Semestral	Composta (i)	
T000062	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Mercúrio total (mg/L Hg)	Semestral	Composta (i)	
T000063	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000064	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Ftalato de di-(2-etil-hexilo) (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000065	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Octilfenóis e octilfenóis etoxilatos (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000094	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Carbono Orgânico Total (mg/L C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000093	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000095	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Temperatura (°C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000096	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Condutividade elétrica a 20° (µS/cm)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000097	L006844.2021. RH5A.V1	Saída	Caudal (m3/dia)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000148	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	
T000189	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	pH (Escala de Sørensen)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000152	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carência Química de Oxigénio (mg/L O2)	Quinzenal	Composta (i)	
T000150	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)	Quinzenal	Composta (i)	
T000158	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000170	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Azoto total (mg/L N)	Quinzenal	Composta (i)	
T000172	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Fósforo total (mg/L P)	Quinzenal	Composta (i)	
T000164	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Azoto amoniacal (mg/L NH4)	Quinzenal	Composta (i)	
T000166	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Crómio total (mg/L Cr)	Quinzenal	Composta (i)	
T000168	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Sulfuretos (mg/L S)	Quinzenal	Composta (i)	
T000191	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Temperatura (°C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000192	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Condutividade elétrica a 20° (µS/cm)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000190	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Carbono Orgânico Total (mg/L C)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000193	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Caudal (m3/dia)	A cada 15 min	Em contínuo	
T000175	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Escherichia coli (NMP/100 mL)	Quinzenal	Pontual	
T000098	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local de amostragem	Parâmetro	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem	Observações
T000099	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000100	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000101	L006844.2021. RH5A.V1	Entrada	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000195	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	pH (Escala de Sørensen)	Quinzenal	Composta (i)	
T000196	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000197	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Carência Química de Oxigénio (mg/L O ₂)	Quinzenal	Composta (i)	
T000198	L076197.2025. RH5A.V1	Entrada	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Quinzenal	Composta (i)	
T000199	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Níquel total (mg/L Ni)	Semestral	Composta (i)	
T000200	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Zinco (mg/L Zn)	Semestral	Composta (i)	
T000201	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Arsénio total (mg/L As)	Semestral	Composta (i)	
T000202	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cádmio total (mg/L Cd)	Semestral	Composta (i)	
T000203	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Chumbo total (mg/L Pb)	Semestral	Composta (i)	
T000204	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cianetos totais (mg/L CN)	Semestral	Composta (i)	
T000206	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Cobre total (mg/L Cu)	Semestral	Composta (i)	
T000207	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Mercúrio total (mg/L Hg)	Semestral	Composta (i)	
T000208	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000209	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Fluato de di-(2-etil-hexilo) (µg/L)	Semestral	Composta (i)	
T000210	L076197.2025. RH5A.V1	Saída	Octilfenóis e octilfenóis etoxilados (µg/L)	Semestral	Composta (i)	

- 1 Amostragem composta recolhida durante um período de 24 horas: (i) com intervalos máximos de 1 hora; (ii) com intervalos máximos de 4 horas; (iii) cobrindo no mínimo três períodos diários distintos entre as 7 e as 21 horas; (iv) representativa de um dia normal de laboração.

EXP8.3.17 - Programa de Monitorização do Meio Recetor


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Local	Longitude	Latitude	Parâmetro	Frequência de amostragem	Observações
T000066	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			pH (Escala de Sørensen)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000067	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Oxigénio dissolvido (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000068	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Taxa de saturação em oxigénio (%)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000069	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000070	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/L O2)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000071	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Fósforo total (mg/L P)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000072	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Temperatura (°C)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)
T000073	L006844.2021. RH5A.V1	P1 e P2			Azoto total (mg/L N)	Mensal	P1 - montante do ponto de descarga (Longitude: -8,66865 Latitude: 39,44976); P2 - jusante do ponto de descarga (Longitude: -8,66964 Latitude: 39,44664)

EXP8.3.19 - Condições Gerais

Código	Código Utilização	Condição
T000074	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Em caso de incumprimento da presente licença, o titular fica sujeito às sanções previstas no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, aceda a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

T000075	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A matéria tributável da componente E é determinada com base no Programa de autocontrolo a implementar.
T000076	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As despesas com vistorias extraordinárias inerentes à emissão desta licença, ou as que resultarem de reclamações justificadas, serão suportadas pelo seu titular.
T000077	L006844.2021.RH5A.V1	O titular pode, caso se mantenham as condições que determinaram a sua atribuição, solicitar a renovação desta licença, no prazo de 6 meses antes do seu termo.
T000078	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença só poderá ser transmitida mediante autorização da entidade licenciadora de acordo com o disposto no artigo 26.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000079	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Para efeitos de fiscalização ou inspeção, o titular fica obrigado a facultar, às Entidades Competentes, esta licença, bem como o acesso à área, construções e equipamentos a ela associados e aos registos detalhados do controlo da operação do sistema de tratamento.
T000080	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular fica obrigado a informar a Entidade Licenciadora, no prazo máximo de 24 horas, de qualquer acidente ou anomalia ocorrido nas instalações que afete o cumprimento das condições indicadas nesta licença bem como das medidas já implementadas e/ou previstas para correção da situação.
T000081	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença só poderá ser transacionada e temporariamente cedida mediante autorização da Entidade Licenciadora de acordo com o disposto no artigo 27.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000082	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A licença caduca nas condições previstas no presente título e no artigo 33.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000083	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular fica sujeito, de acordo com o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual, ao pagamento da Taxa de Recursos Hídricos (TRH) calculada de acordo com a seguinte fórmula: $TRH = E + O$, em que E – descarga de efluentes e O – ocupação do domínio público hídrico do Estado, se aplicável.
T000084	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A presente licença pode ser revista ou revogada nos casos previstos nos artigos 28.º e 32.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
T000085	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a cumprir o disposto na presente licença, em todas as leis e regulamentos vigentes, na parte em que lhe for aplicável, bem como outras normas ou regulamentos que venham a ser posteriormente aprovados e a entrar em vigor, quer as suas disposições se harmonizem ou não com os direitos e obrigações que à presente licença sejam aplicáveis.
T000086	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sem prejuízo das sanções aplicáveis, sempre que o registo atualizado dos valores do autocontrolo não seja entregue com a periodicidade definida na Licença, a componente E será calculada tendo por base as características do efluente bruto estabelecidas no projeto de execução da ETAR ou incluídas na presente licença.
T000087	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As vistorias que sejam realizadas pela Entidade Licenciadora na sequência dos episódios abrangidos no ponto que antecede são suportadas pelo utilizador.
T000088	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O pagamento da taxa de recursos hídricos devida é efetuado no ano seguinte àquele a que a taxa respeite até ao termo disposto na Nota de Liquidação respetiva e deve ser feito de acordo com o previsto no número 4 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual.
T000089	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A falta de pagamento atempado fica sujeito a juros de mora à taxa legal em vigor, conforme dispõe o número 5 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, na sua redação atual.
T000090	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A rejeição de águas residuais será exclusivamente realizada no local e nas condições indicadas nesta licença, não estando autorizadas quaisquer outras descargas de efluentes, e não podendo o objeto da presente licença ser alterado sem prévia autorização da Entidade Licenciadora.
T000091	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular deverá respeitar todas as leis e regulamentos aplicáveis e munir-se de quaisquer outras autorizações, licenças e registos legalmente exigíveis.
T000092	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A Entidade Licenciadora reserva-se o direito de restringir excecionalmente o regime de utilização dos recursos hídricos agora atribuído, nomeadamente na decorrência de secas, cheias e acidentes, nos termos da presente licença e no regime legal aplicável.

EXP8.3.20 - Condições Específicas

Código	Código Utilização	Condição
T000102	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar as medidas de prevenção de acidentes e de emergência descritas no projeto.
	L006844.2021.RH5A.V1	


CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Condição
T000103	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a garantir que os órgãos de tratamento são completamente estanques.
T000104	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Impende sobre o titular desta licença a responsabilidade de verificar o cumprimento das normas constantes na autorização de descarga supra mencionada.
T000105	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a observar todos os preceitos legais no que concerne a segurança, gestão de resíduos e conservação da natureza e também a legislação e os regulamentos específicos das atividades complementares que simultaneamente venham a ser desenvolvidas no local.
T000106	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter o sistema de tratamento adotado em bom estado de funcionamento e conservação.
T000107	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter um registo atualizado dos valores do autocontrolo, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000108	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar o programa de autocontrolo descrito neste título e a enviar à Entidade Licenciadora os dados obtidos com o formato e periodicidade definidos no mesmo.
T000116	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Qualquer descarga de águas residuais urbanas e/ou industriais, bem como de outras atividades económicas ou serviços, nas redes de drenagem ou diretamente na ETAR, só poderá ocorrer mediante autorização do titular da presente licença e ficará sujeita às disposições constantes dessa autorização não podendo, em qualquer caso, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença. Qualquer nova situação desta natureza deverá ser comunicada à Entidade Licenciadora.
T000109	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que forem autorizadas descargas de águas residuais de indústrias localizadas fora da malha urbana, a autorização de descarga, prevista na cláusula anterior, fica sujeita à aprovação da Entidade Licenciadora.
T000113	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A ligação, às redes de drenagem da ETAR geridas pelo titular desta licença, das águas residuais de atividades económicas ou serviços localizados dentro da malha urbana ou diretamente na ETAR que produzam ou utilizem substâncias classificadas como poluentes específicos e/ou substâncias prioritárias/perigosas prioritárias para os meios aquáticos ou que sejam suscetíveis de comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença, nos termos do regulamento previsto no artigo 9º, do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações introduzidas pelos Decretos-Leis n.ºs 348/98, de 9 de novembro, e 149/2004, de 22 de junho e 198/2008, de 8 de outubro, deve ser encarada com precaução, não podendo, em quaisquer circunstâncias, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença.
T000110	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular da licença deve respeitar as condições de descarga indicadas neste título, não podendo efetuar qualquer operação deliberada de diluição das águas residuais. A avaliação de conformidade é determinada com base nos parâmetros definidos e de acordo com o mencionado neste título.
T000111	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que se verifique a necessidade de proceder a uma rejeição de emergência da(s) Estação(ões) Elevatória(s), o titular deverá de imediato tomar todas as medidas com vista a minimizar os efeitos daí decorrentes e comunicar a ocorrência à Entidade Licenciadora num prazo máximo de 24 horas seguintes à mesma.
T000112	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Fazem parte integrante do presente título todos os anexos autenticados que o acompanham.
T000114	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As condições de descarga poderão vir a ser alteradas em função dos resultados do autocontrolo e da evolução da qualidade do meio recetor ou de outras restrições de utilização local que o justifiquem.
T000115	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Qualquer alteração no funcionamento do sistema de produção e/ou de tratamento, mesmo que não prejudique as condições impostas nesta licença, deve ser comunicada à Entidade Licenciadora no prazo máximo de cinco dias.
T000117	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	A descarga das águas residuais na água não deve provocar alteração da sua qualidade, nem colocar em risco os seus usos, sendo efetuada de modo a não prejudicar o escoamento natural da corrente e a não contribuir para o aumento dos riscos de erosão no local, ficando o titular responsável pela tomada das medidas consideradas necessárias para a correção das situações que possam ocorrer.
T000118	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter um registo atualizado dos dados provenientes do programa de monitorização do meio recetor, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000119	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a implementar o programa de monitorização do meio recetor descrito neste título e a enviar à Entidade Licenciadora os dados obtidos com o formato e periodicidade definidos no mesmo.
T000120	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a efetuar as ações de manutenção, preventivas e corretivas, necessárias ao bom funcionamento da ETAR, incluindo a limpeza dos respetivos órgãos de tratamento devendo guardar os registos detalhados da sua realização, com indicação do destino final das lamas ou outros resíduos produzidos, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das Entidades Competentes.
T000121	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular assume a responsabilidade pela eficiência e eficácia dos processos de tratamento e dos procedimentos a adotar com vista a minimizar os efeitos decorrentes da rejeição de águas residuais e a cumprir os objetivos de qualidade definidos para a massa de água recetora.
T000122	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1 RH	O titular obriga-se a manter um dossier organizado contendo as Fichas de Dados de Segurança de todas as substâncias e/ou preparações perigosas utilizadas, devidamente redigidas em língua portuguesa.

EXP8.3.21 - Outras Condições



CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.

Código	Código Utilização	Condição
T000123	L006844.2021.RH5A.V1 RH	No prazo máximo de 30 dias após a data de atribuição do presente título, deverá ser apresentada uma apólice de seguro ou prestada uma caução no valor de 150 000 € (cento e cinquenta mil euros) a favor da entidade licenciadora, para recuperação ambiental, de acordo e nos termos previstos no número 2 do artigo 49º e alínea A) do Anexo I do Decreto-Lei n.º 228-A/2007, de 31 de maio, que garante o pagamento de indemnizações por eventuais danos causados por erros ou omissões do projeto relativamente à drenagem e tratamento de efluentes ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares a ele aplicáveis (minutas disponíveis no sítio da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. na internet em www.apambiente.pt – Instrumentos - Licenciamento das utilizações dos recursos hídricos - Formulários).
T000124	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a enviar à Entidade Licenciadora o registo dos caudais mensais relativos ao afluente bruto e efluente rejeitado. Esta informação deverá ser comunicada juntamente com o autocontrolo, via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000125	L006844.2021.RH5A.V1	Os relatórios de autocontrolo, a enviar à Entidade Licenciadora, deverão incluir a identificação de qualquer alteração nas condições de entrada de efluente, avarias nos equipamentos, ou outras situações que alterem o normal funcionamento da ETAR. Quando se verificar a ocorrência de algum incumprimento deverão ser apresentadas as correspondentes medidas corretivas e preventivas. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000126	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se para o corrente ano civil, a enviar a calendarização prevista para a recolha de amostras de autocontrolo na ETAR, num prazo de 15 dias a contar da data da emissão do presente título; para cada ano civil, a enviar a calendarização prevista até ao dia 15 de Dezembro do ano anterior; caso a programação prevista seja alterada, a enviar a nova calendarização, com uma antecedência mínima de 15 dias. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, via mensagem associada a esta licença.
T000127	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Para efeitos de fiscalização ou inspeção poderão ser recolhidas amostras pontuais e/ou compostas, para avaliação da respetiva conformidade com os valores limites de emissão (VLE) expressos em unidades de concentração (massa por volume). No caso das amostras pontuais os VLE acrescem em 50% para os parâmetros com VLE definido no TURH para amostra composta.
T000128	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	Sempre que se registarem caudais efluentes do sistema de tratamento superiores ao caudal de dimensionamento da ETAR em ano de horizonte do projeto, deverá prestar os devidos esclarecimentos, no final de cada semestre, tendo presente a necessidade de rigorosa justificação de que tais acréscimos de caudal tratado não põem em causa a eficiência do sistema de tratamento. Esta informação deverá ser comunicada via SILIAmb, por mensagem associada a esta licença.
T000129	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a reportar à Entidade Licenciadora, os volumes descarregados em situações de by-pass (na ETAR e também nas instalações elevatórias associadas), assim como a indicação do período de ocorrência.
T000130	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a apresentar um relatório síntese, trimestralmente, a partir do início de vigência da presente licença, a entregar até ao 15º dia do mês seguinte, com a demonstração do desempenho da instalação, evidenciando a melhoria da eficiência de tratamento da ETAR, face às medidas /intervenções implementadas. No relatório deverá, ainda, constar um cronograma com as medidas implementadas e a implementar.
T000131	L006844.2021.RH5A.V1	O titular obriga-se a desenvolver um programa de medidas de prevenção de acidentes e de emergência com vista à proteção do meio recetor e apresentar o mesmo à Entidade Licenciadora, no prazo máximo de três meses, após a emissão da presente licença. O programa terá de contemplar a existência de órgão de retenção para águas residuais indevidamente tratadas, com uma capacidade mínima de 10 (dez) horas, para fazer face a situações de avaria ou de acidente. O referido programa deve também descrever o procedimento de atuação quando se atinja o volume máximo do referido órgão de retenção, garantindo a implementação de um registo automático contínuo dos níveis do seu enchimento, com o armazenamento dos dados históricos a disponibilizar à Entidade Licenciadora.
T000132	L006844.2021.RH5A.V1	Os órgãos de retenção só podem ser utilizados em situação de emergência e/ou acidentes e desde que comunicados à Entidade Licenciadora.
T000133	L006844.2021.RH5A.V1	As condições de período de estiagem e de período húmido aplicam-se anualmente, no período de 1 de maio a 31 de outubro e no período de 1 de novembro a 30 de abril, respetivamente.
T000134	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a manter a área envolvente à descarga, em boas condições de funcionamento hidráulico, pelo que fica desde já autorizado a proceder a medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica, nomeadamente à limpeza e remoção dos sedimentos depositados no interior da linha de água, bem como a eliminar os elementos vegetais implantados no leito e margens maciços de silvas (<i>Rubus ulmifolius</i>) e de canas (<i>Arundo donax</i>).
T000135	L006844.2021.RH5A.V1 L076197.2025.RH5A.V1	As determinações analíticas conducentes à verificação do cumprimento do programa de autocontrolo devem ser preferencialmente realizadas por laboratórios acreditados para o efeito, devendo, nos restantes casos, ser realizadas por laboratórios que mantenham um sistema de controlo de qualidade analítica devidamente documentado e atualizado, à semelhança das orientações descritas na Diretiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho. Os boletins analíticos terão de vir acompanhados da indicação dos limites de deteção, de quantificação e da incerteza. Os procedimentos de amostragem deverão ser efetuados aplicando boas práticas internacionais de laboratório a fim de reduzir ao mínimo a degradação das amostras entre a colheita e a análise.
T000213	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a enviar à Entidade Licenciadora o registo dos caudais mensais relativos ao efluente rejeitado. Esta informação deverá ser comunicada juntamente com o autocontrolo, via SILIAmb, na área de Autocontrolo.
T000214	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se para o corrente ano civil, a enviar a calendarização prevista para a recolha de amostras de autocontrolo na ETAR, num prazo de 15 dias a contar da data da emissão do presente título; para cada ano civil, a enviar a calendarização prevista até ao dia 15 de dezembro do ano anterior; caso a programação prevista seja alterada, a enviar a nova calendarização, com uma antecedência mínima de 24h da nova data.
T000215	L076197.2025.RH5A.V1	O titular obriga-se a apresentar um relatório síntese, trimestralmente, a partir do início de vigência da presente licença, a entregar até ao 15º dia do mês seguinte, com a demonstração do desempenho da instalação, evidenciando a melhoria da eficiência de tratamento da ETAR, face às medidas /intervenções implementadas. No relatório deverá, ainda, constar um cronograma com as medidas implementadas e a implementar.
T000218	L076197.2025.RH5A.V1	Os órgãos de retenção só podem ser utilizados em situação de emergência e/ou acidentes e desde que comunicados à Entidade Licenciadora.
T000219	L076197.2025.RH5A.V1	As condições de período de estiagem e de período húmido aplicam-se anualmente, no período de 1 de maio a 31 de outubro e no período de 1 de novembro a 30 de abril, respetivamente.


 CÓDIGO DOCUMENTO: D20250915011855
 CÓDIGO VERIFICAÇÃO: a1cf-87c4-8bc5-f7d0

Para realizar a validação do documento e comprovar que o documento apresentado corresponde ao TUA, acesse a "https://siliamb.apambiente.pt" e no link "Validar Título Único Ambiental", indique o código do documento e de verificação apresentados.



OBRIGAÇÕES DE COMUNICAÇÃO

OCom1 - Comunicações a efetuar à Administração

Código	Tipo de informação /Parâmetros	Formato de reporte	Periodicidade de comunicação	Data de reporte	Entidade
T000136	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora, através do SILiAmb (módulo Licenciamento Único de Ambiente > Autocontrolo RH), os dados provenientes do programa de autocontrolo estabelecido na licença, assim como os respetivos boletins analíticos.	Módulo Autocontrolo	Mensal		APA/ARHTO
T000137	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora os resultados em contínuo e a cada 15 minutos através de ligação ao servidor da APA, de acordo com o estabelecido no protocolo de comunicação em anexo. Na falta desta ligação estes resultados devem ser enviados semanalmente em ficheiro com o formato excel para o endereço de email arht. geral@apambiente.pt.	Ligação ao servidor da APA - em contínuo	Em contínuo		APA/ARHTO
T000138	O titular obriga-se a comunicar à Entidade Licenciadora, os resultados do programa de monitorização no meio recetor, através de ficheiro com o formato excel para o endereço de email arht. geral@apambiente.pt, com referência em assunto "Autocontrolo_ Licença_XX"	Ficheiro excel para arht. geral@apambiente.pt	Trimestral		APA/ARHTO