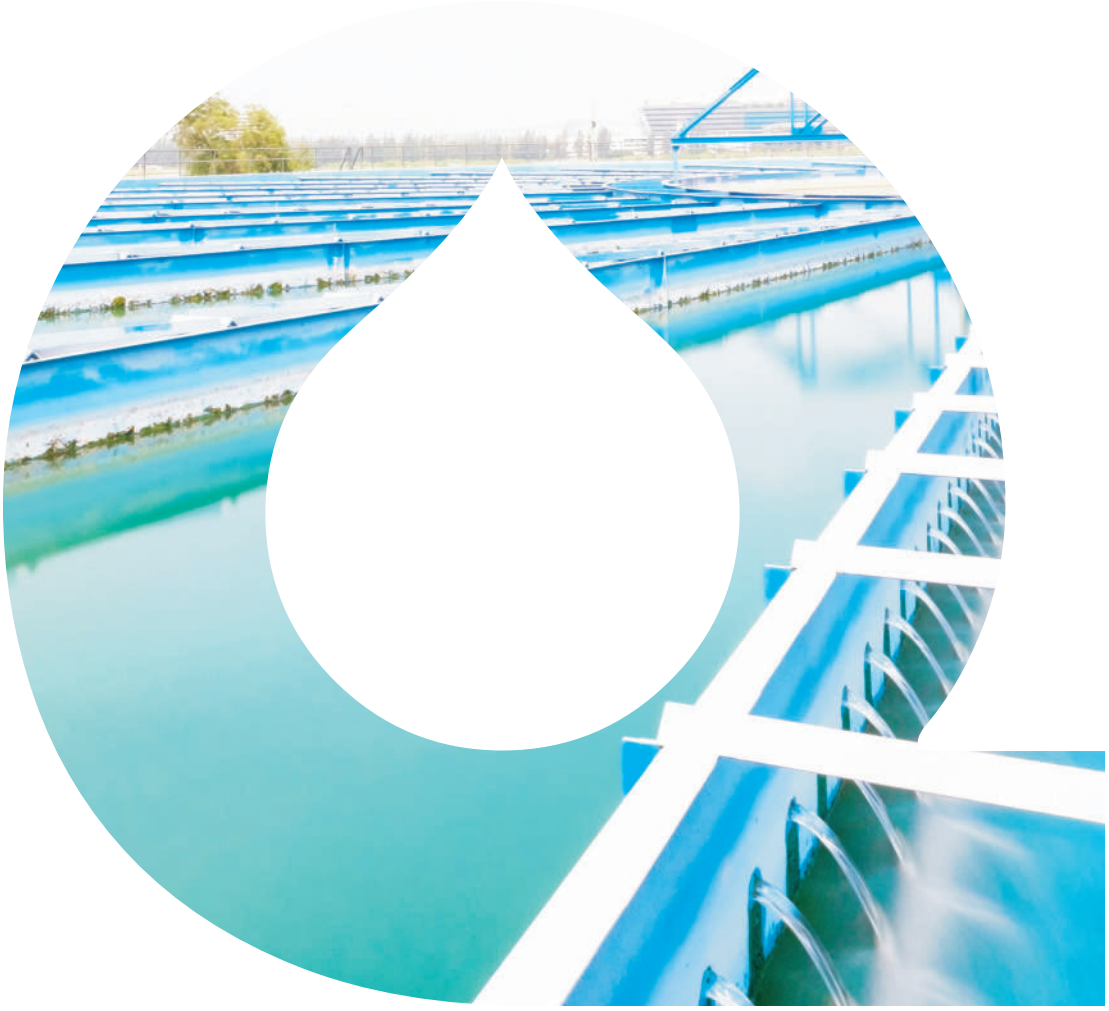
Interreg España - Portugal
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
UNIÓN EUROPEA

AQUALITRANS
PROGRAMA DE COOPERACIÓN INTERREG V-A ESPAÑA-PORTUGAL (POCTEP) 2014-2020 · PROGRAMA DE COOPERAÇÃO INTERREG V-A ESPANHA-PORTUGAL (POCTEP) 2014-2020

PROJECTO AQUALITRANS

GUIA DE MELHORES PRÁTICAS NA OPERAÇÃO DE ETAR



AQUALITRANS.ES AQUALITRANS.PT

Índice

1. GUIA DE MELHORES PRÁTICAS NA OPERAÇÃO DAS ETAR 7

2. CARACTERIZAÇÃO DAS ETAR NA EURORREGIÃO..... 9

3. DIAGNÓSTICOS E AUDITORIAS ENERGÉTICAS 15
   3.1. Objetivo Técnico.....16
   3.2. Metodologia de Trabalho 19

4. CARATERIZAÇÃO DO PERFIL ENERGÉTICO DE ETAR..... 25
   4.1. Potência instalada 28
   4.2. Sistemas de iluminação..... 29
   4.3. Sistemas de Climatização..... 30
   4.4. Bombagem de entrada..... 31
   4.5. Pré-tratamento..... 32
   4.6. Tratamento primário.....33
   4.7. Tratamento secundário..... 34
   4.8. Tratamento terciário..... 36
   4.9. Linha de Lamas 37
   4.10. Gestão energética..... 38
   4.11. Total de processos 38

5. MEDIDAS DE MELHORIA PROPOSTAS 41
   5.1. Variadores de Frequência..... 42
      5.1.1. Uso de variadores de frequência..... 42
      5.1.2. Objetivo 43
      5.1.3. Processos e equipamentos afetados 43
      5.1.4. Casos de aplicação..... 43
      5.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida 44
      5.1.6. Poupança energética 44
      5.1.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS.....46
   5.2. Motores Elétricos.....48
      5.2.1. Substituição por motores de alta eficiência.....48

5.2.2. Substituição de motores avariados por motores de alta eficiência 53
5.2.3. Substituição dos motores sobredimensionados 56
5.3. Bombas 59
5.3.1. Substituição das bombas sobredimensionadas 59
5.4. Processos de Arejamento 64
5.4.1. Implementação de tecnologias de arejamento por difusão.... 64
5.4.2. Substituição de difusores por difusores de alta eficiência.. 67
5.4.3. Limpeza do circuito de arejamento 71
5.4.4. Substituição de difusores avariados ou com perda de rendimento 74
5.4.5. Mudança na configuração e número de difusores..... 77
5.4.6. Separação do método de arejamento da agitação..... 79
5.4.7. Aplicação de tecnologias de compressores mais eficientes.. 82
5.4.8. Redimensionamento dos compressores..... 86
5.4.9. Sistemas de controlo para o sistema de arejamento..... 89
5.5. Sistema de Desinfeção Ultravioleta 91
5.5.1. Regulação do sistema de desinfeção ultravioleta 91
5.5.2. Utilização de lâmpadas UV de baixa pressão 93
5.6. Sistema de Desodorização 96
5.6.1. Automação do sistema de desodorização 96
5.7. Tecnologias Renováveis e Aproveitamento de Energias Residuais do Processo 97
5.7.1. Cogeração 97
5.7.2. Codigestão 103
5.7.3. Isolamentos dos digestores 106
5.7.4. Injeção na rede do biogás gerado 108
5.7.5. Motores a gás 111
5.7.6. Secagem solar de lamas 112
5.7.7. Minieólica 114
5.7.8. Energia Solar Fotovoltaica 118
5.7.9. Aproveitamento da energia hidráulica 123
5.8. Iluminação 124
5.8.1. Melhoria do sistema de iluminação 124
5.9. Sistemas de Gestão de Monitorização Energética 127
5.9.1. Plataforma de monitorização e supervisão energética .. 127
5.10. Ajuste da Potência Contratada 130
5.10.1. Ajuste da potência contratada 130
5.10.2. Deslocamento de carga para períodos tarifários mais económicos 132
5.10.3. Ajuste do fator de potência 134

6. SOLUÇÕES INOVADORAS APLICADAS NA ATUALIDADE 137
6.1. Maximização da Captura de Sólidos e Matéria Orgânica na Decantação Primária 137
6.2. Tratamentos Biológicos Inovadores 138
6.2.1. Tratamento anaeróbio UASB.....138
6.3. Tratamentos de Lamas Prévios à Digestão Anaeróbia 140
6.4. Hidrólise Térmica das Lamas 141
6.5. Tratamentos Elétricos 141
6.6. Parâmetros de Controlo de Processo de Arejamento dos Reatores Aeróbios 142
6.7. Controlo de Procedimentos de Arejamento por Parâmetros de Amoníaco, Nitrato e Nitrito.....143
6.8. Agitação dos Reatores Biológicos Anaeróbios e Anóxicos...143
6.9. Soluções Descentralizadas..... 144

7. CONCLUSÕES..... 147

8. ANEXOS 149
8.1. Anexo 1 – Caraterísticas das 178 ETAR na Eurorregião utilizadas no estudo 149
8.2. Anexo 2- Modelo detalhado de relatório..... 163
8.3. Anexo 3- Caraterização das ETAR auditadas..... 168
8.4. Anexo 4- Resumo das medidas propostas para as ETAR auditadas.....172

1. GUIA DE MELHORES PRÁTICAS NA OPERAÇÃO DAS ETAR

O Guia de Melhores Práticas na Operação de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) faz parte do projeto AQUALITRANS que visa incorporar o conhecimento tecnológico adquirido no desenrolar da execução deste projeto e transmitir esse conhecimento às entidades gestoras destas instalações de forma a que estas operem com um maior índice de eficiência.

Este documento se baseou numa pesquisa documental focada em recolher, estudar e analisar os processos (bombagem, arejamento, digestão de lamas, ...) que ocorrem nas ETAR assim como as soluções que permitam otimizar o funcionamento dos equipamentos e processos com o propósito de se obter melhor eficiência em termos de tratamento, menores consumos energéticos, menores de emissões de CO_2 e reduzir a ocorrência de problemas relacionados com os processos, etc.

O Guia pretende também ser um documento que sirva de referência às entidades gestoras das ETAR para, que em primeiro lugar, identificar potenciais medidas de melhoria que possam ser aplicadas nas suas instalações, em segundo lugar, poder dispor de informação útil sobre como se deve avaliar a viabilidade técnico-económicas na implementação das diferentes medidas de melhoria pretendidas.

Para se atingir os objetivos anteriormente referidos, o Guia abordará os seguintes temas relacionados com:

- Caraterização das ETAR na Eurorregião em termos tipologia de tratamento, volume de água tratada, número de habitantes equivalentes e respetivos consumos energéticos;
- Estabelecimento de metodologias para realização de diagnósticos/auditórias energéticas neste tipo de instalação;
- Definição do perfil energético das ETAR tendo em conta os diagnósticos/auditórias energéticos realizados, para um universo mais pequeno em termos de número de ETAR representativo, no qual se realizará uma desagregação em termos de vetores e consumos energéticos pelos diferentes processos e equipamentos existentes;
- Análise técnica e económica das medidas e soluções que poderão contribuir para a melhoria do desempenho energético e operacional de uma ETAR.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS ETAR NA EURORREGIÃO

Nesta secção será feita uma caraterização das ETAR existentes na Eurorregião em termos: de tipologia de tratamento, do volume de água tratado, de habitantes equivalentes e correspondente consumo energético.

Para tal, e no âmbito do projeto AQUALITRANS, efetuou-se a recolha de informação para um universo de 178 ETAR presentes na Eurorregião a qual permitiu essa caraterização.

O objetivo principal do projeto AQUALITRANS é melhorar a eficiência energética do processo de tratamento das águas residuais nas ETAR, assegurando em todo instante a qualidade da água tratada e atingindo os melhores rendimentos de tratamento, menores consumos energéticos e de emissões de CO_2 e a redução dos problemas nos processos. Para alcançar este objetivo é fundamental investigar como os recursos energéticos são atualmente geridos nas ETAR existentes, estabelecer quanta energia é consumida, quando e em quais equipamentos e processos e, dependendo disso e tomando como referência o guia de melhoria teóricas, selecionar e avaliar as medidas de poupança que melhor se ajustam. Em suma, trata-se de estabelecer um perfil energético que permita modelar soluções replicáveis em outras instalações com caraterísticas similares.

O processo de tratamento de águas residuais pode ser realizado através de vários sistemas, que variam de acordo com as dimensões do processo, os poluentes a serem removidos, os investimentos iniciais disponíveis etc., portanto, não é fácil selecionar um número relativamente pequeno de ETAR que sejam representativas de todas as existentes.

No momento da preparação deste estudo, estavam disponíveis dados de 178 ETAR da Eurorregião (ver Anexo 1).

Tabela 1. Caraterização de 178 ETAR na Eurorregião

Volume água tratada m³/mês	Nº	População equivalente h.e.	Caudal tratado hm³/ano	Consumo eletricidade GWh/ano	Consumo unitário kWh / h.e	Consumo médio KWh/m³
> 2.500.000	2	1.000.000	91,96	32,55	32,55	0,354
500.000 a 2.500.000	9	1.377.516	129,76	57,90	80,93	1,029
100.000 a 500.000	46	1.436.058	110,67	41,34	52,86	1,077
25.000 a 100.000	79	716.146	53,73	22,61	58,95	1,017
< 25.000	42	141.074	9,24	6,01	76,77	2,618
Total Eurorregião	178	4.670.794	395,36	160,42	34,34	0,406

Tal como se observa, o consumo médio por m³ de água tratada é muito inferior ao produzido nas ETAR mais pequenas, uma vez que estas possuem pouco peso no total dos valores agrupados em análise.

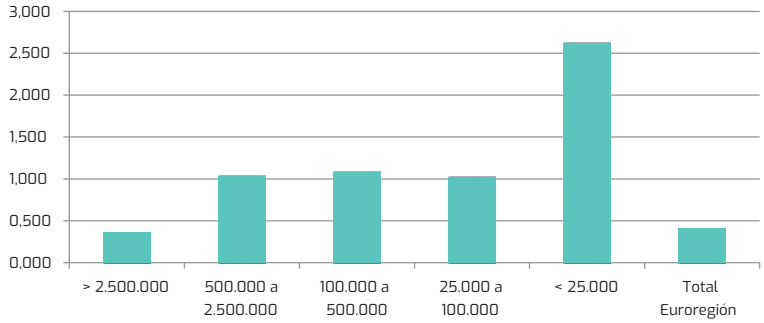


Figura 1: Consumo médio de ETAR Eurorregião kWh/m³

As águas residuais urbanas são geradas como resultado da atividade humana e são compostas principalmente por restos de necessidades fisiológicas (fezes, urina), de preparação de alimentos (óleos, resíduos) e produtos de limpeza e higiene (sabão, detergentes, etc.). Dado o seu elevado potencial contaminante, necessitam ser tratadas antes de serem devolvidas ao ambiente recetor (rios, mar, etc.) e, assim, salvaguardar o equilíbrio ecológico deste.

As águas residuais são recolhidas através de uma rede de coletores e conduzidas a uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR). Nesse local, após serem submetidas a diferentes processos, a sua contaminação será reduzida até aos valores limites impostos pela legislação vigente para serem no final devolvidas ao meio recetor nas melhores condições possíveis.

O tratamento não é mais do que transformar a matéria orgânica e outros contaminantes presentes na água residual, em sólidos sedimentáveis ou

flutuantes fáceis de separar (lamas). No processo de tratamento são gerados dois efluentes: a água tratada que se verte diretamente no canal; e as lamas, que são o conjunto de sólidos sedimentados na decantação primária (lamas primárias) e o licor misturado em excesso do reator biológico (lamas secundárias).

Dado o elevado teor de água nas lamas (maior que 95%), é necessário tratá-las para reduzir o seu volume, facilitando o seu manuseamento e posterior transporte. O destino final das lamas pode ser: reutilização agrícola e valorização de materiais e/ou energia. Portanto, em qualquer ETAR, a linha de água pode ser diferenciada da linha de lamas.

Os principais processos que se podem diferenciar numa ETAR são:

Bombagem de entrada	Dependendo da localização da ETAR, pode ser necessário colocar uma bombagem para a entrada das águas residuais.
Pré-tratamento	Processo em que se eliminam os sólidos grandes, areias e gorduras. Dispositivos: tanque de gorduras, separador de materiais grosseiros, e de materiais finos, desarenador-desengordurador.
Tratamento primário	Eliminação de sólidos em suspensão (sólidos inertes, matéria orgânica particulada...)
Tratamento secundário	Tratamento biológico que transforma a matéria orgânica da água residual em matéria celular, gases, energia e água.
Tratamento terciário	Apenas em ETAR que descarreguem para uma área protegida. Eliminação de nutrientes: minimizar ao máximo a contribuição de nutrientes, pelo que pode ser necessário dosear algum tipo de reagente, a fim de precipitar o fósforo. Desinfeção: reduzir a quantidade de microrganismos patogénicos na água (ultravioleta e dosificação de um desinfetante).
Linha de lamas	Tratamento de subprodutos originados na linha de água. Espessamento, estabilização, desidratação e secagem. Descarga. Usos de lamas tratadas: reutilização agrícola, valorização energética, aterro controlado...

Os processos que compõem uma ETAR e que determinam a sua tipologia dependem de vários fatores, como o tipo de carga contaminante na água residual (industrial ou urbana), o rendimento requerido para a eliminação de contaminantes, a temporalidade do caudal de entrada, a situação geográfica, a disponibilidade do espaço físico para a sua construção, etc.

Embora possam haver muitas variações, apenas se consideraram duas tipologias principais de tratamento, dependendo dos principais processos usados para remover contaminantes:

Para tal, consideraram-se duas tipologias principais de tratamento:

- Físico-química, com ou sem processo biológico posterior, utilizando sistemas de coagulação e floculação.

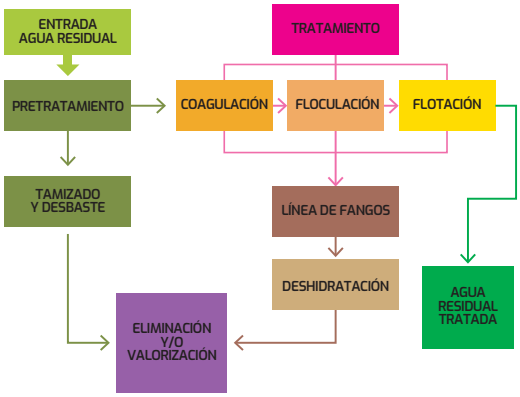


Figura 2: Diagrama esquemático de uma ETAR de tratamento Físico-Química

- Biológica, com ou sem eliminação de nutrientes, mediante a ação de microrganismos que consomem a matéria orgânica e a transformam em novas células biodegradáveis ou fáceis de remover.

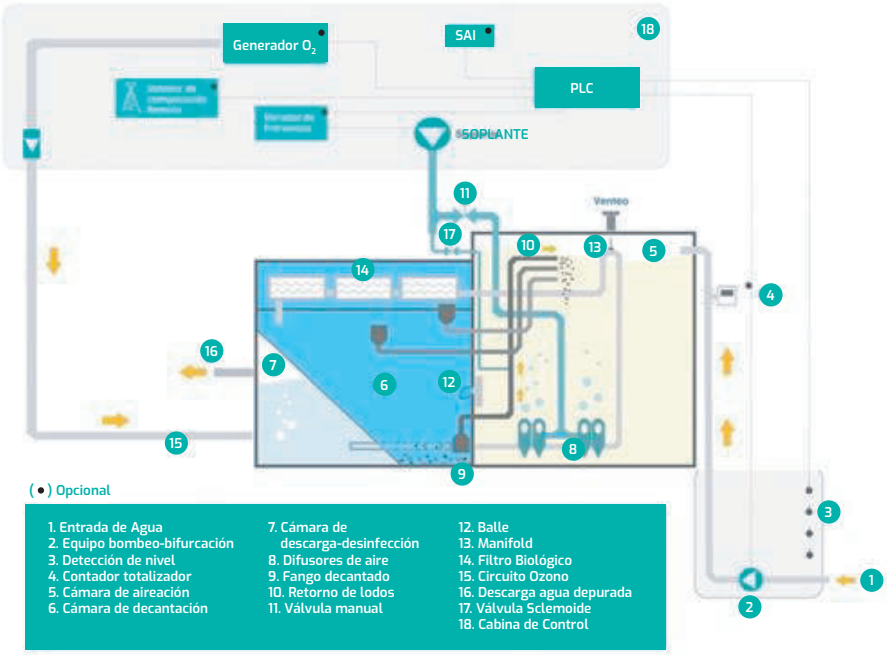


Figura 3: Diagrama esquemático de uma ETAR de tratamento biológico

Em instalações de tratamento físico-químico, os tratamentos proporcionam rendimentos de tratamento sensivelmente inferiores aos

tratamentos biológicos. No caso de águas urbanas, a eliminação de CBO neste tipo de instalação é na ordem dos 35% e a dos materiais sedimentares até aos 90%. A presença de águas industriais pode reduzir o rendimento da eliminação de CBO até 10%. Nestes casos, os materiais suspensos não sedimentáveis podem ser separados por coagulação, obtendo-se um resultado mais efetivo do que uma simples decantação; a coagulação também elimina certos materiais pesados como os fosfatos, conseguindo uma eliminação de CBO da ordem de 70% e dos materiais em suspensão acima de 90%. Esses tratamentos têm uma economia de investimento inicial e do espaço para a sua instalação, porém, possuem elevados custos operacionais, devido principalmente ao uso de produtos químicos e representam um aumento considerável na produção de lamas.

Nas instalações de tratamento biológico obtém-se uma eliminação mais completa da contaminação orgânica devido à ação bacteriana. Nos sistemas mais utilizados, como as lamas ativadas ou filtros percoladores, obtém-se uma redução de CBO entre 90 e 95%.

Em ambas, são gerados resíduos, denominados de lamas, que requerem um tratamento posterior levado a cabo na linha de lamas, antes da sua gestão final.

Das duas tipologias de ETAR apresentadas as ETAR biológicas são as mais numerosas, representando praticamente 96% do universo analisado.

Tabela 2. Caraterização de 178 ETAR na Eurorregião em termos de tipologia

Volume água tratada m^3/mês	nº ETAR analisadas	ETAR Físico-Química	ETAR Biológica
> 2.500.000	2	0	2
500.000 a 2.500.000	9	0	9
100.000 a 500.000	46	0	46
25.000 a 100.000	79	5	74
< 25.000	42	2	40
Total Eurorregião	178	7	171

3. DIAGNÓSTICOS E AUDITORIAS ENERGÉTICAS

As Auditorias Energéticas têm como objetivo principal a identificação e avaliação de oportunidades de poupanças energéticas em cada processo das ETAR de forma personalizada, priorizando-as de acordo com sua rentabilidade e o período de retorno.

Entre os principais benefícios alcançáveis pelas empresas responsáveis pelas instalações destacam-se os seguintes:

- A otimização do consumo dos recursos energéticos e a incorporação de melhores práticas e novas tecnologias energéticas que permitirão às ETAR obter um equilíbrio entre a manutenção ou melhoria dos parâmetros de qualidade da água com uma redução dos seus custos de exploração;
- Aumentar o tempo de vida das instalações ou equipamentos, procura das condições de operação mais adequadas e evitar o sobredimensionamento ou sobrecarga;
- Melhorar a imagem da empresa ao contribuir para a proteção do meio ambiente mediante a redução das emissões de CO_2;
- No âmbito organizativo, o estabelecimento de um Sistema de Gestão de Energia permitirá às entidades gestoras das ETAR um aumento significativo da capacidade de acompanhamento contínuo dos consumos energéticos e a possibilidade de identificar oportunidades de redução de consumos de energia e custos associados;
- A auditoria constitui um primeiro passo para conhecer a rastreabilidade da energia alocando custos e consumos relativamente às linhas de processo de tratamento e com os parâmetros de qualidade do efluente.

A realização da Auditoria Energética envolve um conjunto de visitas presenciais por parte do pessoal especialista, cujo número oscilará em função do tamanho da ETAR e as necessidades concretas para a avaliação energética da instalação. A realização destas visitas, juntamente com a aplicação de uma metodologia própria de trabalho dará lugar à elaboração e entrega de um relatório personalizado.

3.1. Objetivo Técnico

As auditorias energéticas servem para detetar e quantificar soluções eficientes e poupanças energéticas nas instalações em estudo.

O objetivo final do estudo é fornecer informações suficientes para que as empresas gestoras das ETAR avaliem que medidas de poupanças propostas nas instalações analisadas podem ser de maior interesse tanto pelo impacto económico existente como pelas necessidades diárias da gestão e exploração do conjunto de suas instalações.

Os seguintes blocos foram considerados para a realização do estudo:

BLOCO 1: FATURAÇÃO ENERGÉTICA:

Consiste na realização de uma análise pormenorizada da faturação elétrica da ETAR, estudando as faturas e os pontos de alimentação energética.

Na análise da faturação estudam-se principalmente os seguintes pontos:

- Avaliação dos consumos energéticos a partir das faturas e das curvas de carga, nos locais em que esta informação se encontra disponível. Com esta análise será obtido um perfil de consumo da instalação em análise, podendo conhecer o regime de funcionamento dos principais equipamentos e a evolução temporal dos consumos energéticos;
- Adequação da tarifa contratada. Serão analisados os termos de faturação (tipo de tarifa, potências contratadas, penalizações associadas à energia reativa e a sua adaptação ao perfil de consumo das instalações).

BLOCO 2: INSTALAÇÕES TÉCNICAS DO PROCESSO.

Inclui a análise do processo de tratamento existente nas instalações, as etapas de tratamento que compõem o processo em causa e o estudo dos principais equipamentos consumidores de energia tanto na linha líquida como na linha de lamas, dos quais se destacam os seguintes exemplos:

- Ventiladores
- Bombagem da água residual
- Bombagem das lamas (excesso e de recirculação)
- Rotores
- Aceleradores de corrente
- Desidratação
- Equipamentos de desinfeção
- Restantes equipamentos alocados aos processos

Na instalação de tratamento serão avaliados os seguintes aspetos:

- Regime de funcionamento dos equipamentos consumidores de energia
- Potência dos equipamentos e horas de funcionamento

- Consumo anual dos equipamentos
- Utilização de variadores de frequência nas bombas
- Utilização de arrancadores suaves nas bombas
- Estratégia de regulação nas estações de bombagem: escalonada ou compartida
- Tecnologia dos ventiladores e compressores e utilização de variadores de frequência nestes equipamentos
- Desfasamento do funcionamento do processo de desidratação em períodos com tarifas energéticas mais económicas
- Gestão da simultaneidade de funcionamento dos equipamentos para reduzir a potência contratada

BLOCO 3: INSTALAÇÕES TÉCNICAS GERAIS

Inclui a análise das instalações gerais da estação não vinculadas diretamente ao processo de tratamento.

Conforme se considere apropriado face à relevância no consumo energético global da instalação, poderão ser analisados os seguintes pontos:

- Sistema de iluminação
  - Estudo das luminárias, potência instalada, horas de funcionamento, vida útil, nível de iluminação medido e exigido pela norma e regulação;
  - Análise da substituição dos equipamentos existentes por tecnologias mais eficientes, utilização de sistemas de controlo em função de horários de trabalho, fatores ambientais e/ou de presença.
- Centro de transformação.
  - Características técnicas dos transformadores;
  - Regime de trabalho;
  - Percentagem de carga suportada por cada transformador;
  - Perdas elétricas na carga e em vazio.
- Equipamentos de climatização

Balanço energético dos grupos de frio e bombas de calor destinadas a climatização, analisando suas caraterísticas técnicas, curvas de operação, potências médias, condições de operação, coeficiente de operação (EER/COP), rede de distribuição, etc.

En vista de su optimización energética, se evaluará:

- Sustitución completa de la instalación por tecnologías más eficientes.
- Renovación del aislamiento.
- Control del rango de temperatura.
- Optimización de la secuencia operativa.

Em face de sua otimização de energia, será avaliada:

- Substituição completa da instalação por tecnologias mais eficientes;
- Renovação do isolamento;
- Controlo da gama de temperaturas;
- Otimização da sequência de operação;
- Instalação de um sistema de controlo global da instalação;
- Viabilidade da aplicação de sistemas free-cooling
- Viabilidade da implementação de sistemas de recuperação de calor.

BLOCO 4: SISTEMA DE CONTROLO DAS INSTALAÇÕES TÉCNICAS

Consistirá no estudo e análise de funcionamento do sistema de controlo que regula o funcionamento dos equipamentos das ETAR.

Os objetivos são:

- Visualização dos parâmetros operativos dos equipamentos e processos.
- Conhecimento da capacidade de parametrização a partir do sistema de controlo;
- Seguimento e extração dos dados de operação.

Mediante a análise do sistema de controlo é pretendido obter informações de carácter técnico que complemente a informação descritiva dos processos que têm lugar nas ETAR, de modo a que se possa obter informações úteis quanto à possibilidade de melhoria das diretrizes de funcionamento na regulação e atuação dos equipamentos, assim como detetar possíveis valores fora da gama ótima de funcionamento.

BLOCO 5: ENERGIAS RENOVÁVEIS.

Consistirá no estudo e análise da implementação de tecnologias renováveis que poderão ser aplicadas no âmbito das ETAR. Por exemplo, poderão ser estudadas tecnologias como a solar fotovoltaica, microturbinas, mini eólica e, quando aplicável, de cogeração com biogás.

BLOCO 6: GESTÃO ENERGÉTICA.

Consistirá no estudo e análise da implementação de um sistema de gestão energética mediante a monitorização em tempo real dos consumos e parâmetros energéticos e do processo que possibilite a sua visualização num software específico, permitindo dessa forma a gestão, supervisão e controlo das variáveis registadas.

A implementação de um software específico para a gestão energética permite medir os consumos energéticos totais e parciais, criar indicadores energéticos para avaliar o grau de eficiência de uma instalação, realizar

relatórios energéticos ou fazer uma avaliação em contínuo da eficiência energética da estação.

O estudo de implementação incluirá os seguintes pontos:

- Identificação das variáveis de consumo mais representativas a monitorizar;
- Análise do hardware específico para a medição dos parâmetros;
- Definição da arquitetura de comunicações do sistema. Procura de soluções alternativas para realizar a comunicação dos dados dos medidores para os concentradores / gateway, e destes para o software de gestão e controlo de energia;
- Funcionalidade do software. Descrição detalhada das funcionalidades que oferece o sistema;
- Orçamento da instalação dos equipamentos para monitorização.

3.2. Metodologia de Trabalho

Na sequência dos objetivos técnicos apresentados, descreve-se a metodologia de trabalho com vista à realização de uma auditoria energética da ETAR.

As etapas do projeto são:

- Fase 1: Solicitação da informação inicial.
- Fase 2: Análise da informação recebida.
- Fase 3: Trabalho de campo.
- Fase 4: Trabalho de Gabinete.
- Fase 5: Elaboração do relatório.
- Fase 6: Apresentação do relatório.

Figura 4: Metodologia de trabalho

FASE 1. SOLICITAÇÃO DA INFORMAÇÃO INICIAL

Um primeiro passo envolve a solicitação de informação inicial, que permitirá à equipa perita obter um conhecimento prévio e uma contextualização do trabalho a desenvolver e da instalação a avaliar, que inclui:

- Contacto com a empresa responsável da gestão da ETAR para explicar o estudo a realizar;
- Registo das pessoas de contacto a nível da gestão e manutenção;
- Envio de uma ficha de solicitação de informação tipo, que inclui os principais aspetos técnicos a ter em conta para a elaboração da Auditoria Energética.

A informação solicitada deve incluir os seguintes pontos:

a) Contabilização de consumos energéticos:
    - Faturação energética relativa aos anos em análise;
    - Registos e curvas de consumo de contadores/analisadores parciais;
    - Registos de variáveis de operação.

b) Planos das instalações (na medida do possível).
    - Esquema descritivo do processo de tratamento;
    - Esquemas unifilares.

c) Dados dos equipamentos e instalações:
    - Características técnicas dos equipamentos;
    - Regime de funcionamento;
    - Potência nominal e/ou carga de funcionamento;
    - Rendimentos e variáveis operativas.

d) Memória de controlo de funcionamento das instalações.
    - Parâmetros de funcionamento dos equipamentos principais.

Deve ser igualmente solicitada à entidade responsável pela ETAR a colaboração do pessoal qualificado e responsável pela ETAR, facilitando a disponibilização da informação necessária e o esclarecimento de dúvidas que surjam durante o diagnóstico, no sentido de permitir o correto desenrolar do estudo.

FASE 2. ANÁLISE DA INFORMAÇÃO RECEBIDA.

Após recebimento da informação solicitada, é realizada uma análise dos resultados com a equipa técnica responsável do estudo, estabelecendo-se um pré-diagnóstico da ETAR no âmbito energético.

Partindo dessa informação, é possível executar uma planificação dos trabalhos de campo a realizar, podendo-se construir uma *check-list* dos pontos a estudar nas visitas técnicas.

O objetivo é que o técnico encarregado das vistas realize o trabalho de campo já dispondo de uma base de informações considerável que lhe permita otimizar as visitas, focando-se nos pontos de maior incidência na curva de consumo da instalação.

FASE 3. TRABALHO DE CAMPO.

O trabalho de campo consiste na realização das visitas necessárias para coletar e solicitar a informação necessária para o desenvolvimento do estudo. Em função da capacidade da empresa para facilitar a informação inicial, estas visitas podem ser efetuadas simultaneamente à solicitação de informação.

Uma vez iniciado o trabalho de gabinete e a elaboração do relatório final, poderá haver a necessidade alguns esclarecimentos de dúvidas que irão surgir durante a realização dos trabalhos.

No decorrer das visitas procurar-se-á detetar pontos fracos da empresa do ponto de vista da eficiência energética. Para evitar incertezas, devem-se realizar as medições que se considerem necessárias, devendo-se para tal dispor de equipamentos de medição, tais como:

- Analisadores de redes elétricas: equipamentos que permitem medir uma quantidade de parâmetros elétricos no ponto de medição: tensão, intensidade, fator de potência, etc.
- Câmara termográfica: funcionam de forma similar a uma câmara fotográfica obtendo-se como resultado um mapa de temperaturas da imagem focalizada. É de grande interesse para detetar pontos quentes nos circuitos elétricos, deficiências nos isolamentos em instalações térmicas.

A partir da aquisição de dados, por um lado será analisada a repartição das cargas do sistema e, por outro lado, será obtida informação suficiente sobre consumos energéticos e variáveis medidas, realizando uma análise exaustiva das curvas de consumo do sistema para detetar possíveis oportunidades de melhoria na operação e implementação de medidas de poupanças energéticas.

FASE 4. TRABALHO DE GABINETE

Uma vez recolhidos os dados necessários nas visitas técnicas, proceder-se-á à realização de um estudo sobre os pontos com maior ineficiência energética detetados durante as visitas e algumas propostas de melhorias serão delineadas indicando a sua viabilidade mediante um primeiro cálculo do investimento necessário para a sua implementação, as poupanças que propiciarão e o período de retorno simples do dito investimento.

Este processo de análise é muitas vezes realizado de forma simultânea com as visitas técnicas e com a elaboração do relatório final.

As propostas mencionadas serão aproximações, uma vez que não são um estudo de engenharia detalhado, no entanto, em muitas ocasiões serão propostas definitivas sem nenhum tipo de variação.

FASE 5. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Nesta fase, devem já estar definidas as propostas de melhoria de eficiência energética e o relatório definitivo deverá ser redigido, no qual se incluirá a informação analisada relativa aos resultados energéticos e às medidas a propor. Esta informação deve ser exposta de forma a facilitar a compreensão dos aspetos tratados.

O relatório dos resultados terá a seguinte estrutura e conteúdo:

PARTE 1: DESCRIÇÃO INICIAL

- Dados gerais das ETAR;
- Dados gerais do processo;
- Inventário de equipamentos principais.

PARTE 2: ANALISE DO HISTÓRICO DE CONSUMOS GERAIS

- Evolução dos consumos avaliados por fonte energética;
- Repartição dos consumos por sistema e fonte energética (a partir dos dados medidos e aplicando estimativas em função do regime de funcionamento);
- Análise da contratação da fatura energética.

PARTE 3: INDICADORES ENERGÉTICOS

- Estabelecimento de rácios energéticos em função das variáveis dinâmicas e estáticas;
- Análises comparativas com indicadores de referência.

PARTE 4: AUDITORIA ENERGÉTICA DE INSTALAÇÕES

- Análise de cada sistema de forma independente estudando:
  - Descrição dos equipamentos e os seus perfis de funcionamento atuais;
  - Memória de controlo e parametrização;
  - Consumo energético e emissões de CO_2 associadas.
- Propostas de medidas de poupança energética:
  - Descrição pormenorizada das medidas de poupança energética propostas para cada sistema;
  - Justificação da poupança energética obtida;
  - Elaboração do orçamento do investimento;
  - Análise financeira, na qual se realizará a análise para cada medida proposta dos parâmetros financeiros como a: TIR, VAL, período de retorno de investimento, cash flow, etc.;
  - Análise de sensibilidade do investimento em função da variação das variáveis mais significativas (custos energéticos, investimento final).

PARTE 5: ENERGIAS RENOVÁVEIS E APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RESIDUAIS

- Estudo de viabilidade para a implementação de energias renováveis;
- Estudo das tecnologias para a valorização das energias residuais geradas no processo para o seu aproveitamento no próprio processo ou a terceiros.

PARTE 6: RESUMO DAS MEDIDAS DE POUPANÇA ENERGÉTICA

- Listagem de todas as medidas de poupança energéticas estudadas com os valores resumidos de: poupança energética, poupança económica, investimento necessário e período de retorno.

ANEXO: MEDIDAS REALIZADAS (NO CASO DE ACEITAÇÃO NO BLOCO 6)

- Gráficos e resultados obtidos de todas as medições realizadas.

Como resultados da auditoria energéticas, a entidade responsável pela ETAR obterá uma imagem suficientemente representativa do rendimento energético global, de forma a permitir a determinação das oportunidades de melhorias mais significativas.

No Anexo 2 é apresentado um modelo detalhado da estrutura e composição do relatório de auditoria.

FASE 6. APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório final é entregue à entidade auditada, ou entidade responsável pela instalação. Se for considerado oportuno, é realizada uma reunião para a apresentação dos resultados na qual se comentarão as medidas propostas. Em todo caso, deve ser demonstrada disponibilidade para qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas que possam surgir da leitura do relatório, por parte da entidade responsável pela instalação auditada.

4. CARATERIZAÇÃO DO PERFIL ENERGÉTICO DE ETAR

A partir da informação recolhida nos diagnósticos e auditorias energéticas realizadas pelo operador da própria instalação e/ou por empresas externas a ETAR, será possível realizar a caraterização do perfil energético, da instalação. Essa caraterização não só contemplará uma desagregação dos consumos energéticos em termos de vetores, sectores, processos e equipamentos, mas também servirá para identificar quais os principais consumidores dentro da instalação, avaliar as respetivas eficiências energéticas dos processos/equipamentos, estabelecer indicadores de eficiência, identificar pontos de ineficiência dentro da instalação e elencar medidas ou soluções de melhoria para esses mesmos pontos.

No âmbito do projeto AQUALITRANS foram realizadas 20 auditorias energéticas (10 ETAR portuguesas e 10 ETAR Galegas) de acordo com as normas UNE EN 16247.

Para que os resultados possam ser extrapolados para a maioria das ETAR existentes, foi selecionada uma amostra representativa das principais configurações.

Assim, foram selecionadas 2 ETAR físico-químicas e 18 biológicas.

Tabla 3. Caracterización de 20 EDAR, en términos de tipología de tratamiento

	Biológicas	Físico-química
Bombagem	12	2
Pré-tratamento	18	2
Tratamento primário	-	2
Tratamento secundário	18	-
Lamas ativadas	14	-
Leitos Percoladores	2	-
Reatores biológicos	2	-
Tratamento terciário	15	2
Eliminação de nutrientes	3	-
Eliminação de nutrientes + Desinfeção UV	8	-
Desinfeção UV	4	2
Linha de lamas	18	2

Selecionaram-se ETAR de diferentes dimensões, desde 3.000 h.e.p. de Vilaboa, com um consumo anual de 92.626 kWh/ano até a 200.000 h.e.p. de Sobreiras, que regista um consumo de 11.410.000 kWh/ano. Das 20 EDAR auditadas, só 2 que utilizam um processo físico-químico para a eliminação da matéria biológica.

Do capoto global, apenas 14 das ETAR auditadas dispõem de bombagem de entrada de forma a facilitar a entrada da água bruta no processo de tratamento. Em todas estas, existem um pré-tratamento para a eliminação dos sólidos grossos, areias, gorduras, etc. No caso das biológicas, 78% dispõem de um sistema de lamas ativadas com arejamento. Aproximadamente metade das ETAR possui um sistema de leito de difusores e as restantes com arejadores superficiais, e cerca de 75% das ETAR auditadas contam com um tratamento terciário, na maioria dos casos baseado num processo de desinfeção UV.

As ETAR de Ponte da Baia e Sousa aproveitam as lamas geradas para a produção do biogás, com aproveitamento para geração de energia elétrica.

Tabela 4. Caraterização de 20 ETAR, em termos de habitantes equivalente de projeto e de tipologia, nas quais foram realizadas auditorias

	ETAR	Localização	H.e. projeto	Tipologia
EDAR 1	A Pobra	Galiza	30.000	Biológica
EDAR 2	Ares	Galiza	52.000	Biológica
EDAR 3	Gondomar	Galiza	24.000	Biológica
EDAR 4	Nigrán	Galiza	70.000	Biológica
EDAR 5	Ribadeo	Galiza	37.500	Biológica
EDAR 6	Arcade	Galiza	8.621	Físico-química
EDAR 7	Cedeira	Galiza	10.395	Biológica
EDAR 8	Ortigueira	Galiza	5.000	Biológica
EDAR 9	Tomiño	Galiza	8.454	Biológica
EDAR 10	Vilaboa	Galiza	3.032	Físico-química
EDAR 11	Barcelos	Norte Portugal	133.250	Biológica
EDAR 12	Chaves	Norte Portugal	57.748	Biológica
EDAR 13	Freixo	Norte Portugal	170.000	Biológica
EDAR 14	Lamego	Norte Portugal	19.300	Biológica
EDAR 15	Penices	Norte Portugal	32.404	Biológica
EDAR 16	Ponte da Baia	Norte Portugal	45.127	Biológica
EDAR 17	Serzedo	Norte Portugal	97.196	Biológica
EDAR 18	Sobreiras	Norte Portugal	200.000	Biológica
EDAR 19	Sousa	Norte Portugal	89.913	Biológica
EDAR 20	Vila Real	Norte Portugal	84.321	Biológica

As principais variáveis observadas nas diferentes auditorias são apresentadas abaixo:

Tabela 5. Caraterização de 20 ETAR, em termos de habitantes equivalente reais, volume tratado, energia consumida e de emissões gasosas

	ETAR	H.e. reais	Volumen tratado m^3/día	kWh Consumidos	Emissões CO_2 Tn/ano
EDAR 1	A Pobra	26.555	6.496	1.470.066	573,34
EDAR 2	Ares	18.285	14.804	756.464	295,03
EDAR 3	Gondomar	19.615	10.083	791.258	308,60
EDAR 4	Nigrán	19.929	9.599	1.337.613	521,68
EDAR 5	Ribadeo	7.614	5.922	680.880	265,55
EDAR 6	Arcade	6.115	3.206	248.729	97,01
EDAR 7	Cedeira	6.097	3.220	346.763	135,24
EDAR 8	Ortigueira	2.508	860	179.458	69,99
EDAR 9	Tomiño	9.431	2.521	319.872	124,75
EDAR 10	Vilaboa	2.647	1.189	92.626	36,13
EDAR 11	Barcelos	92.394	17.543	1.482.530	578,20
EDAR 12	Chaves	24.762	7.041	769.671	300,18
EDAR 13	Freixo	171.408	23.858	4.543.230	1.771,91
EDAR 14	Lamego	11.719	1.764	763.529	297,78
EDAR 15	Penices	19.106	2.363	814.322	317,59
EDAR 16	Ponte da Baia	23.347	4.126	1.381.154	456,97
EDAR 17	Serzedo	41.297	6.962	2.875.507	1.121,48
EDAR 18	Sobreiras	145.288	34.099	11.405.659	4.448,32
EDAR 19	Sousa	74.313	5.344	1.452.719	406,04
EDAR 20	Vila Real	69.240	6.161	2.167.798	845,46
TOTAL AUDITADO		791.670	167.160	33.879.849	12.971,25

O principal e único, na maioria dos casos - consumo de energia nas ETAR é a eletricidade. Mais de 90% do consumo ocorre nos processos de tratamento. A partir das informações oriundas da realização das auditorias energética e fornecidas pelos diferentes organismos responsáveis pela ETAR, foi estabelecido o consumo elétrico esperado pelos diferentes equipamentos e processos existentes. Tal como se vai constatar nas secções subsequentes, o consumo de outros equipamentos, como climatização e iluminação, é muito baixo em relação ao total da instalação.

4.1. Potência instalada

A maioria das ETAR apresentam potência de projeto e instalação superiores às médias definidas por organismos como o IDEA, devido principalmente ao sobredimensionamento de determinados equipamentos e à duplicação de processos como medida de garantir o serviço.

Tendo em conta a informação recolhida durante a realização das auditórias energéticas, foram apurados a seguinte distribuição em termos de potência instalada pelas 19 das 20 ETAR auditadas:

Tabela 6. Distribuição da potência instalada pelos diferentes processos

ETAR	Bombagem	Pré-trat.	Trat. 1ª	Trat. 2º	Trat. 3º	Lodos	Outros	TOTAL
A Pobra	164,00	9,60	0,00	251,20	0,00	80,98	9,04	514,82
Ares	0,00	24,51	0,00	270,74	0,00	91,82	44,80	431,87
Gondomar	66,00	24,12	0,00	186,25	16,70	47,18	24,60	364,85
Nigrán	429,40	41,14	0,00	363,09	15,00	191,02	49,58	1.089,23
Ribadeo	100,00	12,29	0,00	261,22	13,10	0,00	97,39	484,00
Arcade	48,00	16,65	56,49	0,00	5,76	10,65	4,50	142,05
Cedeira	0,00	5,90	0,00	80,00	9,75	29,31	6,26	131,22
Ortigueira	22,00	2,70	0,00	23,17	2,37	2,87	8,00	61,11
Tomiño	31,40	3,20	0,00	94,90	2,00	47,10	6,10	184,70
Vilaboa	13,00	8,00	28,96	0,00	1,71	6,52	4,79	62,98
Chaves	0,00	36,17	0,00	784,06	13,20	113,65	167,47	1.114,55
Freixo	0,00	53,60	0,00	1.002,40	75,50	301,70	142,50	1.575,70
Lamego	0,00	6,42	0,00	206,81	25,88	62,23	110,42	411,76
Penices	64,98	20,20	0,00	262,04	0,00	90,84	58,60	496,66
Ponte da Baia	119,20	32,66	0,00	234,67	32,98	137,64	317,54	874,69
Serzedo	111,00	37,01	0,00	704,32	34,80	138,08	1,02	1.026,23
Sobreiras	480,00	135,4	0,00	1.812,80	0,00	538,10	531,00	3.497,30
Sousa	290,40	40,79	0,00	395,34	0,00	94,66	366,77	1.187,96
Vila Real	0,00	53,11	0,00	530,59	14,91	147,05	173,19	918,85
TOTAL	1.939,38	563,47	85,45	7.463,60	263,66	2.131,40	2.123,57	14.570,53

No total, representam mais de 14,57 MW de potência instalada. O tratamento secundário é responsável por cerca de metade da potência total instalada. Os processos seguintes que possuem maior potência instalada são a linha de tratamento de lamas e a bombagem de entrada.

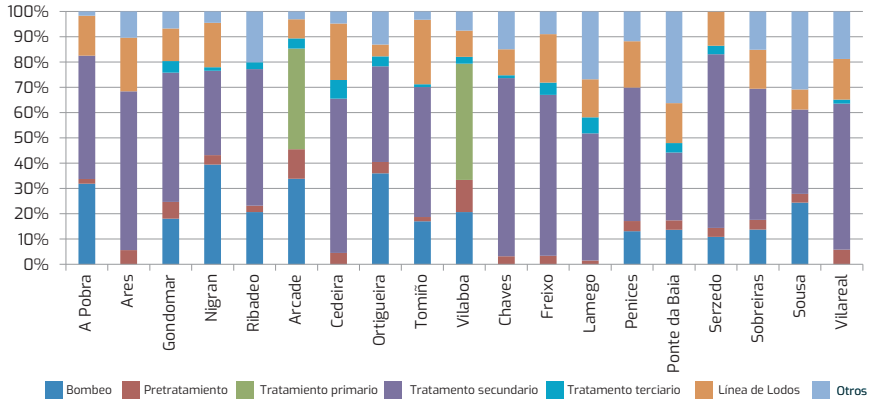


Figura 5: Distribuição de potências instaladas por processo em % nas instalações auditadas

Do ponto de vista da potência instalada nos equipamentos, observou-se que os processo de tratamento dos resíduos biológicos são os que possuem maior percentagem da potência instalada, sendo que numa ETAR biológica, o tratamento secundário representa 51,5% da potência total instalada e, no caso das duas ETAR físico-químicas, observa-se que o tratamento primário, no qual é possível eliminar esses resíduos por meio da floculação, representa 42,9% do total.

De resto, a distribuição das potências instaladas pelas instalações mantém um perfil muito similar, destacando-se também o importante consumo de bombas de entrada, quando existentes, porque envolvem uma elevada potência instalada. Outros processos, como a desinfeção por UV, têm menos potência instalada, no entanto apresentam um elevado consumo devido ao seu número de horas de operação.

Os principais processos analisados nestas ETAR são apresentados nos capítulos seguintes.

4.2. Sistemas de iluminação

Todas as instalações auditadas possuem sistemas de iluminação tanto dentro dos edifícios como nas áreas externas.

Na maioria dos casos, as luminárias correspondem aos seguintes tipos:

- Iluminação de oficinas interiores: as áreas de operação e controle das ETAR têm principalmente luminárias fluorescentes

- Iluminação interior de zonas de processo: lâmpadas estanques e luminárias de campânula, com tecnologia fluorescente ou de iodetos metálicos
- Exterior: focos de iodetos metálicos e luminárias VSAP

Em nenhuma das instalações se observaram sistemas de controlo de ignição ou iluminação nos sistemas externos, possuindo, geralmente, *on / off* pelo relógio astronómico para a iluminação externa.

O consumo de energia na iluminação é responsável por uma média de 2,04% do consumo total da instalação.

Figura 6: a) Telas Impermeáveis na ETAR Arcade e b) Iluminação exterior da ETAR *Tomiño*

4.3. Sistemas de Climatização

Somente as maiores instalações, que incluem um número considerável de pessoal, possuem sistemas de climatização propriamente ditos. Na maioria dos casos, existem apenas equipamentos elétricos portáteis. O consumo devido a estes equipamentos é praticamente irrelevante, assumindo na maioria das plantas entre 0 e 0,8% do total. Em média, o consumo nas 20 ETAR associado à climatização é de 1,27% do total.

Figura 7: a) *Ar condicionado. ETAR A Pobra* e b) *Ar condicionado.* ETAR *A Pobra*

4.4. Bombagem de entrada

A bombagem de entrada é instalada quando as condições de localização da ETAR e a chegada do efluente requerem a captação de água bruta desde a entrada até ao pré-tratamento. A potência necessária nas bombas pode ser considerável, pois, além de bombear água suja, também este tipo de equipamento necessita na maioria dos casos de enfrentar uma altura manométrica significativa.

Das 20 ETAR auditadas, 13 tinham bombagem de entrada, 2 físico-químicas e 11 biológicas. A potência instalada nesses casos é elevada, com uma média de 149,18kW, o que representa 19,42% do total de potência instalada nas instalações que possuem bombagem.

A bombagem de entrada nessas 13 estações representa um consumo anual de 3.167.972 kWh, 13,74% do consumo anual total.

A distribuição de potências e consumo nas instalações com bombagem de entrada é a seguinte:

Tabela 7. Distribuição Potência instalada (kW) e consumo (kWh/ano) em ETAR com bombagem de entrada

	Bombagem	Pré-trat.	Trat. 1ª	Trat. 2ª	Trat.3ª	Lamas	Outros
kW instalados	19,42%	3,84%	0,86%	45,95%	1,25%	13,88%	14,81%
kWh consumidos	13,74%	2,58%	0,77%	54,04%	3,01%	12,79%	13,07%

Como já foi indicado, nas ETAR com bombagem de entrada, essa parte do processo representa uma parte importante da potência instalada e do consumo anual.

Figura 8: ***Bombagem de Entrada*** **ETAR** ***A Pobra***

4.5. Pré-tratamento

Todas as ETAR auditadas registam consumos no pré-tratamento. O pré-tratamento remove os sólidos de grande tamanho, pedras e areia, óleos, gorduras, e em geral todos os elementos inertes que causam um grande desgaste nas tubagens, bombas e outros equipamentos, também reduzindo o rendimento de toda a instalação.

As principais operações de pré-tratamento são: Separação de grandes sólidos (Tanque de materiais grosseiros); Gradagem; Tamisagem; Desarenamento; Desengorduramento e pré-arejamento. Na maioria dos casos, esses processos são resolvidos passando-se as águas residuais através de um sistema de grades, rototamisadores e desengorduradores-desarenadores. Os principais consumos advirão do movimento dos rototamisadores e dos sistemas de injeção de ar para desengorduramento.

Figura 9: Tamisadores Masko-Zoll. ETAR ***Arcade***

A potência instalada no processo de pré-tratamento é baixa, com uma média de 23,78kW, o que representa 3,87% da potência total instalada nas estações para as quais há dados disponíveis. Com relação ao consumo, representa 3,82% do consumo anual total, cerca de 1.294.970 kWh.

4.6. Tratamento primário

O tratamento primário tem um consumo significativo nas instalações físico-químicas, em que o material biológico é eliminado durante esse processo, por meio de sistemas combinados de coagulação-floculação e flotação. Nestas instalações, o principal consumo ocorre durante este tratamento, principalmente devido ao funcionamento das bombas de pressão, que fornecem ar à mistura durante a floculação.

As duas instalações físico-químicas analisadas têm um sistema de tratamento muito semelhante, embora Arcade trate mais do que o dobro do caudal, o que se traduz numa potência instalada e um consumo muito superior. No entanto, as percentagens de distribuição de potência e consumo são muito semelhantes.

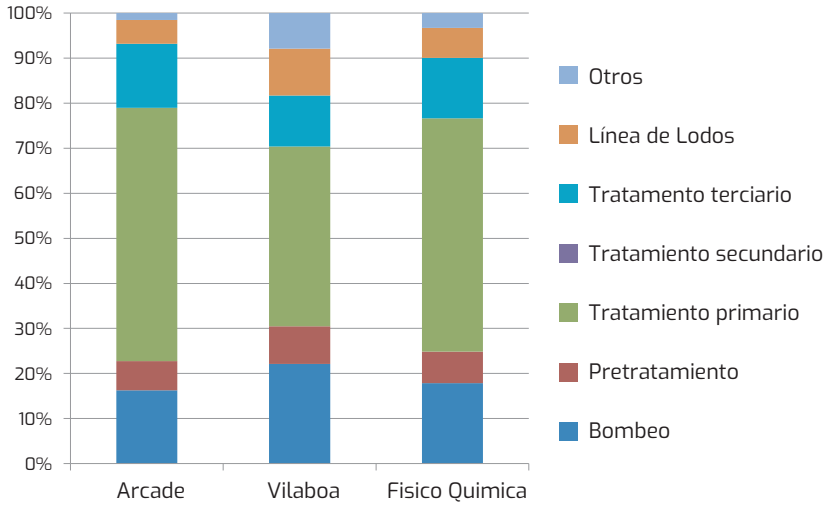


Figura 10: Distribuição de consumos em kWh nas instalações físico-químicas auditadas

A distribuição de potências e consumos nas instalações físico-químicas, com tratamento primário, é a seguinte:

Tabela 8. Distribuição potência instalada (kW) e consumo (kWh/ano) em ETAR físico-químicas

	Bombagem	Pré-tra-tam.	Trat. 1ª	Trat. 2ª	Trat.3ª	Linha de Lamas	Outros
kW instalados	29,75%	12,02%	41,68%	0,00%	3,64%	8,37%	4,53%
kWh consumidos	17,87%	6,98%	51,76%	0,00%	13,42%	6,66%	3,31%

4.7. Tratamento secundário

Foram auditadas 18 ETAR biológicas, isto é, estações em que a eliminação da matéria orgânica é realizada através de processos biológicos no tratamento secundário.

O mais comum foram as lamas ativadas (14 ETAR), um processo biológico que consiste no desenvolvimento de uma cultura bacteriana dispersa na forma de um flóculo num tanque agitado, arejado e alimentado com água residual, que é capaz de metabolizar como nutrientes os contaminantes biológicos presentes nessa água. A agitação evita sedimentos e homogeneíza a mistura dos flocos bacterianos com a água residual. O objetivo do arejamento é de fornecer o oxigénio necessário tanto para as bactérias presentes como para os restantes dos microrganismos aeróbicos.

Os principais consumos, neste caso, vêm dos agitadores, responsáveis pelo movimento da mistura, e dos sopradores, que fornecem à água o ar necessário para produzir o processo biológico.

O tratamento secundário destas ETAR envolve 7.463,60 kW instalados, 51,96% da capacidade instalada nas instalações biológicas. No total, o consumo do tratamento secundário das instalações auditadas representou mais de 18.993.325 kWh / ano, 56,63% do consumo total de ETAR.

Figura 11: a) Depósito, ETAR de Cedeira; b) Agitador, ETAR de Tomiño; c) Sopradores, ETAR Nigrán.

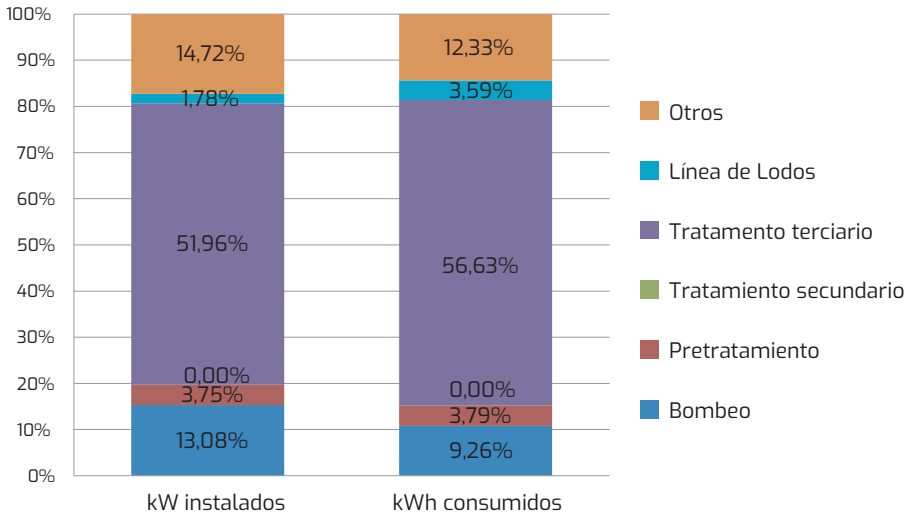


Figura 12: D*istribuição P(kW) e consumo (kWh/ano) em ETAR biológicas auditadas*

4.8. Tratamento terciário

O tratamento terciário constitui um complemento ao tratamento de águas residuais, obtendo-se assim a regeneração das mesmas. É usado principalmente quando as descargas são feitas em áreas sensíveis, onde devem ter baixos teores de azoto e fósforo, entre outros compostos que podem levar a um aumento descontrolado de microrganismos.

Das 20 instalação auditadas apenas 13 possuem algum tipo de sistema de tratamento terciário, sendo as mais comuns a desinfeção por lâmpadas UV, combinadas ou não com outros processos de eliminação de N e P.

O principal método de geração de radiação ultravioleta é a luz de arco de mercúrio de baixa pressão. Este método tem a vantagem de 85% da luz emitida ser monocromática, com um comprimento de onda de 253,7 nm. Para produzir UV, a luz é carregada pelo contacto com um arco elétrico que produz a excitação do vapor contido na luz. É nesse processo que ocorre a principal demanda de energia.

Figura 13: ***Desinfeção UV. ETAR Nigrán***

A potência instalada nesse processo não é elevada, com 3,12% do total. Mas sendo equipamentos com um período de funcionamento elevado, superior em muitos casos às 12 horas / dia, o consumo compreende uma percentagem superior ao total, 6,95%. O peso do consumo de energia deste processo é maior nas instalações físico-químicas (representando 13,42% do global) do que nas biológicas (3,59%).

A distribuição de potências e consumo nas instalações com tratamento terciário é a seguinte:

Tabela 9. Distribuição Potência instalada (kW) e consumo (kWh/ ano) em ETAR auditadas com tratamento terciário

	Bombeo	Pretrat	Trat. 1ª	Trat. 2ª	Trat.3ª	Lodos	Otros
kW instalados	11,13%	3,94%	1,01%	3,12%	14,63%	13,19%	11,13%
kWh consumidos	6,56%	4,94%	0,98%	59,54%	6,95%	9,05%	6,56%

4.9. Linha de Lamas

Neste processo são realizadas as ações de tratamento e secagem de lamas, tanto das lamas primárias depositadas nos tanques de decantação primária quanto no excesso de lamas produzidas no tratamento biológico. Todas as ETAR têm sistemas de tratamento e extração de lamas.

O principal consumo de energia ocorre durante as operações de secagem de lamas, principalmente por meios mecânicos, como centrífugas ou filtros de banda. Em alguns casos, o sistema de desodorização, é incluído nesse processo, também representa uma percentagem importante de consumo.

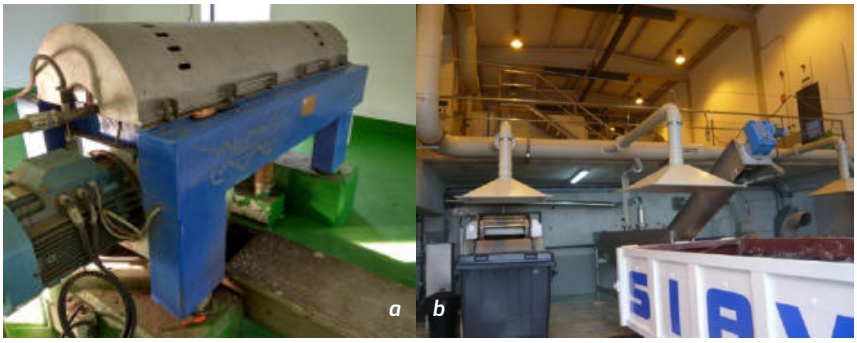


Figura 14: ***a) Centrifuga*****, ETAR** ***Cedeira; b) Desodorização*****, ETAR de** ***Ares***

No total, o tratamento de lamas corresponde a 12,27% do consumo global da instalação.

4.10. Gestão energética

O consumo de energia das instalações não é monitorizado em tempo real, não sendo possível acompanhar e analisar continuadamente os consumos desagregados de energia na instalação.

Neste tipo de instalação, com um peso tão importante da faturação elétrica nos custos operacionais, recomenda-se um sistema de monitorização em tempo real, com o qual é possível analisar, comparar e estabelecer relações entre os dados obtidos, bem como estudar desvios no consumo ao longo da vida da instalação.

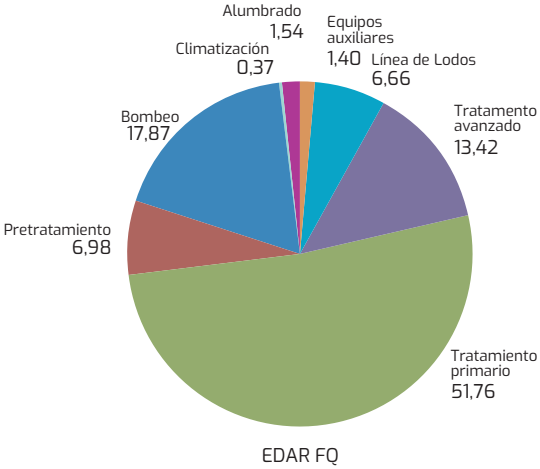
4.11. Total de processos

O principal consumo da ETAR ocorre durante o processo de tratamento de água, sendo os consumos devido a iluminação e climatização pouco representativos, representando 2,38%. Dos diferentes processos de tratamento, o principal consumo ocorre no tratamento secundário (no primário, no caso de ETAR físico-químicos), devido ao funcionamento dos sopradores e dos agitadores.

Tabela 10. Distribuição da potência instalada (kW), do consumo (kWh/ano) e das emissões gasosas pelos processos nas ETAR auditadas

	Potência instalada kW	Consumo kWh/ano	Emissões Tn CO_2/ano
Bombagem de entrada	1.939,38	3.167.972	1.235,54
Pré-tratamento	563,47	1.294.970	505,05
Tratamento 1º	85,45	176.699	68,90
Tratamento 2º	7.463,60	18.993.326	7.407,59
Tratamento 3º	263,66	1.250.187	487,59
Linha de Lamas	2.131,40	4.158.696	1.621,93
Outros	2.123,57	4.836.999	1.886,49
TOTAL	14.570,53	33.878.849	13.213,09

Para estabelecer a repartição dos consumos em uma ETAR, a partir da análise realizada, se diferenciou entre ETAR físico-química e biológica, obtendo-se os seguintes resultados:



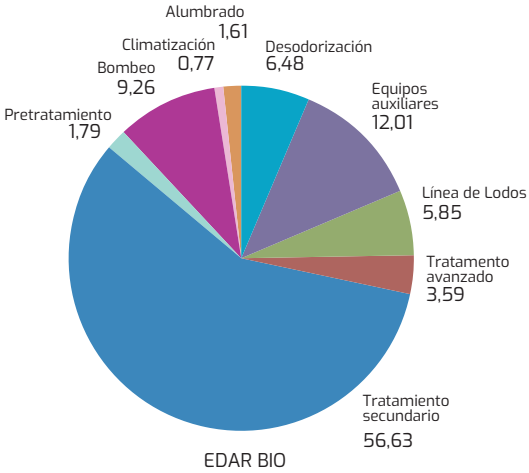


Figura 15: Perfil Energético de ETAR *a) Físico-Química b) Biológica*

5. MEDIDAS DE MELHORIA PROPOSTAS

As auditorias realizadas propuseram, com base na informação recolhida e analisada, foram identificadas diferentes propostas de melhoria para otimizar a operação energética das instalações.

Essas propostas de melhoria implicam uma redução significativa tanto do gasto económico como do consumo de energia, com a consequente redução das emissões associadas às atividades de tratamento de águas residuais.

A maioria das melhorias propostas são replicáveis em outras ETAR de caraterísticas similares, sempre depois de se realizar um estudo individualizado e adaptado às particularidades de cada caso.

Algumas das medidas desenvolvidas incidem diretamente na poupança energética, especialmente no uso de sistemas mais eficientes. Mas também se propõem medidas relacionadas com a valorização energética dos resíduos gerados, que é um dos grandes desafios que estas instalações enfrentam e as poupanças puramente económicas relacionadas fundamentalmente com uma gestão correta da faturação elétrica.

As poupanças propostas se estabeleceram a partir de estratégias de cálculo, mas também na base de casos analisados bem-sucedidos. Uma vez que a casuística de cada instalação é diferente, a avaliação das poupanças obtidas em cada caso particular deve realizar-se mediante a comparação dos consumos antes e depois da implementação da medida. Para tal, é imprescindível projetar e implementar um correto sistema de medição e controlo que afetará positivamente na gestão da estação.

Finalmente, se apresentam os casos de referência das estações que implementaram com êxito as medidas descritas e cuja a experiência pode servir como guia no desenvolvimento das mesmas.

Muitos dos casos de referências aqui referidos foram implementados no âmbito do projeto AQUALITRANS nas ETAR da zona da Galiza e do Norte de Portugal (Sobreiras).

5.1. Variadores de Frequência

5.1.1. Uso de variadores de frequência

5.1.1.1. Contexto

Os variadores de frequência podem ser utilizados numa grande gama de aplicações, sendo as mais comuns aquelas aonde é necessária uma velocidade variável na operação.

Uma grande parte dos motores acoplados aos equipamentos de uso industrial foram projetados para funcionar a velocidade constante, sendo que este fato não implica qualquer problema quando as condições de operação são constantes, mas em situações nas quais se verificam condições variáveis, a eficiência energética do sistema pode ser reduzida.

Nas ETAR existem equipamentos como bombas, ventiladores e sopradores, etc. que por vezes são projetados para funcionar à velocidade constante, de modo que se for necessário a variação do seu caudal se deverá realizar o ajuste do fluxo por meio de dispositivos de estrangulamento, circuitos de *bypass* ou mediantes paragens contínuas. Estes métodos aumentam as perdas de carga ou consomem energia desnecessária, com a utilização de um variador de frequência acoplado ao motor se poderá evitar estas perdas. Além disso, nas ETAR é também comum que existam motores a trabalhar a uma velocidade superior à necessária para sua correta operação. Em ambos casos, o uso de variadores, é recomendado para a redução do gasto energético.

Na seguinte figura é representada graficamente a energia requerida (azul) e a energia desperdiçada (vermelho) para diferentes estratégias de controlo para o ajuste do caudal.

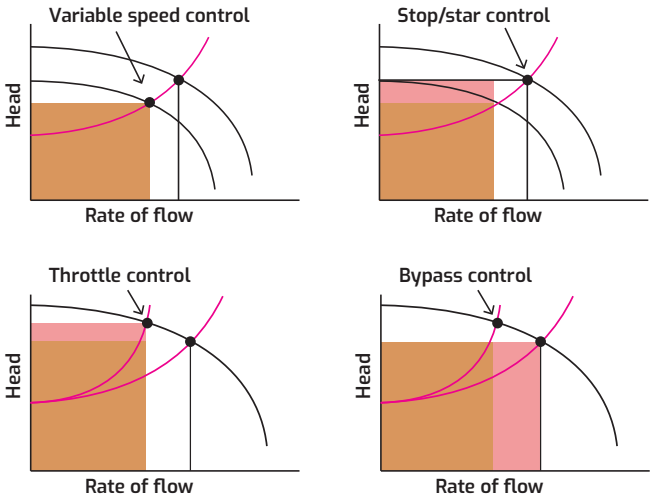


Figura 16: Estratégias de ajuste do fluxo com variador de frequência, arranque/paragem, estrangulamento ou bypass

5.1.2. Objetivo

A instalação de variadores de frequência nos motores os quais o controlo da velocidade pode trazer uma minimização dos consumos energéticos.

5.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas.

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os motores elétricos com necessidade de controlo de velocidade de quaisquer dos processos anteriores.

5.1.4. Casos de aplicação

Existem duas situações em que esta medida pode ser aplicada:

a) Motores acoplados a bombas ou ventiladores cuja regulação de caudal se realiza mediante estrangulamento, bypass ou mediante arranque/paragem.
b) Motores cuja velocidade se pode diminuir sem afetar a sua operação.

Figura 17: Variadores de frequência para a regulação de caudal de bombas de recirculação na ETAR de *Ribadumia*.

5.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Nos casos contemplados no ponto anterior será necessário conhecer:

- Horas de funcionamento do motor;
- Potência nominal e fator de carga
- Parâmetros hidráulicos
- Características do motor
- Características do variador
- Preço da energia elétrica e incremento anual

5.1.6. Poupança energética

Podem ser alcançadas poupanças até 50% com a implementação desta solução.

Para o cálculo da poupança de energia, as leis de similaridade ajudam a prever o comportamento de uma máquina. A partir dessas leis, segue-se que:

- Os caudais são diretamente proporcionais às velocidades angulares:

$$Q_f = Q_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)$$

- As alturas úteis são diretamente proporcionais aos quadrados das velocidades angulares:

$$H_f = H_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)^2$$

- As potências úteis são diretamente proporcionais à função cúbica das velocidades angulares:

$$P_f = P_0 \left(\frac{n_f}{n_0}\right)^3$$

A utilização de variadores de frequência para o controlo do fluxo, ao invés de se utilizar outras estratégias de operação como o controlo mediante válvulas de estrangulamento, técnica comum nas indústrias, proporciona poupanças energéticas muito significativas e, portanto, poupanças económicas muito importantes.

Na seguinte figura é observável uma análise da energia poupada numa bomba utilizando variadores de frequência invés de um sistema de regulação de caudal mediante a utilização de uma válvula.

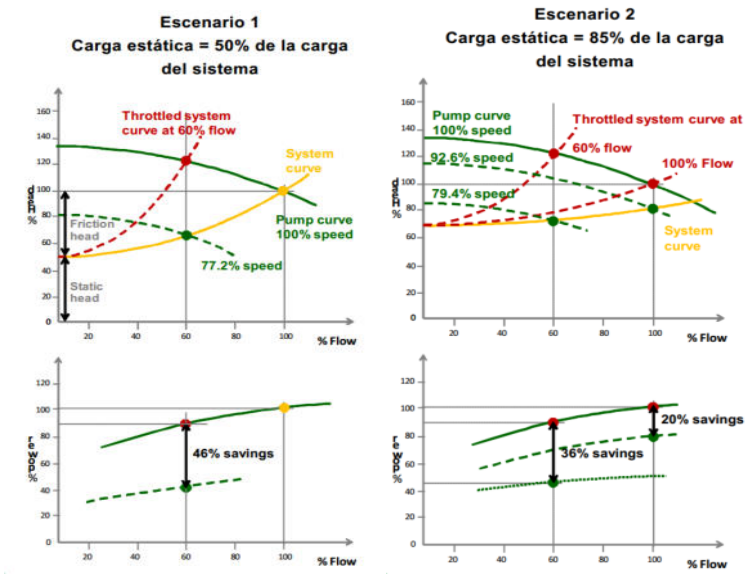


Figura 18: Poupança energética mediante a utilização de variadores a diferentes pressões estáticas. Fonte Schnneider

5.1.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do projeto AQUALITRANS, na ETAR de A Pobra do Caramiñal, foram implementados variadores de frequência em 2 dos 8 rotores dos reatores biológicos, equipamentos que apresentam uma potência de 30kW cada. A par da instalação dos variadores de frequência, foi esvaziado o desarenador-desengordurador, foi acondicionado um pequeno espaço interior para albergar os variadores de frequência e foram melhoradas as instalações elétricas e os comandos analógicos e digitais. Também o PLC e SCADA foram programados para incluir os novos sinais digitais e analógicos e para registar o consumo elétrico dos rotores. Essa informação recebeu também uma nova forma de comunicação com o PLC através de MODBUS.

Assim, e mantendo-se a potência instalada de 240 kW associada aos rotores dos reatores biológicos, durante o período em análise constatou-se que o consumo de arejamento terá sido reduzido de 18.398 kWh para 14.052 kWh, representando uma poupança de 24% na energia consumida pelos equipamentos em causa.

Figura 19. Variadores de frequência colocados na instalação.

Também no âmbito do projeto AQUALITRANS, foram colocados variadores de frequência nas 4 bombas de elevação da ETAR de Sobreiras, localizada na cidade do Porto, a par da medida de substituição dessas mesmas bombas de elevação. Assim, as bombas de elevação do efluente foram substituídas por bombas de igual potência, preparadas para funcionar com variação de velocidade e foram equipadas com o mesmo número de variadores de velocidade para ajuste do ponto de funcionamento.

Figura 20. Bombas de elevação e variadores de frequência instalados.

A previsão de poupança energética associada a esta medida de instalação de variadores de frequência nas bombas de elevação, em conjunto com a medida de substituição das próprias bombas, aponta para uma redução de 452.076 kWh/ano, equivalendo a uma poupança económica de 45.424 €/ano.

5.2. Motores Elétricos

5.2.1. Substituição por motores de alta eficiência

5.2.1.1. Contexto

Uma grande parte dos equipamentos das ETAR utilizam motores para o seu funcionamento. As bombas, os ventiladores, os circuladores, os agitadores, etc. são equipamentos acionados por motores elétricos, que funcionam de forma contínua ou quase contínua neste tipo de instalações industriais.

CLASSES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional) publicou normas IEC 60034-30 para a harmonização das classes das eficiências dos motores, estabelecendo as classes IE (*International Efficiency*) para motores desde 0,75 até 375 kW.

A classificação estabelecida é a seguinte:

- IE1: eficiência padrão (comparável com antiga EFF2).
- IE2: alta eficiência (comparável com antiga EFF1).
- IE3: eficiência premium.
- IE4: eficiência super premium.

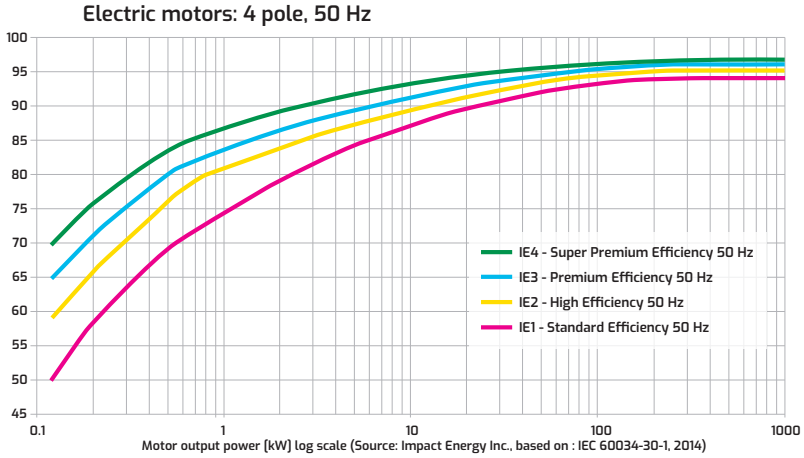


Figura 21: Eficiência dos motores em função da potência e da categoria. IEC 60034-30-1

A substituição dos motores por motores de maior eficiência representa uma diminuição do consumo energético dos mesmos e devido ao elevado número de horas/ano de funcionamento, em muitas ocasiões, esta redução de custos compensa o investimento realizado. Desde 01/01/2017 (de acordo com Regulamento (CE) 640/2009), só é permitido instalar motores IE3 em potência desde 0,75 a 375 kW ou como alternativa motores IE2 acionados por variadores de frequência.

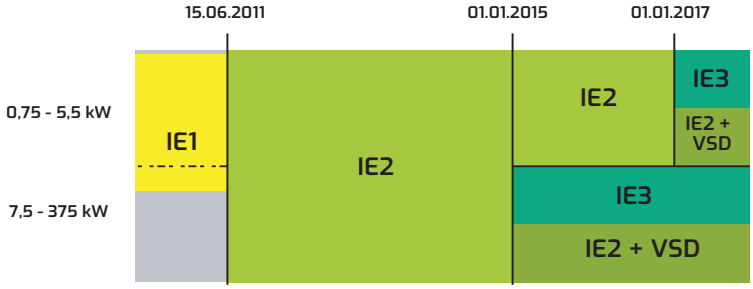


Figura 22: Classes de eficiência de novos motores a instalar segundo o Regulamento CE 640/2009

5.2.1.2. Objetivo

A substituição de motores por outros de maior eficiência naqueles casos em que as poupanças proporcionadas justifiquem o investimento.

Para avaliar o retorno económico derivado da substituição de um motor por outro deve-se ponderar os custos do ciclo de vida do motor, nos quais se incluem os custos de energia, manutenção e de investimento.

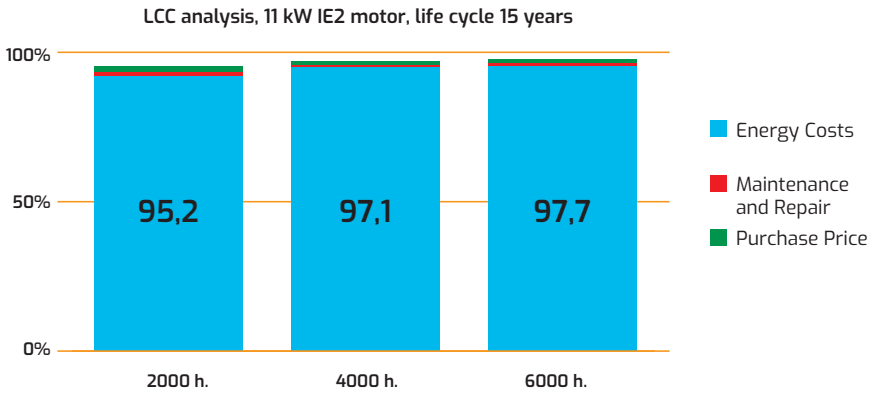


Figura 23: Análise dos custos do ciclo de vida. Fonte "Almeida, Ferreira, Fong & Fonseca, 2008).

Existem muitos motivos para avaliar a substituição de um motor: antiguidade, sobredimensionamento, má manutenção, etc. Quando se avalia a substituição de um motor exclusivamente por um com maior eficiência, as principais motivações a ter em linha de conta no momento da avaliação da necessidade de substituir um motor são:

- Sobredimensionamento. Em muitos casos, mais especificamente nas ETAR com grande frequência, utilizam-se critérios de robustez para o dimensionamento dos equipamentos, que estão ligados diretamente ao aumento da ineficiência energética devido a que o motor trabalha fora do seu regime de nominal um grande número de horas. O rendimento de um motor baixa consideravelmente quando a sua a carga é inferior a 50%.
- Antiguidade. Um motor antigo em operação sofre uma perda do seu desempenho inicial, com o consequente aumento do consumo de energia. Normalmente, os motores antigos realizam manutenção a qual envolve o seu rebobinamento. Considera-se que após 2 ou 3 rebobinagens a eficiência de um motor pode diminuir em 2%.
- Eficiência. Atendendo a critérios de melhoria do rendimento energético do motor.

5.2.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável aos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

5.2.1.4. Dados principais necessários para avaliação da medida

Para quantificar a poupança de uma forma fiável é necessário dispor de profissionais qualificados e de equipamento de medida precisos e direcionados para a análise do rendimento de um motor, condições estas que não são fáceis de encontrar.

Por este motivo, em muitos casos, a avaliação do rendimento do motor existente deve-se realizar com base de dados estimados obtidos das placas caraterísticas, informação do pessoal de manutenção sobre as rebobinagens efetuadas e informação dos fabricantes.

Os dados que se devem ter em conta para fazer avaliação da medida são:

- Dados técnicos:
  - Potência nominal do motor.
  - Vida útil.
  - Voltagem e frequência.
  - Número de polos.
  - Rendimento nominal.
- Dados de funcionamento:
  - Perfil de carga.
  - Curva de rendimento em função do perfil de carga.
  - Horas de funcionamento.
  - Nº de rebobinados.
- Dados económicos.
  - Custo da energia elétrica.
  - Custo de manutenção.
  - Taxa de evolução dos preços da energia.
  - Taxa de evolução do custo de manutenção.
  - Investimento inicial.

5.2.1.5. Poupança energética

Pode-se chegar a poupanças até 12% com a implementação desta solução.

5.2.1.5.1. Método de cálculo

Para o cálculo da poupança energética é necessário conhecer:

Para o cálculo da poupança energética (kWh) deve-se aplicar a seguinte fórmula:

Poupança energética (kWh) = Consumo actual (kWh) - Consumo futuro (kWh

$$Consumo\ actual = \frac{P_{actual} * h\ * FC}{\eta_{actual}}$$

(a) Se se modifica a potência do motor futuro:

$$Consumo\ futuro = \frac{P_{propuesta} * h\ * FC}{\eta_{futuro}}$$

(b) Se não se modifica a potência do motor atual:

$$Consumo\ futuro = consumo\ actual * \frac{\eta_{actual}}{\eta_{futuro}}$$

sendo,

P: Potência instalada motor (kW)
h: Número de horas anuais de funcionamento.
FC: Fator de carga (%).
η: Rendimento do motor.

5.2.1.5.2. Medidas em campo

Tabela 11. Equipamento de medida recomendada

Equipamentos de medida	Parâmetros medidos
Pinça amperimétrica	Medida da potência e estimativa dos restantes de parâmetros
Analisador de redes	Medida do consumo atual durante um período limitado. Estimativa para um período de um ano
Equipamento específico de medida motores	Medida de todos os parâmetros de funcionamento do motor (potência, horas, fator de carga, rendimento)

5.2.1.5.3. Casos de aplicação

Recomenda-se a substituição por motores de alta eficiência nos seguintes casos:

- Motores entre 0,75- 15kW com classe eficiência IE1 e mais de 4 000h de funcionamento.
- Motores superiores a 15kW com classe eficiência IE1 e mais de 5 000h de funcionamento.
- Motores com classe de eficiência IE2 e mais de 8 000h de funcionamento.

Tabela 12. Quadro resumo dos casos de aplicação de substituição de motores

Gama de potência de motores a avaliar	Classe eficiência motor atual	Nº horas mínima (h/ano)
Motores entre 0,75 – 15 kW	IE1	4 000 h
Motores > 15kW	IE1	5 000h
Motores de todas gamas potência	IE2	8 000h

Há que destacar que no caso dos motores que não disponham de variador de velocidade e a sua instalação seja interessante, é recomendável priorizar o investimento de um variador invés de um motor.

5.2.1.6. Casos de referência

A ETAR de Arroyo de Quiñones tem implementado nas suas instalações motores de alta eficiência tipo IE4, quatro deles são para o acionamento dos ventiladores 160 kW, que fornecem ar aos processos biológicos e outros processos, outros três para ventiladores acionados por motores de 15 kW. Além disso, outros quatro motores são utilizados para o acionamento nas bombas de recirculação de lamas de 15 kW.

Outras ETAR que implantaram esta solução são, por exemplo: ETAR de Altea e Pinedo.

5.2.2. Substituição de motores avariados por motores de alta eficiência

5.2.2.1. Contexto

Como se explicou no ponto anterior, um número importante de equipamentos das ETAR utiliza motores para o seu funcionamento. A substituição por motores de maior eficiência, uma vez que seja necessária sua substituição, supõe uma diminuição no consumo energético de toda a instalação e é usual que a redução de custos compense a diferença do investimento realizado.

Além disso, desde 01/01/2017 (de acordo com o Regulamento (CE) 640/2009) só é permitido instalar motores IE3 nas potências desde 0,75 a 375 kW ou como alternativa, motor IE2 acionado por variador de frequência.

Esta medida é muito semelhante à anterior, com a diferença de que, no caso anterior, as alterações foram propostas em qualquer momento do ciclo de vida do motor, e nesta a substituição ocorre quando existe uma avaria nos motores que torne necessária a mudança deste.

5.2.2.2. Objetivo

A substituição dos motores por outros de maior eficiência energética, no final dos seus respetivos ciclos de vida.

Na hora de selecionar um motor que substitua um avariado, deve valorizar-se não só o custo do investimento inicial, como também os custos de manutenção e do consumo ao longo do seu ciclo de vida.

Entre as vantagens de optar por um motor IE3 ou superior, além da poupança derivada de um menor consumo, estão:

- Redução do aumento da temperatura do motor; deste modo ocorrem menos perdas, aumentando assim a sua vida útil.
- Permite operações em regimes intermitentes, com pico de carga superiores ao nominal.
- Têm maior reserva de potência para operar em ambientes com temperaturas superiores a 40ºC e em zonas de altitudes superiores.
- São mais adequados nas aplicações com variadores de frequência.
- Reduzido custo de manutenção.

5.2.2.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

5.2.2.4. Casos de aplicação

A diferença de custos entre IE2, IE3 e IE4 é pouco significativa em comparação com a redução dos custos energéticos que podem implicar nestes casos. A partir das 2000 horas de funcionamento produzem-se amortizações atrativas (entre 0,5 e 2,5 anos) ao instalar um motor mais eficiente, nos casos em que a substituição do motor têm que se realizar por cessação de funcionamento. Para valores inferiores a 2000 horas de funcionamento se recomenda uma análise mais profunda.

5.2.2.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem ter em linha de conta para fazer a avaliação da medida são:

- - Dados técnicos
    - Potência nominal do motor
    - Vida útil
    - Voltagem e frequência
    - Número de polos
    - Rendimento nominal
- Dados de funcionamento

    - Perfil de carga
    - Curva de rendimento em função do perfil de carga
    - Horas de funcionamento
    - Nº de rebobinagens
- Dados económicos
    - Custo da energia elétrica
    - Custo de manutenção
    - Taxa de evolução dos preços da energia
    - Taxa de evolução do custo de manutenção
    - Investimento inicial

5.2.2.6. Poupança Energética

Podem-se alcançar poupanças até 10% com a implementação desta solução, em função das caraterísticas dos motores substituídos.

O cálculo da poupança esperada será realizado de forma análoga a Medida 2.2, aplicando a fórmula:

$$Poupança\ atual\ (kWh) = Consumo\ atual\ (kWh) - Consumo\ futuro\ (kWh)$$

(a) Se se modifica a potência do motor futuro:

$$Consumo\ futuro = \frac{P_{Proposta} * h\ * FC}{\eta_{futuro}}$$

(b) Se não se modifica a potência do motor atual:

$$Consumo\ futuro = consumo\ atual * \frac{\eta_{atual}}{\eta_{futuro}}$$

sendo,

P: Potência instalada no motor (kW)
h: Número de horas de funcionamento anuais
FC: Fator de carga (%)
η: Rendimento do motor

Por outro lado, para escolher entre vários motores, terá que se avaliar o desempenho de cada um e o consumo esperado em cada caso, para estabelecer se o investimento feito num motor de maior eficiência se recupera num prazo razoável.

Por exemplo, comparando um motor de 90 kW de 4 polos, de acordo com a IEC-60034-30:

Tabela 13. Comparação entre motores 90 kW

Categoría	Rendimento Padrão	Horas funcionamento	Consumo anual esperado kWh	Coste anual
IE2	94,20%	8.500	812.102	97.450 €
IE3	95,20%	8.500	803.571	96.428 €

Assumindo um preço da energia elétrica de 0,12 €/kWh, a poupança anual conseguida será de 1022 €. Tendo em linha de conta que as diferenças do preço entre ambos motores estão na ordem dos 2000 €, o investimento será recuperado aproximadamente em dois anos e neste caso a compra de um motor mais eficiente estaria mais que justificada.

No caso da diminuição das horas de trabalho do motor, observa-se que, se o mesmo motor tivesse um horário de funcionamento muito menor, 500 horas/ano, a poupança baixaria a 60 €/ano. O período de retorno do investimento seria superior a 20 anos.

5.2.2.7. Casos de referência

Entre as ETAR que implementaram esta solução se encontram

- ETAR Altea
- ETAR Orihuela

5.2.3. Substituição dos motores sobredimensionados

5.2.3.1. Contexto

É habitual encontrar-se na indústria motores sobredimensionados para o trabalho que realizam. Durante a fase de projeto existe a tendência a sobredimensionar estes equipamentos com objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas e também para reduzir riscos no cálculo e seleção; em muitos dos casos estas medidas não são justificadas. Existem estudos que indicam atualmente que pelo menos um terço dos motores na indústria está sobredimensionado. Os motores que funcionam com fatores de carga baixos apresentam um decréscimo significativo no rendimento, o qual diminui exponencialmente.

5.2.3.2. Objetivo

A substituição de motores sobredimensionados, sempre e quando seu sobredimensionamento seja de uma magnitude suficiente para afetar no rendimento.

5.2.3.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os motores elétricos com necessidade de controlo de velocidade de quaisquer dos processos anteriores.

5.2.3.4. Casos de aplicação

Como nas propostas anteriores, é necessário analisar a substituição dos motores que trabalham mais de 2000 horas anuais e que funcionam com uma carga de menos de 50% da sua potência nominal.

Quando estes motores estão significativamente sobredimensionados recomenda-se substituir por motores da potência adequada e de maior eficiência.

Quando estes motores estão apenas moderadamente sobredimensionados recomenda-se substituir, uma vez que deixem de funcionar.

5.2.3.5. Dados principais necessários para a avaliação da medida

Os dados que se devem ter em linha de conta para fazer uma avaliação da medida são:

- Horas de funcionamento
- Carga do motor
- Eficiência do motor à carga de funcionamento
- Caraterísticas do motor
- RPM à máxima carga
- Tensão, intensidade e fator de potência
- Custo da energia elétrica

5.2.3.6. Poupança energética

Podem-se chegar a alcançar poupanças até 25% com a implementação desta solução, sempre dependendo das caraterísticas do motor substituído e do novo. Os motores sobredimensionados trabalham num ponto em que o rendimento e o fator de carga não são ótimos. Por exemplo, um motor de 100 kW operando apenas a 25% da carga, ou seja, fazendo um trabalho de um motor de 25 kW. O rendimento do motor é de aproximadamente 78% e seu fator de potência é cerca de 0,05.

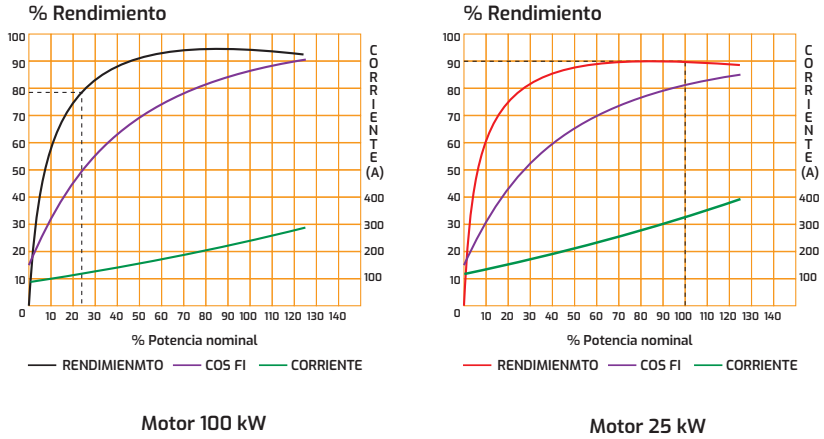


Figura 24: Curvas de rendimento dos motores de 100 kW vs 25 kW. Fonte WEG

Se se assumir a curva do motor adequado, de 25 kW trabalhando a 100%, o rendimento e o fator de potência estão em pontos otimizados, sendo respetivamente 90,1% e 0,082.

Calculando de uma forma aproximada o consumo esperado por hora de trabalho para cada um:

$$P_{100} = 100 \text{ kW} \times 0{,}25 / 0{,}78 = 32{,}05 \text{ kWh}$$

$$P_{25} = 25 \text{ kW} \times 1 / 0{,}901 = 27{,}75 \text{ kWh}$$

Assim, neste caso obter-se-ia uma poupança energéticas de 13,5%. Além disso, a melhoria do fator de potência diminui o consumo de energia reativa da estação.

5.2.3.7. Casos de referência

Entre as ETAR que implementaram esta solução encontra-se, por exemplo, a ETAR de Murcia.

5.3. Bombas

5.3.1. Substituição das bombas sobredimensionadas

5.3.1.1. Contexto

É habitual encontrar-se os sistemas de bombagem sobredimensionados para o caudal e altura manométrica necessária.

Durante a fase de projeto tende-se a sobredimensionar os equipamentos da instalação com o objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas, de reduzir os riscos no cálculo e na seleção, assim como para proporcionar maior robustez ao sistema. Esta situação supõe que as bombas trabalhem normalmente nos pontos ótimos de funcionamento.

5.3.1.2. Objetivo

Adequar os equipamentos de bombagem às condições requeridas com objetivo de que trabalhem em pontos ótimos de funcionamento.

5.3.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável as estações de bombagem de diversos processos da ETAR

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são as bombas.

5.3.1.4. Casos de aplicação

A ETAR com consumos elevados na bombagem da água e das lamas devido ao sobredimensionamento dos equipamentos.

A utilização de variadores de frequência é uma opção a considerar, no caso do perfil de caudais requerido ser variável, em caso contrário, a substituição da bomba é uma opção a analisar.

5.3.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Perfil de caudal requerido
- Perfil de pressões
- Horas de funcionamento anual.

5.3.1.6. Poupanças Energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 30% com a implementação desta solução.

Todas as bombas devem funcionar dentro das especificações da bomba em questão (geralmente definido no manual de instruções/folha de dados fornecido pelo fabricante das bombas). A eficiência da bomba varia segundo seus parâmetros de funcionamento. As bombas estão projetadas para dar um funcionamento ótimo no ponto de máximo rendimento (BEP), no entanto fora desse ponto ótimo perde-se rapidamente a eficiência e baixa o rendimento.

O ponto de funcionamento de uma bomba deve estar o mais próximo possível do BEP. De referência, estabelecem-se as seguintes gamas de trabalho numa bomba:

- Gama admissível: caudal entre 20 e os 150% do nominal
- Gama adequada: caudal entre os 66 e os 115% do nominal
- Gama ótima: caudal entre os 85 e os 105% do nominal

Numa bomba a trabalhar a 40% abaixo do seu ponto ótimo, observa-se que o rendimento deste equipamento diminuiu cerca de metade:

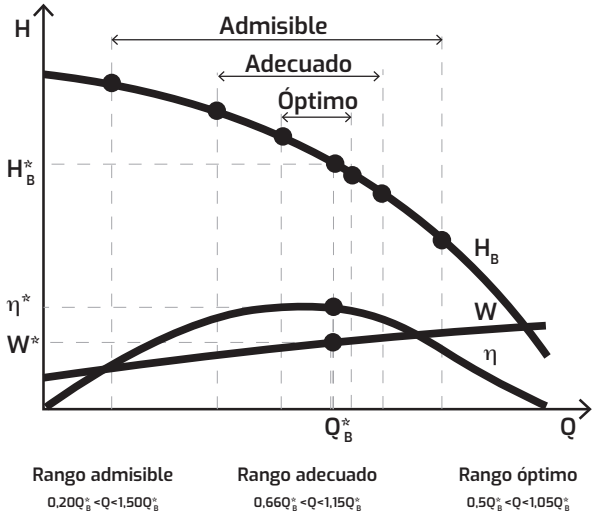


Figura 25: Gamas de funcionamento de uma bomba. Fonte IDAE

Uma vez que o consumo energético de uma bomba é dado por:

No caso da substituição por uma bomba mais ajustada e com maior rendimento, a diminuição de consumo (kWh) será dada pela diferença entre requerido atual/rendimento atual e o requerido atual/rendimento novo.

Além de reduzir a eficiência da bomba o que proporciona um sobrecusto energético, o funcionamento em níveis afastados do "BEP" acelera o desgaste e piora fiabilidade. Por exemplo, um funcionamento a 60% do BEP representa:

- Uma redução de 50% da vida útil das juntas
- Uma redução de 20% da vida útil dos rolamentos
- Uma redução de 25% da vida útil do impulsor e do corpo da bomba
- Um incremento aproximado de 100% dos custos de manutenção

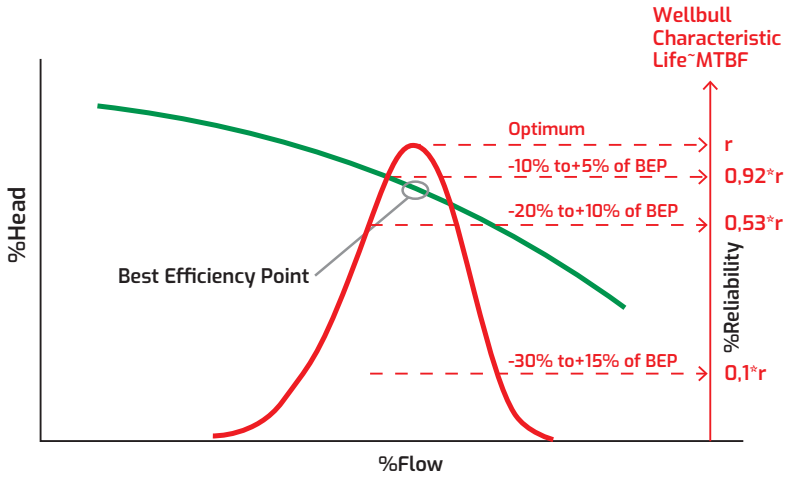


Figura 26: Impacto sob a fiabilidade da bomba da distância do BEP. Fonte Schneider

5.3.1.7. Casos de referência

Na figura seguinte pode-se observar o rendimento de uma bomba de água bruta de uma ETAR (35 kW) e o de um equipamento de menor potência instalado posteriormente (13,5kW). É significativa a diferença de rendimento entre ambos equipamentos na gama de caudais selecionados pela exploração (200-240 m³/h), o que torna a amortização do investimento efetuado na aquisição do novo equipamento rápida.

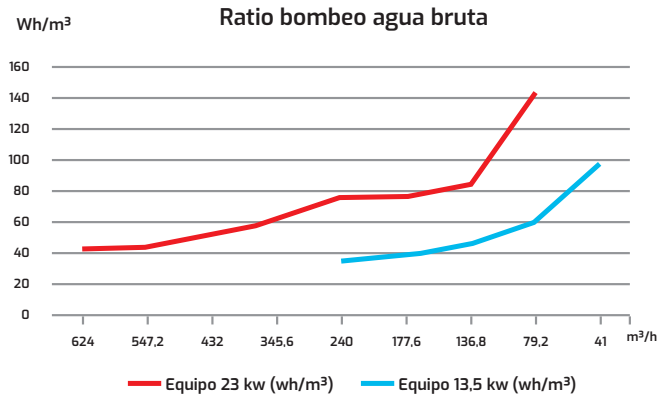


Figura 27: Rendimento de 2 bombas em função do caudal debitado

A figura anterior mostra que para bombear 1 m³ de água, a bomba de 35 kW necessita de 78Wh, enquanto que a bomba de 13,5 kW só necessita de 38Wh, metade da energia para se obter o mesmo resultado.

5.3.1.8. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do projeto AQUALITRANS, foram efetuadas duas medidas de substituição de bombas de elevação. No caso da ETAR de Gondomar, foram substituídas as 3 bombas de 22kW por 2 bombas de 17,4 kW e 1 bomba de 16 kW, às quais foram associados três arrancadores suaves. A sua substituição supôs igualmente a programação das mesmas aos sistemas PLC e SCADA. Prevê-se que, considerando a redução da potência média de 36,72 kW para 15,59 kW, o consumo anual das bombas reduza de 191.726 kWh para 174.471 kWh, ou seja uma poupança de 9% face ao consumo dos equipamentos. Não existem ainda, no entanto, resultados quantitativos que comprovem as poupanças reais.

Figura 28. Bombas de elevação instaladas na ETAR de *Gondomar*

No caso de Sobreiras, além da instalação de Variadores de Frequência, foram igualmente substituídas as 4 bombas de elevação existentes, mantendo-se, no entanto, a potência instalada.

A previsão de poupança energética associada a esta medida de instalação de variadores de frequência nas bombas de elevação, em conjunto com a medida de substituição das próprias bombas, aponta para uma redução de 452.076 kWh/ano, equivalendo a uma poupança económica de 45.424 €/ano.

Figura 29. Bombas de elevação substituídas na ETAR de Sobreiras.

5.4. Processos de Arejamento

5.4.1. Implementação de tecnologias de arejamento por difusão

5.4.1.1. Contexto

O fornecimento de ar é um processo crítico no tratamento das águas residuais. Os sistemas de arejamento de uma ETAR consomem entre 25 e 70% da energia de uma ETAR.

Os sistemas de arejamento mais utilizados são os de superfície e os de difusão. Enquanto que nos de superfície o ar é dissolvido na água mediante equipamentos parcialmente submergidos que agitam a água residual, nos de difusão o ar é injetado na parte inferior do tanque de arejamento formando bolhas que auxiliam a difundir o ar na água residual e quebrar a estratificação da coluna de água.

Os sistemas de superfície implicam um investimento menor e têm custos de manutenção menor, os de difusão, são os mais eficientes energeticamente e apresentam menores custos de operação. Os rácios de consumo energético geralmente situam-se entre 1,8-2,0 kgO_2/kWh para os sistemas de superfície e entre 3-5 kgO_2/kWh para os sistemas de difusão.

5.4.1.2. Objetivo

A substituição da tecnologia de arejamento superficial por tecnologia de arejamento por difusão para melhoria da eficiência do arejamento.

5.4.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável ao tratamento secundario da ETAR:

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento.

5.4.1.4. Casos de aplicação

Devido à redução dos custos de operação (fundamentalmente devido à diminuição do consumo energético) que apresentam os sistemas de difusão e ao incremento dos custos de manutenção e investimento que implica, a medida produzirá poupanças mais significativas quanto maior seja o consumo energético do sistema de arejamento.

5.4.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

O objetivo fundamental de todo o sistema de arejamento é transferir oxigénio para a mistura de lamas e que este oxigénio dissolvido possa ser utilizado pelos distintos microrganismos. Existem numerosas variáveis de sistema de arejamento que afetam os rendimentos desta transferência de oxigénio. Os dados que devem ter em linha de conta para fazer avaliação da medida são:

- Tipo de arejamento superficial implementada
- Tipo de difusor proposto
- Número de difusores
- Pressão disponível
- Profundidade do tanque
- Área do tanque
- Custo da energia elétrica

5.4.1.6. Poupança energética

Podem-se chegar a alcançar poupanças até 50% com a implementação desta solução.

Uma forma sucinta de fazer uma avaliação rápida da poupança conseguida é utilizar os rácios de transferência de oxigénio-eficiência padrão de um arejador, amplamente acordados para cada tecnologia.

Para isso, é necessário estabelecer o *Standard Oxygen Transfer Rate* (SOTR): quantidade de oxigénio transferido por um arejador numa hora e em água limpa a 20ºC com 0 mgO_2/l (expressa-se em kg/hora) fornecido pelo fabricante do equipamento. A partir daí, estabelece-se o Standard Aerator Efficiency (SAE): SOTR dividido pela potência do arejador (expressa-se em kg de oxigénio por kWh).

A tabela seguinte, pode ser assumida como uma referência aproximada dos níveis de poupanças energéticas esperadas. O cálculo da poupança real deve realizar-se mediante sondas de transferência de O_2.

Tabela 14. Comparação SAE/Tecnologia. *ASCE WEF Manual of practice 8: Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*

Tipo de arejador	SAE kg O_2/kWh
Arejadores de jato	0,8-1,5
Arejadores mecânicos	0,9-2,2
Bolha Grossa	0,5-2,0
Bolha fina (Tipo Tubular)	2,0-4,0
Bolha fina (Tipo Disco-Alta densidade)	4,0-6,0

De acordo com a tabela anterior, na igualdade de requisitos de funcionamento, a poupança aproximada vai depender do sistema a substituir e do sistema selecionado. No caso de substituir um sistema de arejadores mecânicos por um sistema de difusão de bolha fina do tipo tubular, a diferença de energia (kWh), necessária para fornecer 1 kg O_2, pode ser até 0,86 kWh/kg, em função dos rendimentos iniciais e finais. Assumindo um preço de eletricidade de 0,12 €/kWh, está-se a falar de uma diferença de custo de 10,3 Cent€/kgO_2.

5.4.1.7. Casos de referência

A ETAR de Estepona- Málaga foi ampliada e remodelada recentemente de forma a aumentar a sua capacidade de tratamento para 100 000 m³/dia, o que representa uma população equivalente 5 000 000 h.e. A oxigenação nas instalações existentes realizava-se mediante rotores superficiais, 4 por reator de 6 m de comprimento. Na nova linha de tratamento, a oxigenação realiza-se por turbocompressores e difusores de bolha fina.

Outra ETAR que implementou esta solução é, por exemplo, a ETAR Bens.

5.4.2. Substituição de difusores por difusores de alta eficiência

5.4.2.1. Contexto

Um dos sistemas mais difundidos para o arejamento dos reatores são os sistemas de arejamento mediante difusores. A aplicação de difusores com um tamanho de bolha menor supõe um aumento na capacidade de dissolver o oxigénio na água, ter uma maior superfície efetiva e, portanto, uma maior eficiência. Uma má eficiência na difusão do ar gera maiores consumos energéticos.

Os difusores categorizam-se segundo o diâmetro da bolha que geram:

- Bolha grossa (6 mm)
- Bolha fina (3 mm)
- Bolha muito fina (1 mm)

É importante ter em conta que o tipo de difusor influência a frequência de limpeza e a pressão necessária para impulsar o ar, tamanhos pequenos do poro implica maior tendência ao *fouling* (obstrução). Por isso, recomenda-se o uso de difusores de bolha grossa em aplicações mais exigentes, como lamas e águas residuais industriais.

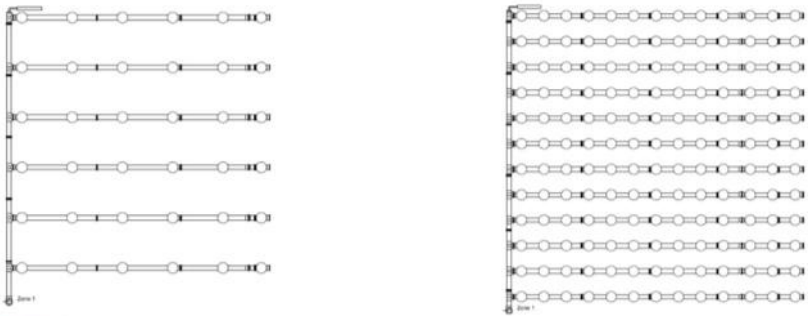


Figura 30: Difusores de bolha grossa vs bolha fina. Fonte Xylem

5.4.2.2. Objetivo

A substituição das membranas dos difusores por umas de bolha mais fina, que geram maior SOTE (*Standard Oxygen Transfer Efficiency*) e que, portanto, requerem menor caudal de ar.

5.4.2.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento Secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores.

5.4.2.4. Casos de aplicação

Uma vez que se trata de substituir o sistema de difusão já existente por outros mais eficientes, é uma melhoria que está orientada a ETAR com difusores de bolha grossa com agitação separada dos processos de arejamento.

5.4.2.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem ter em conta para fazer a avaliação desta medida são:

- Tipo de difusor
- Tamanho de bolha gerada
- Número de difusores
- Pressão disponível
- Profundidade do tanque
- Área do tanque

5.4.2.6. Poupança energética

Podem-se a alcançar poupanças até 30% com a implementação desta solução.

Para entender o porquê de se alcançar esta poupança será analisado um dos parâmetros utilizado para estabelecer a eficiência de um difusor: a Eficiência Padrão de Transferência de Oxigénio, SOTE (siglas em inglês), sendo as condições padrão a 20ºC e 1 atm de pressão.

As curvas SOTE são fornecidas pelos fabricantes. Os difusores com um SOTE maior serão mais eficientes, requerendo menor fluxo de ar e menor

energia para conseguir igual transferência de oxigénio, para as mesmas condições de temperatura e pressão.

No caso dos difusores por bolhas, o tamanho destas é um dos fatores mais importantes para a eficiência do sistema. Quanto mais pequenas são as bolhas, maiores será a superfície de contato por volume de ar e maior transferência de O_2.

Adicionalmente, a sua velocidade de ascensão será menor, conduzindo a um maior tempo de contato e melhorando assim a transferência. Portanto, um sistema de bolha fina necessita de menor fornecimento de ar, apresenta um SOTE maior e requer menor trabalho dos compressores para conseguir a mesma transferência de O_2, do que um de bolha de grossa.

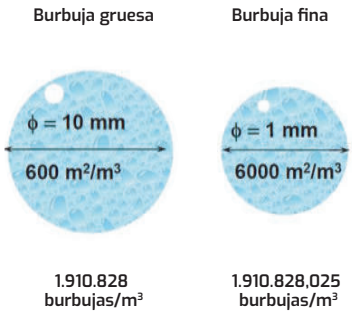


Figura 31: Tamanho da bolha grossa vs fina Fonte Xylem

Para analisar a poupança energética esperada pela utilização da bolha fina, podemos comparar as duas soluções comerciais, procedentes da mesma empresa:

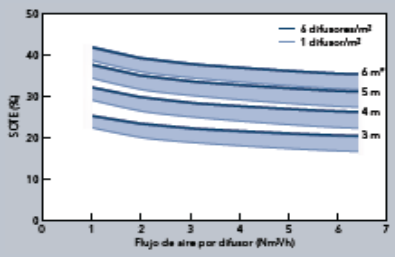
Curvas de rendimiento Serie II Silver	Especificaciones técnicas	
	Materiol del disco	EPDM de alto grado, especialmente tratado
	Diámetro	178 o 229 mm (7 o 9 pulg.)
	Gama de flujo de aire por disco	0,8-7 Nm³/h (0,5-4,5 scfm)
	Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar (SOTE)	Aprox. 6,5% por m de inmersión, (2% por pie)
	Eficiencia de aireación estándar (SAE, Standar aeration efficiency)	2,5-6 kg O_2/kWh (4-10 pie O 2/kph)

Figura 32: Caraterísticas técnicas dos difusores de bolha fina. Fonte Xylem

Especificaciones técnicas	
Materiol	Acero inoxidable AISi 304 o 316
Longitud	305 o 610 mm (12 o 24 pulg.)
Gama de flujo de aire por banda	15-63 Nm^3/h (10-40 scfm)
Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar (SOTE)	1,6-2,5% por m de inmersión (0,5-0,8% por pie)
Eficiencia de aireación estándar (SAE)	0,7-2 kg O_2/kWh (1,1-3,5 lib. O 2/kph)

Figura 33: Caraterísticas técnicas dos difusores de bolha grossa. Fonte Xylem

A SOTE no caso dos difusores de bolha fina é de 6,5% por metro de imersão, enquanto para a bolha grossa é inferior a 2,5% por metro de imersão.

Por outro, o SAE dos difusores de bolha fina é de 2,5-6,0 kg O_2/kWh em contraste com o 0,7 – 2,0 kg O_2/kWh das bolhas grossas. É o mesmo que dizer, no melhor dos casos seriam necessários 0,5 kWh para obter 1 kg de O_2 com o sistema de bolha de grossa, e de 0,167 kWh necessários com um sistema mais eficiente de bolha fina.

Um aspeto que se deve ter em consideração também na avaliação do sistema selecionado é o custo da instalação e de operação/manutenção. Os sistemas de bolha grossa requerem um investimento inicial menor, uma vez que necessitam de um menor número de difusores, contudo, apresentam um SOTE inferior e requerem um maior caudal de ar.

A comparação dos valores da SOTE dados pelos fabricantes, permitirão uma comparação entre difusores de distintos fabricantes paras mesmas condições padrão. No entanto, a eficiência real do sistema biológico dependerá das caraterísticas particulares de projeto.

5.4.2.7. Caso piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do Projeto AQUALITRANS, foram substituídos os arejadores do pré-tratamento por arejadores com tecnologia de difusão por bolha fina, na ETAR de A Pobra do Caramiñal. Como tal, após esvaziamento do tanque desarenador-desengordurador, foram substituídos os arejadores originais (3x2,2 kW) por novos arejadores (3x1,5 kW). Com os novos arejadores de bolha fina prevê-se uma redução de consumo anual de energia de 73.365 kWh para 44.165 kWh, ou seja, uma poupança de 40% face ao consumo original.

Figura 34. Arejadores removidos e novos arejadores de bolha fina, colocados no tanque de pré-tratamento

5.4.3. Limpeza do circuito de arejamento

5.4.3.1. Contexto

A diminuição da perda de carga no circuito de arejamento implica diminuir a energia necessária para a correta oxigenação do reator. Trata-se de um circuito por onde circula uma quantidade de ar muito significativa e de forma continua, qualquer aumento na eficiência deste processo se repercutirá significativamente na fatura energética.

A acumulação de matéria orgânica e inorgânica na superfície dos difusores pode colmatar os seus poros, este facto produz um aumento das perdas de carga no difusor e afeta negativamente o rendimento de transferência de oxigénio na instalação. Para compensar esta situação, existe um aumento do número de horas de funcionamento dos equipamentos de arejamento e, por consequência, um incremento do consumo energético.

Por outro lado, os próprios tubos que transportam o ar aos difusores podem colmatar parcialmente com as lamas, facto este, que produz o mesmo efeito anteriormente descrito. Ambas as situações podem representar um aumento importante nos custos de operação da instalação.

Para evitar o incremento do consumo energético e outros efeitos adversos, deve projetar-se um plano de limpeza dos elementos do sistema de arejamento, que inclua ações de manutenção preventiva, como a limpeza periódica aumentando o caudal de ar por difusor ou a limpeza mecânica sem desmontar o difusor, como a injeção de ácido de limpeza na tubagem de distribuição de ar para limpar os poros.

5.4.3.2. Objetivo

A limpeza química/mecânica dos difusores e do circuito de arejamento do reator biológico com o objetivo de minimizar as perdas de carga, o que conduzirá a uma redução do consumo energético por parte dos compressores.

5.4.3.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processo da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores e o circuito de arejamento.

5.4.3.4. Casos de aplicação

Cada ETAR apresenta uma casuística muito particular, devido ao tipo de água que trata e ao tipo de sistema de arejamento implementado. Em todo caso, é recomendável realizar uma limpeza naquelas ETAR que tem pelo menos um ano de funcionamento e avaliar a variação da pressão de saída dos compressores ou o consumo energético das mesmas antes e depois da operação de limpeza.

5.4.3.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Nos casos de se possuir os dados históricos do consumo dos compressores ou da pressão de saída dos mesmos, será interessante analisar esses dados, pois o seu incremento pode ser devido a um incremento da perda de carga relacionado com a sujidade no circuito ou nos difusores.

5.4.3.6. Poupança energética

Podem-se alcançar poupanças até 12% com a implementação desta medida.

A melhoria das condições de difusão sempre vai pressupor uma poupança, mas a avaliação da poupança obtida em cada caso especifico requer uma metodologia de medição antes e depois da limpeza.

Tomando como referência os resultados obtidos nos estudos reais realizados, as poupanças podem serem ainda maiores.

Neste estudo, realizaram-se medições de transferência de oxigénio desde 2013 até 2015 em sistemas de arejamento da região de Múrcia com difusores de bolha fina. A limpeza foi realizada com ácido fórmico, para

eliminar incrustações de cal na tubagem e em difusores devidas à dureza da água da região, e se estabeleceram a percentagem de transferência antes e depois da limpeza e após um mês.

Os resultados mostram uma clara melhoria na transferência realizada:

Tabela 15. Variação da transferência de oxigénio por limpeza química dos difusores

ETAR	Años difusores	Situação	Oxigénio transferido (%)
ETAR 1	6	Antes limpeza química	29,8
		ETAR 2	37,6
		ETAR 3	26,1
EDAR 2	10	Antes limpeza química	19,4
		Depois da limpeza química	24,7
		Variação	27,2
EDAR 3	0,5	Antes limpeza química	19,8
		Depois da limpeza química (com substituição parcial dos difusores)	34,7
		Variação	75,6

O maior incremento na transferência de oxigénio depois da limpeza química dos difusores observou-se para a ETAR 3, no entanto, neste caso realizou-se em simultâneo a limpeza química e a substituição parcial dos difusores.

Analisando os resultados das ETAR 1 e 2, nas quais se efetuou unicamente a limpeza, observa-se uma melhoria na transferência de oxigénio superior a 25%. Esta melhoria na transferência significa que, para obter o mesmo SOTE, os compressores necessitam de trabalhar menos, alcançando-se assim poupanças energéticas. A poupança final obtida dependerá da eficiência do sistema de compressores.

Dado estes resultados, considera-se essencial elaborar um plano de limpeza e realizar um seguimento da eficiência do sistema antes e depois da limpeza, para estabelecer corretamente as poupanças alcançadas.

5.4.3.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do projeto AQUALITRANS, foi aplicado um processo de limpeza de difusores e do circuito de arejamento, na ETAR de Nigrán, através da aplicação de solução de ácido fórmico a 80-90%. Estima-se que a poupança energética associada a esta medida ronde os 3% do consumo anual, no entanto, não existem ainda resultados quantitativos relativos a esta medida.

Figura 35. Aplicação de ácido fórmico no circuito de arejamento, na ETAR de *Nigrán*.

5.4.4. Substituição de difusores avariados ou com perda de rendimento

5.4.4.1. Contexto

Todas as membranas, à medida que o tempo passa, incrementam as perdas de carga. Isto deve-se principalmente ao facto de estas serem elementos elásticos e que vão perdendo essa elasticidade com a utilização, originando bolhas cada vez mais grossas.

Embora inicialmente estas perdas se podem reduzir com limpezas especificas, é atingido um ponto em que o desgaste da membrana é irreversível. Com este desgaste reduz-se o rendimento e os consumos energéticos são incrementados.

Após 10 anos, o desgaste é considerável, embora seja um fator que depende do tipo de águas a tratar, por isso é necessário comprovar periodicamente o seu estado.

5.4.4.2. Objetivo

A substituição dos difusores danificados cuja perda de eficiência produz uma redução da SOTE.

5.4.4.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores.

5.4.4.4. Casos de aplicação

Esta medida é recomendada em ETAR que disponham de difusores com mais de 10 anos de funcionamento ou em situações em que se detete que as membranas se encontram danificadas.

Tabela 16. Medições de transferência de oxigénio a diferentes taxas de arejamento

ETAR	Equip. de arejamento e potência	Anos difusores	Transferência de oxigénio (%)	
			ETAR 1	Caudal mínimo
ETAR 2	Émbolos-95kW	6	22,03	34,03
ETAR 3	Émbolos-140kW	10	18,77	20,01
ETAR 4	Émbolos-45kW	0,5	18,94	23,14
ETAR 5	Turbocompressores-435kW	9	21,25	25,13
EDAR 5	Turbocompresores-435kW	10	34,00	37,00

5.4.4.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem ser considerados para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual na sua gama de h.e.
- Idade e estado dos difusores.

5.4.4.6. Poupança energética

Podem-se chegar a alcançar poupanças até 22% com a implementação desta solução.

No estudo das ETAR de Múrcia, os resultados depois da substituição dos difusores mostraram taxas de oxigénio transferido com uma melhoria de 31,4%, o que supõe que, para conseguir o mesmo resultado, os compressores deverão trabalhar menos horas.

Tabela 17. Variações de transferência de oxigénio por substituição dos difusores

ETAR	Anos difusores	Situação	Oxigénio transferido (%)
ETAR 4	9	Antes da substituição	23,9
		Depois da substituição	32,6
		Variação depois da troca	26,9
ETAR 5	10	Antes da substituição	11,0
		Depois da substituição	18,1
		Variação depois da troca	39,3
ETAR 7	11	Antes da substituição	16,4
		Depois da substituição	21,0
		Variação depois da troca	28,0
Média			31,4

A poupança energética conseguida vai depender da eficiência do sistema.

5.4.4.7. Casos de referência

A substituição dos difusores foi realizada em várias ETAR geridas por Águas de Valencia, avaliando-se antes e depois os consumos energéticos das mesmas.

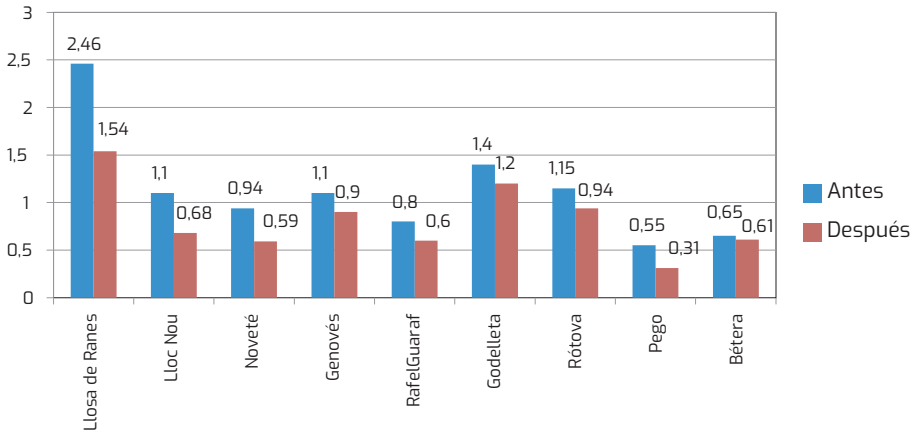


Figura 36: Poupança depois da substituição dos difusores. Fonte: Águas de Valencia

Outra ETAR que optou pela substituição de difusores foi ETAR de Águilas. Esta ETAR dispõe de 2 bacias retangulares iguais de 27 x 116 m e 5 ml de

lâmina de água, com um SOR de 310 kg/h. Em 1995, instalaram-se 1188 difusores de membrana padrão, que foram substituídos em 2004 por membranas de bolhas finas. Esta modificação incrementou o SOTE de 27,4 a 31,2%, diminuindo em 12,2% o caudal de ar total.

Outras ETAR implementaram esta solução, por exemplo, a de Cabezo Beaza, atingindo poupanças de 5,82% e outras como:

- ETAR de Huelva
- ETAR Sada
- ETAR Artá

5.4.5. Mudança na configuração e número de difusores

5.4.5.1. Contexto

Existem instalações em que, apesar de possuir difusores de alta eficiência e compressores dimensionados corretamente, a eficiência do arejamento não é a esperada. Isto pode ser devido ao caudal por difusor ser superior ao recomendado pelo fabricante e a difusores projetados para produzir bolha fina estarem a produzir bolha grossa. Às vezes, a mudança no número de difusores e da sua configuração pode levar a um aumento da eficiência energética.

5.4.5.2. Objetivo

A mudança no número de difusores e sua configuração com objetivo de adequar o caudal por difusor às condições ótimas.

5.4.5.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento.

5.4.5.4. Casos de aplicação

Para estabelecer a idoneidade da adoção desta medida é necessário controlar o consumo dos sistemas de arejamento e confirmar que se encontra fora dos valores esperados. Analisando as razões deste desvio poder-se-á

estabelecer se este consumo excessivo está relacionado com uma relação caudal/número de difusores fora da gama ótima.

5.4.5.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados a considerar para se realizar a avaliação da medida são:

- Rácio do consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual em sua gama de h.e..
- Caudal de ar.
- Número de difusores.

5.4.5.6. Poupança Energética

Pode-se atingir poupanças até 15% com a implementação desta solução.

Um exemplo claro da poupança que se pode obter é aumentando a densidade dos difusores:

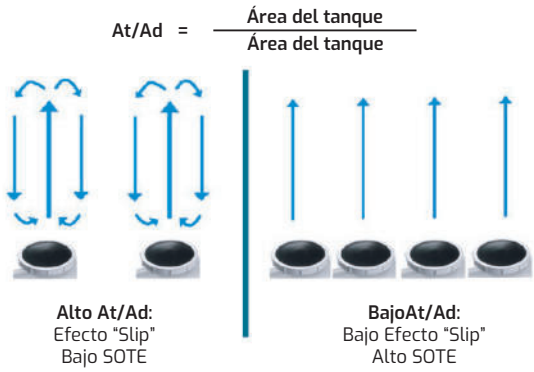


Figura 37: Área arejada. Fonte Xylem

Ao aumentar os difusores, diminui-se o espaço entre difusores e diminui-se o efeito "slip" devido ao deslizamento do fluido. O ar dos compressores avança mais lentamente, aumentando o tempo de transferência e melhorando a SOTE. Assim, para igualar o SOTE requerido, será necessário um maior número de membranas, as quais necessitam menos de ar e, consequentemente, se consome menos energia dos compressores.

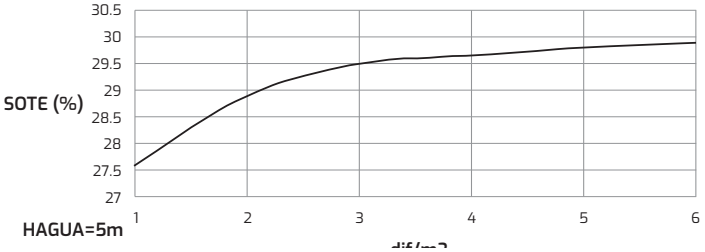


Figura 38: Melhoria da SOTE em função do número de difusores /m^2. Fonte Xylem

5.4.5.7. Casos de referência

Esta medida foi implementada, por exemplo, na *Waco Metropolitan Treatment Facility*.

5.4.6. Separação do método de arejamento da agitação

5.4.6.1. Contexto

Em certas ETAR, os difusores de bolha têm sido utilizados não só com o objetivo de fornecer oxigénio à água, mas como também com o propósito de agitar a água no reator de forma a melhorar a mistura e manter as lamas em suspensão (homogeneização). O custo energético deste sistema é elevado, uma vez que o sistema de arejamento tem uma eficiência muito reduzida. Devido a este facto, os agitadores devem ter um funcionamento independente do arejamento, optando-se por agitadores mais eficientes.

Por outro lado, também se deve valorizar a substituição dos sistemas de agitação obsoletos ou ineficientes, especialmente antes das avarias ou do fim da sua vida útil, uma vez que existem no mercado agitadores muito mais eficientes, como os do tipo banana, que praticamente quadruplicam a eficiência dos tradicionais agitadores compactos.

5.4.6.2. Objetivo

A aplicação de agitadores projetados especificamente para a homogeneização nos tanques biológicos.

5.4.6.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processo da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os agitadores e o sistema de arejamento.

5.4.6.4. Casos de aplicação

Esta medida é especialmente interessante nas ETAR em que os sistemas de difusores se encontram a ser utilizados na homogeneização da água residual.

Também pode valorizar a implantação de agitadores mais eficientes quando se observe um consumo excessivo derivado aos existentes ou quando estes se encontram no final do seu ciclo de vida.

5.4.6.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual na sua gama de h.e.

Em geral, sempre que exista uma agitação realizada com o sistema de arejamento, esta vai ser energeticamente ineficiente, devido a isso a instalação de agitadores é sempre recomendável.

Para selecionar corretamente um agitador deve-se ter em conta:

- A dimensão das bacias
- A velocidade a que o fluido deve escoar, em função do processo
- Localização do agitador

5.4.6.6. Poupanças energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 15% com a implementação desta solução.

A poupança energética vai depender do agitador selecionado:

	Compactos	Alta eficiencia	Banana
Empuje 50 Hz (N)	80-6400	140-6150	410-4500
Máxima Eficiencia (N/kW) - ISO 21630	150-250	600-1500	600-1330
Diametro pala (m)	0.21-0.77	1.4-2.5	1.4-2.5

Figura 39: Comparação da eficiência dos agitadores. Fonte FLYGT

Os agitadores tipo Banana têm a maior eficiência energética, devido às dimensões das suas pás, no entanto requerem maior espaço para a sua montagem.

5.4.6.7. Casos de referência

ESPANHA

A ETAR de Valladolid receciona um caudal máximo de 3 m^3/s, correspondendo a uma população equivalente de 570 000 habitantes. Dispõem de 12 bacias anóxicas de 28,5x12,75x5 m. Em 2011 substituiu-se, em cada bacia, 2 agitadores compactos de 4,5kW por um 1 agitador Banana de 2,3 kW.

Tabela 18. Resultados da substituição de agitadores

Equipamentos	Ud	Pot (W)	Consumo (KWh)	Torque unitário (N)	Eficiência (N/kWh)
Compacto	2	4,5 x2	2,9x2=5,8	1 282	221
Banana	1	2,3	1,45	1 340	924

A poupança energética anual é de ((5,8-1,45) kWh x 24h x 365) x 12 bacias= 457 272 kWh. Tendo como pressuposto o custo médio da aquisição da eletricidade de 0,12 €/kWh, a poupança anual da medida é de 54 872 €.

Outra ETAR que também optou por instalar sistemas de agitação mais eficientes foi a ETAR Estepona, a qual dispunha de 2 agitadores compactos por câmara e na nova linha instalou apenas um agitador por câmara do tipo Banana.

PORTUGAL

A ETAR de Vila Real é uma estação de tratamento de águas residuais que abrange a cidade de Vila Real, sendo responsável pelo tratamento das águas residuais domésticas de uma população equivalente de cerca de 75 000 habitantes e um caudal diário de 8 000 m^3.

Nas bacias do tratamento secundário, para fornecimento de oxigénio à comunidade bacteriana aí presente, esta ETAR possui cinco sopradores (blowers) de arejamento de fundo dos tanques, um dos quais de reserva, equipados com motores de indução trifásicos de 75 kW, eficiência Alta (equivalente à atual IE2), com soft-starter ou Variador Eletrónico de Velocidade (VEV).

Nessas mesmas bacias, mas com a função de se manter a homogeneização da água residual, possuem-se dezasseis agitadores submersíveis, acionados por outros tantos motores de indução trifásicos com potências compreendidas entre 1,5 e 2,8 kW, todos com arranque direto.

5.4.7. Aplicação de tecnologias de compressores mais eficientes

5.4.7.1. Contexto

Um adequado arejamento e uma ótima seleção de compressores são duas das considerações mais importantes que se devem ter em conta na hora de reduzir o consumo energético numa ETAR. Existem numerosos tipos e configurações de compressores, mas basicamente, podem-se dividir em 2 grandes grupos: de deslocamento positivo (impulsionados por lóbulos ou por parafuso) ou centrífugos (impulsionados por impulsores).

A energia consumida pelos mesmos é função do caudal que impulsam, da respetiva pressão e do rendimento dos equipamentos. Devido à crescente importância que a eficiência energética está adquirindo no projeto dos equipamentos, nos últimos anos desenvolveram-se novas tecnologias como, por exemplo, os turbocompressores com levitação magnética, com rendimento superiores, os quais permitem o arejamento nas estações de tratamento com custos energéticos mais reduzidos. É importante ressalvar que não existe uma tecnologia de arejamento que seja ideal para todas as situações, dependerá das condições do consumo, do perfil de caudais, das pressões de trabalho, etc.

5.4.7.2. Objetivo

A substituição dos compressores existentes por novas tecnologias com melhores rendimentos.

5.4.7.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os compressores.

5.4.7.4. Casos de aplicação

Esta medida é de aplicação em ETAR que apresentam um consumo excessivo no arejamento (kWh/h.e) e cujo funcionamento dos compressores possam ser otimizados.

5.4.7.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Perfil de caudal de ar.
- Pressões de trabalho
- Frequência de trabalho
- Horas de funcionamento anual
- Consumo elétrico
- Custo da energia elétrica

5.4.7.6. Poupanças Energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 23% com implementação desta solução.

Das tecnologias usualmente utilizadas, a que apresenta à priori menos eficiência é a dos compressores de lóbulos rotativos, nos quais o ar é comprimido por contrapressão do sistema (compressão externa). No caso dos compressores de parafuso, a compressão é interna, conseguida pela passagem do ar ao longo dos parafusos, sendo a sua eficiência melhorada relativamente aos anteriores. Os compressores centrífugos apresentam, em geral, maiores rendimentos que os de deslocamento positivo, especialmente no caso dos compressores de alta velocidade de levitação, magnética ou por ar.

Tabela 19. Eficiência das diferentes tecnologias de compressores

Tecnologias	Eficiência Sistema (%)
Compressores lobulares	43-50
Compressores de parafuso	53-65
Compressores centrífugos multi-estágios/velocidade fixa	60-68
Compressores centrífugos levitação (magnéticos/ar)	66-73

Se se comparar os rácios dos sistemas menos e mais eficientes, pode-se observar que se podem alcançar poupanças entre 16 a 30%, sempre dependendo dos equipamentos analisados e das condições de operação dos mesmos.

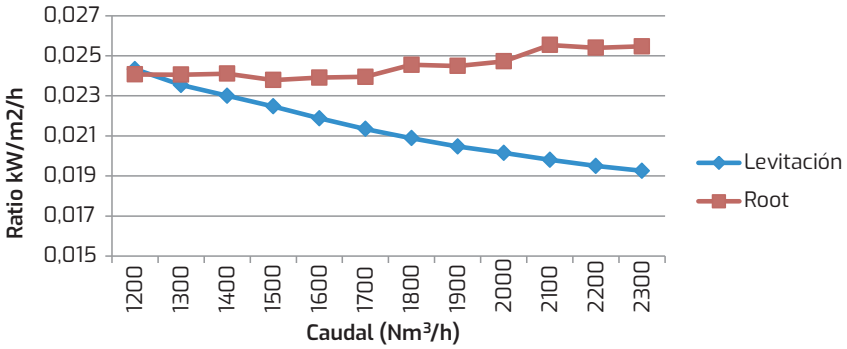


Figura 40: Rendimento ROOT vs levitação, dados provenientes de equipamentos comerciais

Além do menor consumo, os novos sistemas por levitação reduzem as partes mecânicas, o que se traduz em custos de manutenção mais económicos, menores dimensões e níveis de ruído inferiores.

5.4.7.7. Casos de referência

Na ETAR de Caravaca de la Cruz substituiu-se um compressor tri-lobular de 250 kW por um de levitação magnética de 200 kW.

Para a substituição, selecionou-se um equipamento que produzisse um caudal de ar igual ou superior do compressor existente, passando de um intervalo de caudal de ar de 4 138-7 369 Nm³/h (tri-lobular) para 3 520-8 185 Nm³/h para o de levitação, segundo as especificações dos fabricantes.

Realizaram-se medições reais sobre ambos equipamentos, em intervalos de 5% de incremento da percentagem de trabalho, desde os valores mínimos de ambos equipamentos até aos valores máximos. Em cada percentagem de trabalho, mediu-se o consumo dos equipamentos, verificando-se que o compressor por levitação consumia menos energia elétrica para o mesmo caudal de ar.

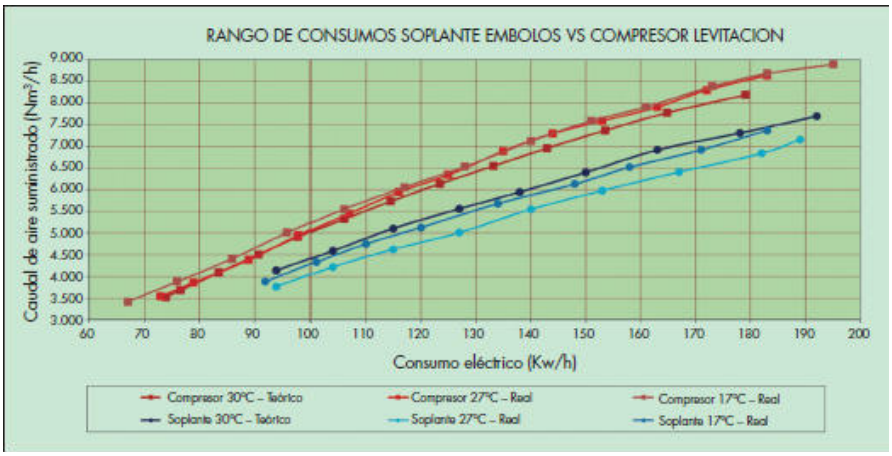


Figura 41: ETAR Caravaca de la Cruz. Consumos elétricos a distintos caudais para o compressor de êmbolos e de levitação

Na figura anterior observa-se que, em qualquer gama de trabalho, o consumo elétrico do compressor de levitação é inferior ao do compressor de êmbolos, com uma redução entre 17 a 23%.

Na ETAR Orihuela, com um caudal diário de 6 829 m³/dia e 47 630 h.e., substituiu-se um compressor tri-lobular por um de levitação magnética:

Tabela 20. Comparação dos equipamentos na ETAR *Orihuela*

Tecnologias	Caudal (Nm³/h)	Consumo (KW)	Rácio kW/m³/h
Compressor Root SEM40	2 108,27	53,4	0,02449
Compressor de levitação HST 2500	2 200	42,9	0,01950

Os requisitos de caudal são muito similares, os compressores de levitação pressupõem uma poupança média de 20% relativamente a situação anterior.

Outras ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo, EDAR Cabezo Beaza, com uma poupança de 3,92%, e as de:

- ETAR Archena
- ETAR Castellón
- ETAR Alzire
- ETAR L´Horta Nord
- ETAR Skanderborg

5.4.8. Redimensionamento dos compressores

5.4.8.1. Contexto

Tal como ocorre no caso das bombas, também é habitual encontrarem-se compressores sobredimensionados para o caudal e pressão requeridos. Durante a fase de projeto tende-se a sobredimensionar os equipamentos, com o objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas, para reduzir riscos no cálculo e na seleção ou para proporcionar maior robustez ao sistema. Por vezes, para ajustar o caudal recorre-se ao uso de dispositivos de estrangulamento, de bypass ou de paragens intermitentes, métodos estes muito pouco eficientes do ponto de vista energético. Em determinadas ocasiões, a aplicação de variadores de frequência pode ajudar a ajustar o caudal para as condições desejadas, mas nem sempre se pode alcançar um ponto de ótimo de funcionamento.

5.4.8.2. Objetivo

A aplicação de compressores corretamente dimensionados para as necessidades de ar reais da ETAR.

5.4.8.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os compressores.

5.4.8.4. Casos de aplicação

As ETAR com consumo excessivo energético devido ao sobredimensionamento dos compressores.

5.4.8.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Caudal requerido
- Caudal disponível
- Pressão necessária

5.4.8.6. Poupanças Energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 50% com implementação desta solução. Como sucede nos casos dos motores e bombas sobredimensionadas, tem que se ter em conta que a poupança vai depender fundamentalmente da situação inicial e da potência ajustada dos novos compressores. Se a potência selecionada para a substituição é correta, os novos compressores não deverão de necessitar de mais horas para fornecer o ar necessário, de modo que as poupanças deverão ser proporcionais às diferenças entre as potências dos equipamentos. Outra possibilidade é aproveitar a mudança de compressores para além de se ajustar a sua potência, selecionar tecnologias mais eficientes energeticamente.

5.4.8.7. Casos de referência

Como parte do projeto de otimização energética das ETAR de Murcia, substituíram -senas ETAR de Yecla e da Las Torres de Cotillas os antigos equipamentos de arejamento, sobredimensionados para suas necessidades reais de trabalho de ambos. Na Yecla substituiu-se um compressor de 250 kW por outro de 110 kW e mais tarde foi reduzido para 90 kW. Nas Torres de Cotuilla substituiu-se um compressor de 250 kW por outro de 110 kW, obtendo-se interessantes poupanças energéticas.

En el rango de potencia más bajo, hay un suministro de aire homogéneo en comparación con los picos de flujo, como es el caso de los equipos de mayor potencia.

Umas das conclusões mais interessantes do estudo é que, ao contrário que era esperado, as horas de funcionamento dos compressores não incrementaram, apesar da redução da potência destes. Este facto esteve relacionado

com a redução das perdas de carga, aliado com um melhor aproveitamento do ar pelos microrganismos. Na gama de potências inferiores existe um fornecimento de ar homogéneo comparativamente com os picos de caudal, tal como ocorre nos equipamentos de maior potência.

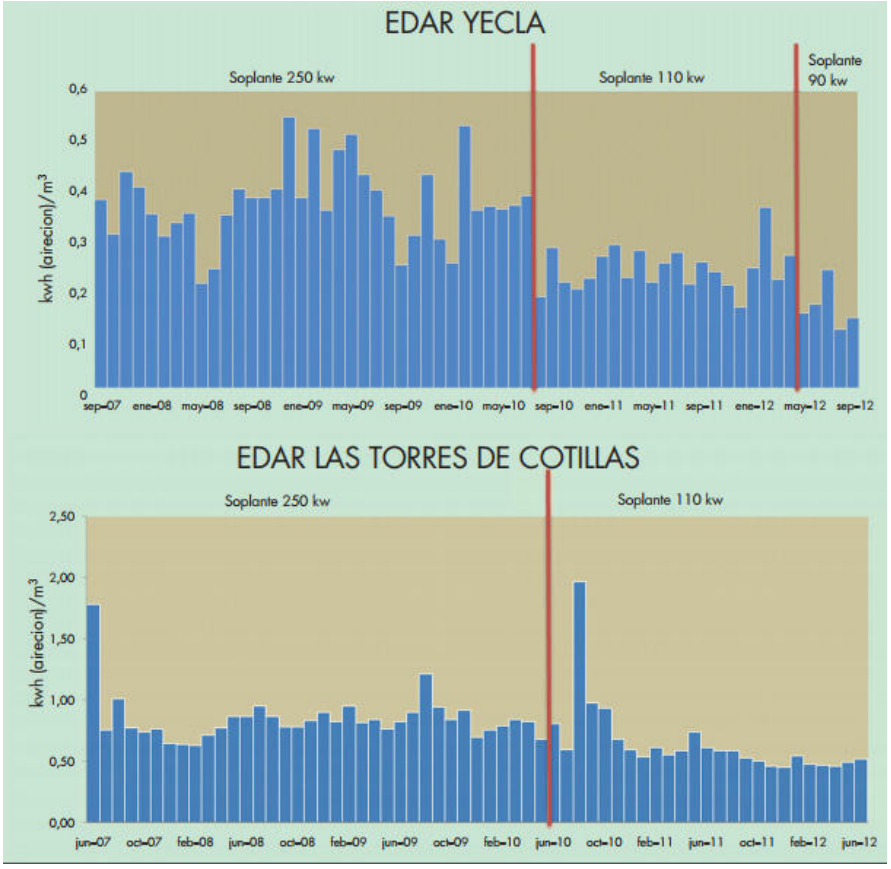


Figura 42: Consumos energéticos depois da substituição dos equipamentos de arejamento.

Otras plantas de tratamiento de aguas residuales que han implementado esta solución son, por ejemplo, la EDAR de Waukesha.

5.4.9. Sistemas de controlo para o sistema de arejamento

5.4.9.1. Contexto

A concentração de oxigénio dissolvido nos processos de lamas ativadas é considerada como um dos parâmetros de controlo mais importantes de uma ETAR. Uma concentração de oxigénio dissolvido baixa afeta o crescimento dos microrganismos, enquanto que uma concentração de oxigénio alta supõe um gasto energético importante, associado a um trabalho excessivo dos compressores, o qual afeta negativamente o processo.

Os sistemas de controlo para o ajuste das condições ótimas no tratamento secundário têm como objetivo proporcionar o caudal de ar correto em qualquer momento. Isto tem um impacto significativo no consumo energético, pois atua diretamente sobre os sistemas de arejamento.

O sistema de controlo mais utilizado baseia-se na medição do oxigénio dissolvido, no entanto, também é comum ver sistemas nos quais se mede o potencial redox.

O aparecimento de novas sondas de medição de novos parâmetros a um custo acessível e o desenvolvimento de novas estratégias de controlo, possibilita a implementação de novos sistemas que reduzem o consumo energético do processo.

5.4.9.2. Objetivo

A implementação de novos e mais eficientes sistemas de controlo para o tratamento secundário que regulam com mais eficiência o fornecimento do ar ao reator.

5.4.9.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento: compressores, rotores, turbinas, etc.

5.4.9.4. Casos de aplicação

Estes sistemas de controlo são muito recomendáveis nas ETAR com sistemas de controlo obsoletos.

endables en plantas de tratamiento con sistemas de control obsoletos.

5.4.9.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e. do processo de tratamento secundário
- Rácio normal em sua gama de h.e.

5.4.9.6. Poupanças Energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 35% com implementação desta solução.

Os sistemas de controlo projetados evitam que os compressores funcionem desnecessariamente, colocando-os em funcionamento unicamente quando os sensores determinem que as condições do licor requerem a entrada de ar. Assim, passa-se de um funcionamento em contínuo para um de ciclos alternados, diminuindo os períodos de funcionamento e por consequência o consumo energético.

5.4.9.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do Projeto AQUALITRANS, concretamente na ETAR de Ares, procurou-se otimizar o funcionamento dos rotores de imersão, nomeadamente através do seu posicionamento de submersão num ponto ótimo, através de uma descarga regulável controlada automaticamente, com sensor de nível ultrassónico. Assim, permitindo o funcionamento dos rotores de imersão num ponto ótimo, prevê-se a redução de consumo em 4%, passando de 312.971 kWh para 300.451 kWh anual.

Figura 43. Rotores de imersão na ETAR de *Ares*.

5.5. Sistema de Desinfeção Ultravioleta

5.5.1. Regulação do sistema de desinfeção ultravioleta

5.5.1.1. Contexto

A energia consumida pela desinfeção ultravioleta (UV) é aproximadamente entre 10 a 25% da energia total utilizada na ETAR. Sendo uma quantidade a ter em linha de conta dentro dos consumos de uma ETAR, é necessário o controlo do sistema de desinfeção UV. A automatização pode reduzir o número de lâmpadas e o tempo de utilização das mesmas, baseando-se nos dados do caudal e qualidade da água residual em tempo real. Os sistemas de controlo mais comuns são baseados na medição do caudal ou da transmitância.

5.5.1.2. Objetivo

A regulação da utilização das lâmpadas ultravioleta mediante a monitorização do caudal.

5.5.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável aos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento terciário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria é o sistema de lâmpadas ultravioleta.

5.5.1.4. Casos de aplicação

A estações de tratamento com altos custos energéticos na desinfeção UV, com capacidade para monitorizar o tratamento terciário.

5.5.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Caudal
- Potência das lâmpadas
- Transmitância do ultravioleta

5.5.1.6. Poupança Energética

Pode-se chegar a poupanças até uns 25% com a implementação desta solução.

5.5.1.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do projeto AQUALITRANS, foi implementado um sistema de regulação de potência mediante reprogramação do autómato de controlo de radiação ultravioleta, na ETAR de Nigrán. Através de comparativo efetuado para analisar o resultado obtido pela medida, foi apresentada uma poupança de consumo energético diária de cerca de 40% e uma poupança energética anual estimada de cerca de 31%, que no consumo global da ETAR terá um peso de 3,2%.

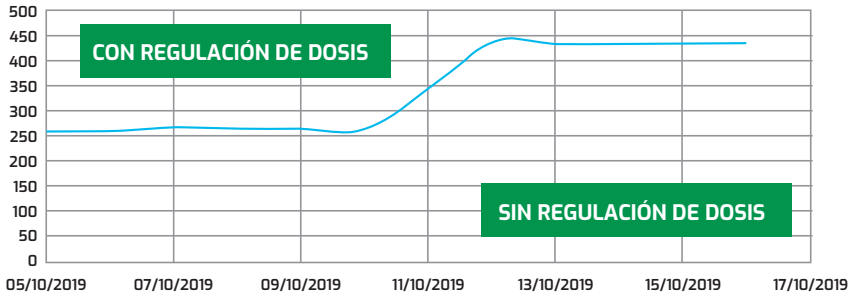


Figura 44. Comparativo de consumo energético com ou sem regulação de dose

Figura 45. Desinfeção UV instalada na ETAR de *Nigrán*.

5.5.2. Utilização de lâmpadas UV de baixa pressão

5.5.2.1. Contexto

Devido às preocupações relacionadas com a segurança, manejo e toxicidade dos efluentes associados ao cloro, a desinfeção ultravioleta (UV) tem vindo a tornar-se popular nos últimos anos como alternativa à desinfeção química.

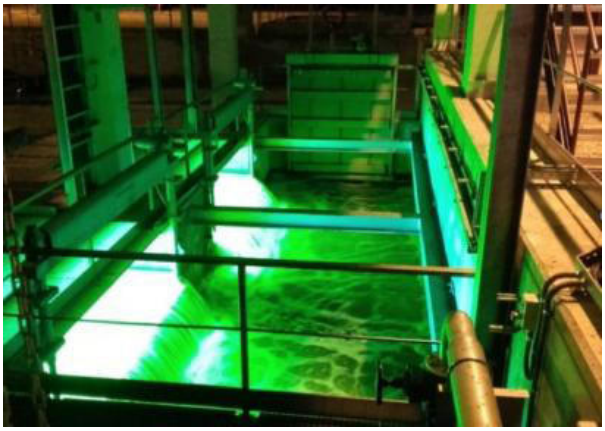


Figura 46: Sistema de UV de baixa pressão, ETAR de ***Viveros da Villa***

A radiação ultravioleta pode penetrar no interior das células dos microrganismos e combatê-las, limitando a sua reprodução. Entre as vantagens destacam-se:

- Não alteração das caraterísticas organoléticas da água tratada;
- O tempo de contacto necessário para a desinfeção é menor (mais curto);
- O processo físico e químico não deixa nenhum resíduo tóxico na água tratada, o que ocorre com o cloro e com os restantes desinfetantes químicos;
- Boa ação viral e bacteriana;
- Não apresenta nenhum tipo de perigo para o homem, a flora e a fauna.

Existem dois tipos de lâmpadas UV: de média pressão e de baixa pressão. As lâmpadas de média pressão têm potências de vários kW e emitem luz UV com diferentes longitudes de onda, entre os 185 e os 400 nanómetros. O seu rendimento, entendido como a percentagem de conversão da potência aplicada em emissão UV-C a 254 nanómetros, está compreendido entre 7 e os 12%. No caso das de baixa pressão apenas produzem numa longitude de

onda (254 nm), a potencia vai de 60 a 600W e conta com rendimento entre 26% e 34%.

As lâmpadas de média pressão requerem 2 a 4 vezes mais energia para funcionar do que as de baixa pressão. Dentro das lâmpadas de baixa pressão existe um grupo chamado de alto rendimento que trabalha com uma amalgama de mercúrio no lugar de mercúrio em gás, o que aumenta as vantagens deste tipo (alto poder desinfetante e baixos requerimentos de energia).

5.5.2.2. Objetivo

A substituição de lâmpadas de desinfeção UV de média pressão por lâmpadas de baixa pressão com alto rendimento.

5.5.2.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento terciário

O equipamento afetado por esta medida melhora o sistema de lâmpadas ultravioleta.

5.5.2.4. Casos de aplicação

As ETAR com elevados custos energéticos na desinfeção UV.

5.5.2.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Potência das lâmpadas
- Número de lâmpadas
- Concentração de patogénicos
- Eliminação das bactérias pretendida

5.5.2.6. Poupança energética

Podem alcançar-se poupanças até 65% com a implementação desta solução. Tem que se ter em conta que o rendimento das lâmpadas de baixa pressão pode chegar a triplicar uma de alta pressão. Por exemplo, para alcançar uma emissão média UV-C de 68 W a 254 nm, depois de 100 horas de

funcionamento, necessita-se de uma lâmpada de 200 W de baixa potência (rendimento igual a 34%), contudo uma de 570 W no caso das de alta potência (rendimento igual a 12%) em mil horas de funcionamento só essa lâmpada gasta uns 370 kWh.

5.5.2.7. Casos de referência

A ETAR de Viveros de la Villa em Madrid possui instalado 24 módulos UV, formado por 864 lâmpadas UV de baixa pressão de 400 W cada uma. Os sistemas UV verticais dispõem de um novo sistema de otimização de energia baseado na desativação de filas de lâmpadas que não são necessárias de utilizar, em função da qualidade da água e as que se encontram ativas podem modificar a sua potência desde 50 a 100%. O controlo da energia realiza-se mediante um sistema de gestão central que conjuga os sinais transmitância da água e do caudal, para otimizar a qualquer momento os consumos energéticos. Todas as lâmpadas UV contam com um sistema de limpeza automático que as permite operar sempre nas melhores condições. Outra ETAR que implementaram esta solução é, por exemplo, a ETAR Stockton.

5.6. Sistema de Desodorização

5.6.1. Automação do sistema de desodorização

5.6.1.1. Contexto

Na atualidade, algumas grandes ETAR contam com sistemas automatizados de desodorização para a eliminação de odores e compostos orgânicos voláteis. No entanto, esta automatização não está de todo aproveitada, uma vez que uma melhoria considerável que poderia ser implementada seria a instalação de sensores de partículas/compostos que permitiam modular o tratamento, ativando-se quando a concentração atingisse o valor máximo pré-estabelecido e diminuísse à medida que essa concentração iria sendo reduzida.

Igualmente, se a instalação se encontrava setorizada no programa de automatização poder-se-iam designar set-points diferentes para cada um dos processos segundo os seus níveis de contaminação, conseguindo assim uma poupança energética importante. Com o auxílio desta medida poderia proceder-se ao tratamento de elevadas cargas de contaminantes com custos de operação baixos e com retorno de investimento a curto prazo.

5.6.1.2. Objetivo

O controlo da renovação de ar mediante sensores de amónio e ácido sulfídrico.

5.6.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Diversos processos afetados, nos que se produzem maiores odores: pré-tratamento, espessadores e desidratadores.

O equipamento afetado por esta medida de melhoria é o sistema de desodorização.

5.6.1.4. Casos de aplicação

Esta medida pode ser aplicada em ETAR com sistema de desodorização não automatizado.

5.6.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Odor
- Potência dos equipamentos
- Horas de funcionamento
- Setorização

5.6.1.6. Poupança energética

Podem chegar a alcançar-se poupanças até 75% com a implementação desta solução, visto que evita funcionamentos desnecessários da desodorização. A poupança conseguida dependerá do regime de funcionamento anterior e do grau de ajuste conseguido com a solução executada.

5.6.1.7. Casos de referência

A estação de tratamento de águas residuais de Fuenmayor-Río Antigo, com capacidade de tratamento correspondente a 18 667 h.e. e com um caudal médio diário de 3 500 m^3, aplica o tratamento por lamas ativadas com

arejamento prolongado e está dimensionada para nitrificar e desnitrificar, podendo ultrapassar os 80% da eliminação de azoto.

A ETAR dispõe de uma instalação de desodorização que trata o ar do edifício de pré-tratamento e da sala desidratação para evitar possíveis emissões de odores para o exterior. A instalação está automatizada, contando com um sistema de supervisão e controlo de todos os equipamentos.

Outras ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR La Cartuja
- ETAR Torremocha de Jarama

5.7. Tecnologias Renováveis e Aproveitamento de Energias Residuais do Processo

5.7.1. Cogeração

5.7.1.1. Contexto

A operação nas ETAR gera lamas que em muitos casos são descartadas. Ao transformar estas lamas bioquimicamente (digestão anaeróbia), obtém-se uma mistura de metano (50-80%) e de dióxido de carbono (20-50%) com vestígios de outros gases. Este gás pode ser aproveitado energeticamente de diversas formas: cogeração, produção de calor, injeção na rede de gás, utilização do gás em motores, alimentação de veículo a gás, etc.

A cogeração é um processo pelo qual se obtém energia elétrica e térmica a partir da combustão. Num sistema tradicional de produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis, a maioria da energia contida no combustível transforma-se em calor que não se utiliza, o que resulta numa perda até 2/3 da energia total. No entanto, a cogeração permite aproveitar essa energia térmica, otimizando o processo de geração:

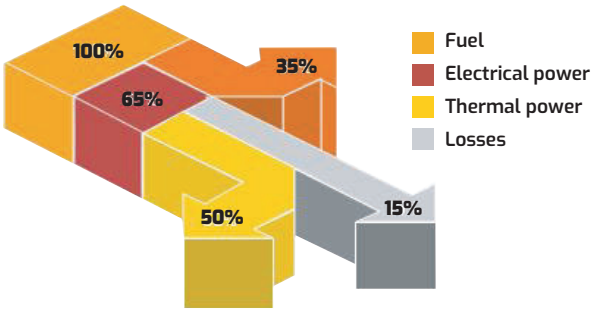


Figura 47: Rendimento da cogeração

O caudal de biogás do digestor pode-se utilizar como combustível numa central de cogeração, aproveitando assim os próprios recursos da estação.

Existem numerosas tecnologias de cogeração, como motores alternativos, turbinas ou células de combustível. Dado que a digestão anaeróbia trabalha melhor numa gama de temperaturas de 50-60 °C, a energia térmica produzida pelo sistema é tipicamente utilizada para satisfazer a necessidades caloríficas do próprio digestor, assim como para colmatar as necessidades de climatização da estação.

A implementação de uma central de cogeração numa ETAR tem numerosas vantagens entre as que se destacam:

- Produzir energia elétrica a baixo custo
- Redução do consumo de combustíveis fósseis para cobrir as necessidades térmicas
- Redução das perdas de transporte na rede elétrica, uma vez que a energia se produz e se transforma no mesmo local.

5.7.1.2. Objetivo

A implementação de um processo de digestão anaeróbia e uma instalação de cogeração com objetivo de aproveitar a energia elétrica e térmicas obtida a partir da combustão do biogás.

5.7.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores e as instalações de cogeração.

5.7.1.4. Casos de aplicação

Este processo necessita de um investimento elevado nos equipamentos e não é adequada para todo tipo de ETAR. Recomenda-se a realização de um estudo, obviamente por economia de escala; quanto maior for a ETAR, mais fácil será a implementação de um sistema de cogeração com biogás.

Os custos de investimento podem ir desde os 1 500 até aos 3 500 €/kW e os custos de produção de eletricidade desde 0,085 até 0,005 €/kWh, dependendo do tamanho da estação, tecnologia implementada, caraterísticas da água residual e da própria ETAR.

5.7.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Composição das lamas
- Quantidade de lamas
- Energia consumida
- Temperatura exterior
- Espaço disponível
- Habitantes equivalentes tratados
- Localização da instalação
- Capacidade de produção média e de ponta
- Capacidade de armazenamento
- Capacidade de combustão
- Energia necessária da instalação
- Preço de venda de energia

5.7.1.6. Poupanças Energéticas

A poupança desta solução vai depender da eficiência do processo de secagem, do sistema de cogeração e do uso que se dá à energia gerada. Um sistema de cogeração eficiente é aquele que aproveita 100% o calor e eletricidade produzida. No caso da eletricidade, a produção obtida pode consumir-se nas instalações da ETAR, e, caso haja excedentes, poderá ser injetada na rede geral de fornecimento. O calor é mais complicado, uma vez que na maioria dos casos se deve consumir na sua totalidade na própria ETAR sem que exista uma gestão simples do excedente. O calor pode-se aproveitar para secagem das lamas, climatização de instalações, etc.

Em qualquer dos casos, o consumo energético continuará a existir, com a diferença de que agora poderá ser proveniente de um sistema mais eficiente e mais económico, além disso mais amigo do meio ambiente.

5.7.1.7. Casos de referência

ESPANHA

A ETAR de Atalerreka tem instalada uma central de cogeração. As lamas extraídas dos processos de tratamento sofrem um tratamento na própria instalação, convertendo em matéria seca para sua utilização como matéria prima biocombustível e extraindo o biogás, que na própria ETAR é aplicado como combustível para gerar energia elétrica renovável.

No caso desta instalação, a secagem das lamas realiza-se mediante vapor de água, o que requer energia térmica. Para produzir esta energia, a instalação dispõe de três motor geradores que geram energia elétrica a partir do gás natural, aproveitando o calor gerado neste processo para a secagem das lamas. A energia elétrica obtida nestes 3 equipamentos consome-se na própria instalação e na estação de bombagem de Hondartza, vendendo o excedente a companhia distribuidora de eletricidade através da ligação da rede geral.

Adicionalmente, nesta instalação integram-se dois bios geradores que, a partir do biogás que se obtém da digestão das lamas, produz energia elétrica e contribui também para a secagem das lamas. Os cincos motores juntos produzem mais de 6,3 milhões de kWh/ano.

Outra instalação de cogeração que utiliza o biogás produzido na própria ETAR é a ETAR de Murcia-Este.

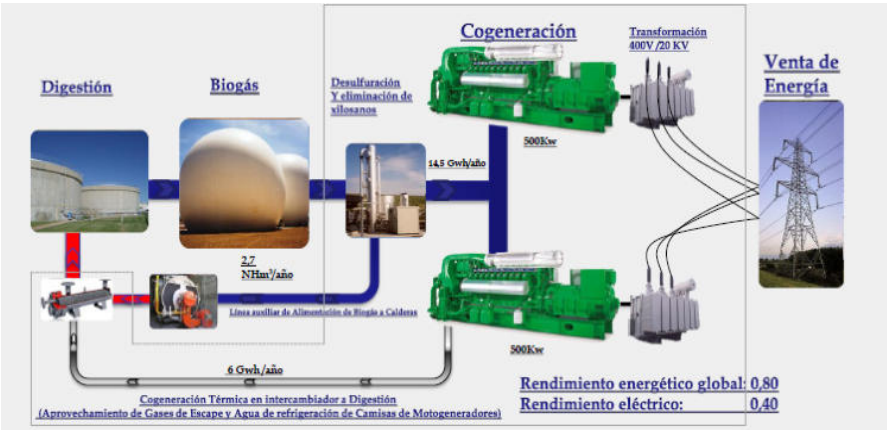


Figura 48: Esquema de funcionamento da cogeração da ETAR *Murcia-Este*. Fonte: ESAMUR

A cogeração através do biogás é uma solução que se encontra implementada de forma generalizada nas ETAR de maior tamanho devido aos seus bons resultados. Outras ETAR que também adotaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Novelda
- ETAR Pinedo
- ETAR Paterna
- ETAR Alzira-Carcaixent
- ETAR Sitges

- ETAR Monforte del Cid
- ETAR Pobla de Farnals
- ETAR Utiel

PORTUGAL

A ETAR de Vila Real possui uma central de minigeração é constituída por dois módulos de geradores elétricos PREMI 22A, cada um dos quais acionado por um motor de combustão interna, a biogás. O biogás é gerado através da digestão anaeróbia das lamas produzidas no tratamento das águas residuais, nessa instalação, em dois digestores de 600 m³ de capacidade cada um deles.

Figura 49: Um dos módulos de cogeração

As principais características técnicas de tais grupos geradores são as seguintes:

Tabela 21. Caraterísticas do sistema de cogeração implementado na ETAR de Vila Real

Motor	
Modelo	LG4 183 2 AA
Cilindrada	1 300 cm³
Potência	77,5 kW
Generador	
Modelo	LG4 183 2 AA
Tensão	230/400 V
Potência elétrica	22 kW
Potência térmica	42 kW

A energia elétrica produzida nestes módulos de cogeração é integralmente consumida pela ETAR de Vila Real, através de ligação elétrica trifásica em baixa tensão dotada com o respetivo equipamento de medição. A energia elétrica produzida por este equipamento representa aproximadamente 11% de energia elétrica consumida pela ETAR (75 MWh/ano). Para aproveitamento da energia térmica dissipado pelo(s) motor(es) de acionamento, a central de minigeração possui os permutadores de calor necessários ao aquecimento de água. O biogás, além de alimentar a central cogeração, também é utilizado no próprio digestor anaeróbio de forma a garantir o bom funcionamento destes em termos de pressões e de homogeneização, bem como numa caldeira de apoio, a qual é utilizada para manter a temperatura dos digestores.

Outra instalação de cogeração que utiliza o biogás produzido na própria ETAR é a ETAR do Freixo.

5.7.2. Codigestão

5.7.2.1. Contexto

Em alguns casos, seja por sobredimensionamento ou quando as condições o permitam, pode-se dispor de uma capacidade no digestor superior à necessária. Nesta situação, pode-se utilizar o digestor anaeróbio para transformar outros resíduos, como os procedentes de explorações agrárias juntamente com as lamas.

A codigestão, denominação deste processo, tem certas vantagens que tornam uma opção muito interessante para valorizar:

- Aproveita a complementaridade dos resíduos
- Tornas os processos mais estáveis
- Reduz a dependência dos substratos
- Aumenta a produção de biogás
- Melhora a gestão sustentável dos resíduos orgânicos, embora as suas possibilidades dependem muito do meio ambiente.

5.7.2.2. Objetivo

O aproveitamento da capacidade do digestor, para aumentar a sua produção com a utilização de outros substratos para reduzir os custos da produção de biogás por economia de escala.

5.7.2.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

5.7.2.4. Casos de aplicação

A codigestão recomenda-se nos casos de se dispor de um digestor com uma capacidade maior do que a necessária para tratar as lamas e quando existe a disponibilidade de se adquirir recursos de diferentes explorações agrárias compatíveis com o processo de digestão.

5.7.2.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Massa da matéria adicional
- Custo da matéria adicional
- Produção de biogás
- Rendimento do digestor
- Custo de operação

5.7.2.6. Poupanças Energéticas

As vantagens da codigestão não residem na poupança energética, mas sim na otimização das instalações de tratamento, na valorização de resíduos e uma maior produção de biogás.

5.7.2.7. Casos de referência

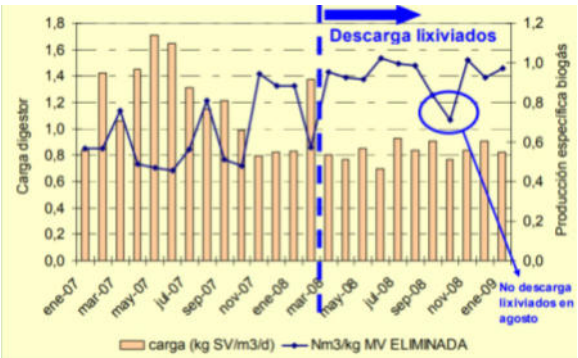
Nas ETAR de Pobla de Farnals e Molina de Segura realizou-se uma experiência conjunta de codigestão, aproveitando o volume do digestor existente para incorporar outros substratos que compensaram o balanço de nutrientes e de humidade, melhorando assim o rendimento do processo e a produção de biogás.

Tabela 22. Experiências Codigestão- Caraterísticas das ETAR de *Pobla de Farnals* e *Molina de Segura*

Variável	Pobla de Farnals	Molina de Segura
Caudal de projeto (m^3/d)	30 000	25 000
Nº digestores	1	1
Volume digestor (m^3)	5 400	7 612

Analisando os resultados obtidos observa-se que a produção de biogás aumentou em ambas as ETAR, embora o efeito depende também de aspetos como o tempo de retenção no digestor e da composição dos lixiviados descarregados e entre outros efeitos:

Pobla de Farnals



Molina de Segura

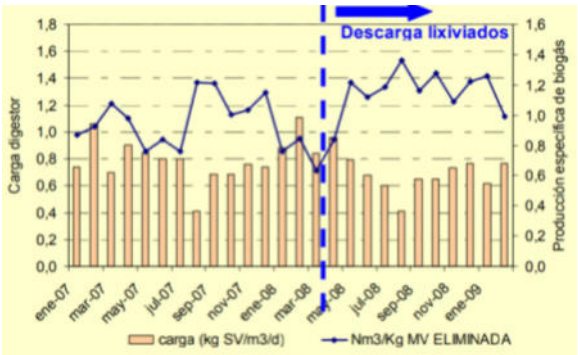


Figura 50: Resultados da produção de biogás

Outro caso de êxito, é da ETAR de Sant Feliu. Trata-se de uma estação de tratamento biológico de eliminação de nutrientes que trata 17 000 000 m³/ano e inclui um tratamento terciário de regeneração para o aproveitamento final de parte do efluente para agricultura ou regadio.

As lamas produzidas pela ETAR são bombeadas para um sistema de digestão anaeróbia composta por dois digestores de 6 000 m³ de capacidade cada um. A codigestão foi criada, neste caso, como uma forma de potenciar a produção de biogás, de maneira que se pudesse manter a funcionar permanentemente o motor de cogeração. A eletricidade produzida por este processo é vendida à rede geral.

Selecionaram-se produtos em formato líquido compatíveis com o processo de codigestão anaeróbia, que se incorpora de forma escalonada e progressiva. Os resultados mostram como a produção de biogás aumentou em mais de 125% e a geração de energia em 180%, sendo esta de 13 160 kWh/dia, quase 100% da energia consumida pela ETAR, cerca de 14 350 kWh.

Tabela 23. Experiências Codigestão- Resultados ETAR *Sant Feliu*

Caudal de projeto (m³/día)	Tratamento Lamas	Produção biogás (Nm³/día)	Geração eletricidade (kWh/día)
64.000	Digestão anaeróbia	2 950	4 700
	Codigestão anaeróbia	6 725	13 600

Outras ETAR que também adotaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Quart-Benàger
- ETAR Alzira-Carcaixent
- ETAR Novelda

5.7.3. Isolamentos dos digestores

5.7.3.1. Contexto

Os sistemas de tratamento de lamas para a produção de biogás são equipamentos com anos de operação. Muitos destes equipamentos não possuem isolamento adequado, caso possuam algum. Uma fonte de perdas nas instalações industriais é o isolamento de equipamentos e as condutas que os interligam. Os digestores são equipamentos que podem trabalhar a temperaturas entre 55 e 60 °C, razão pela qual muitos utilizam isolamento térmico, tal como os permutadores de calor. Sem um bom isolamento, uma parte do calor fornecido se dissiparia para o ambiente, aumentando as necessidades caloríficas. Isolando os digestores, as temperaturas permanecem na gama

desejada mais facilmente e é melhorado o rendimento do processo. Esta medida é recomendada para digestores como muitos anos de operação.

5.7.3.2. Objetivo

A redução das perdas em forma de calor dos digestores.

5.7.3.3. Processos e equipamento afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

5.7.3.4. Casos de aplicação

Os digestores com vários anos de funcionamento ou em regiões de temperaturas baixas, nas quais as perdas de calor são consideráveis.

5.7.3.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Caraterísticas do isolamento atual
- Caraterísticas do isolamento futuro
- Temperatura interior
- Temperatura ambiente
- Custo associado ao isolamento
- Custo energético

5.7.3.6. Poupança energética

Podem-se atingir poupanças até uns 10% com a implementação desta solução, embora seja difícil estabelecer à priori as poupanças energéticas obtidas.

A poupança energética provém da diminuição da necessidade calorífica solicitada aos equipamentos de aquecimento para manter a temperatura ideal no interior do tanque digestor.

O isolamento pode realizar-se com material isolante como poliestireno, poliuretano, fibra de vidro, etc. Normalmente, a espessura deste é calculada de forma a serem obtidos coeficientes de transferência de calor de 2,16 a 3,6 kJ/(m^2h°C).

O cálculo da espessura do isolamento deve ser tal que garanta o gradiente de temperaturas adequado, minimizando o investimento necessário.

5.7.3.7. Casos de referência

Na ETAR de Crispijana, projetada para o tratamento de 185 000 m^3/dia e 480 000 h.e., foi realizada uma impermeabilização integral com resinas, tanto no interior como exterior de um dos digestores (nº 3) e o isolamento perimetral com espuma de poliestireno extrudido do depósito para reduzir os esforços derivado da diferença de temperaturas.

Outras ETAR que também implementaram esta solução foi a ETAR de Pinedo.

5.7.4. Injeção na rede do biogás gerado

5.7.4.1. Contexto

A injeção do biogás na rede é uma tecnologia que, todavia, ainda não tem sido aplicada em muitos casos quer em Espanha quer em Portugal. Têm existido bastantes dificuldades por falta de regulamentação e normalização, no que refere a qualidade e condições de procedimento de injeção de gás na rede.

O gás injetado deve cumprir as condições impostas por parte do Gestor Técnico do Sistema Gás tanto em termos de composição como de caudal, o que às vezes não é fácil devido a procedência do biogás.

O biogás gerado nas instalações de digestão anaeróbia possui cerca de 60% de metano, o que permite o seu uso nas caldeiras ou nos sistemas de cogeração. Mas para poder injetar na rede dever-se-á eliminar ou converter o CO_2, obtendo-se biometano. Este processo deve realizar-se em estações purificadoras, no entanto, nos dias de hoje, o número deste tipo de instalações na Europa não é superior a 500, localizadas principalmente na Alemanha e na Áustria.

5.7.4.2. Objetivo

A injeção de biogás gerado na ETAR na rede de gás.

5.7.4.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

5.7.4.4. Casos de aplicação

Não existentes.

5.7.4.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Produção de biogás
- Custo do gás gerado
- Preço do gás

5.7.4.6. Poupança energética

Neste caso, não se poderá falar de uma poupança energética, devido à não existência de uma redução do consumo de energia da ETAR. Trata-se principalmente de um esforço para valorizar os resíduos tratados nas estações, incorporando energia renovável e melhorando a viabilidade económica da ETAR e seus serviços.

5.7.4.7. Casos de referência

ESPANHA

No âmbito de um projeto desenvolvido por Gas Natura Fenosa e Energylab, instalou-se na ETAR de Bens, com uma geração de biogás 400 Nm^3/h, uma instalação de purificação de membranas para tratar um caudal aproximado de 1 Nm^3/h. Trata-se de uma instalação-piloto destinada a determinar os parâmetros de funcionamento ótimos e as limitações e condições reais da tecnologia.

Outra ETAR onde também implementaram esta solução é, por exemplo, a Estação de biogás de Valdemingómez.

PORTUGAL

No âmbito de um projeto realizado entre Águas do Porto e o INEGI foi efetuado um estudo relacionado com a viabilidade técnica e económica da transformação de parte do biogás produzido na ETAR do Freixo (350 400 m^3/ano) oriundo da digestão anaeróbia das lamas produzidas nesta ETAR em biometano e a sua posterior injeção na rede de gás natural (GN),

assegurando que sejam os requisitos técnicos, de qualidade e de segurança sejam obedecidos.

Considerou-se a sua utilização a usos térmicos, quer no setor industrial, quer no setor doméstico e dos serviços, abrindo, ainda, a possibilidade da sua utilização no abastecimento de veículos a GN (GN veicular) em postos de enchimento dedicados. Nesse estudo, foi igualmente considerada que era estipulada uma tarifa de venda à rede comercializadora desta utilidade, caso similar ao que ocorre com a eletricidade.

Tal como referido anteriormente, de forma a obedecer os requisitos em termos de composição e energéticos, o biogás produzido deveria passar por um processo de tratamento antes de ser injetado na rede. Assim, e recorrendo a um *software freeware, Biomethane Calculator,* desenvolvido no âmbito do projeto europeu *Biomethane Regions,* cofinanciado pelo programa *Intelligent Energy Europe,* foi efetuado um estudo comparativo que contemplou quatro tecnologias de tratamento: recurso a membranas de permeação gasosa, depuração por líquidos ou por aminas e adsorção por modelação de pressão. Para além de uma análise quantitativa das correntes gasosas após tratamento e do volume de gás produzido, o *software* possibilitou, também, avaliar os custos incorridos com cada tecnologia em termos de investimento e despesas de operação e manutenção.

Tabela 24. Estudo económico para diferentes tecnologias de biometanização

		Membrana de permeação gasosa de recuperação média	Water Scrubbing	Amine Scrubbing	PSA
Investimento (€)		584.817,00	796.177,00	943.095,00	1.100.313,00
Custos de tratamento	Depreciação (€/ano)	38.987,80	53.078,47	62.873,00	73.354,20
	Custos operacionais (€/ano)	59.131,00	82.455,00	84.771,00	69.495,00
	Custos com propano (€/ano)	19.994,00	20.625,00	21.038,00	20.625,00
	Custos outros químicos (€/ano)	200,00	200,00	200,00	200,00
	Custo total anual (€/ano)	118.312,80	156.358,47	168.882,00	163.674,20
Custos específicos	Por volume de biogás (€/m³)	0,4382	0,5501	0,6023	0,6036
	Por volume de biometano (€/m³)	0,6394	0,7782	0,8353	0,8538
Receitas da venda de biometano (€/ano)		260.811,52	269.378,32	274.137,65	269.378,32
Poupanças conseguidas (€/ano)		142.498,72	113.019,85	105.255,65	105.704,12
PRI (anos)		3,22	4,79	5,61	6,14

Do estudo económico realizado concluiu-se que, apesar dos caudais volúmicos de biometano provenientes das diferentes tecnologias serem muito similares, as membranas são a tecnologia mais económica dado os seus menores custos de investimento e de manutenção e operação.

5.7.5. Motores a gás

5.7.5.1. Contexto

À medida que o custo da energia aumenta e a ênfase nas energias renováveis aumenta, as autoridades locais e municípios estão a procurar soluções que poupam dinheiro e cumpram com os requisitos renováveis. Os motores a gás (que funcionam com biogás produzido na própria instalação) proporcionam uma solução de energia renovável que resulta em poupanças a longo prazo para a ETAR.

5.7.5.2. Objetivo

A utilização do gás produzido na digestão nos motores a gás que substituem os motores elétricos.

5.7.5.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os motores e os digestores de lamas.

5.7.5.4. Casos de aplicação

A ETAR com geração de biogás e com motores possíveis de substituir por motores a gás.

5.7.5.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Produção de biogás
- Custos do motor a gás
- Consumo energético do motor
- Custo da energia elétrica
- Horas de funcionamento do motor
- Custo do gás gerado

5.7.5.6. Poupança energética

Esta medida não supõe uma redução do consumo energético da instalação, mas a substituição dos motores elétricos, que funcionam com energia procedente da rede geral, por motores que funcionam com um combustível procedente da valorização dos resíduos da própria ETAR, fechando o ciclo de otimização dos tratamentos realizados.

5.7.5.7. Casos de referência

Outras ETAR que também implementaram esta solução são, por exemplo: Nilothi WWTP, Dan Región WWTP ou ETAR Mapocho-Trebal.

5.7.6. Secagem solar de lamas

5.7.6.1. Contexto

Com objetivo de reduzir o volume das lamas nas ETAR existem diferentes tipos de processos segundo o grau de humidade final pretendido: espessamento, desidratação e secagem térmica

A secagem térmica é o método utilizado mais comum, que atinge índices de secagem de lamas até 90%. Além disso, o gasto energético associado ao processo é muito elevado, sendo usual que o calor provenha da combustão do gás natural, do próprio biogás da ETAR ou de bombas de calor. A utilização de tecnologias de secagem solar de lamas pode reduzir substancialmente o gasto energético, sendo que estes sistemas se baseiam normalmente numa secagem por meio de estufa com dispositivos de ventilação e movimentação de lamas.

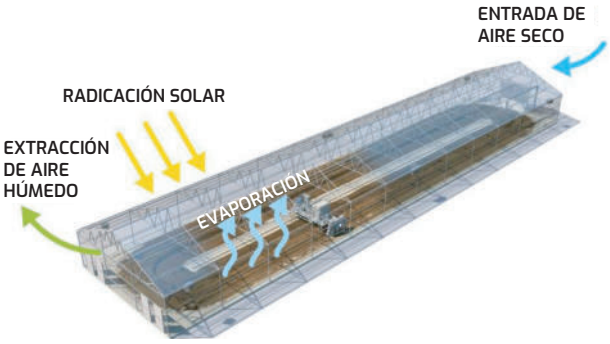


Figura 51: Instalação de secagem solar de lamas. Fonte: Veolia Water Technologies

5.7.6.2. Objetivo

A implementação de um sistema de secagem de lamas a partir da energia solar térmica.

5.7.6.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são na secagem de lamas.

5.7.6.4. Casos de aplicação

Um sistema de secagem solar térmica reduz os custos de operação e manutenção comparativamente a um sistema de convencional. É aplicável naquelas ETAR que tenham um elevado custo devido à secagem das lamas e que tenham espaço disponível para instalação deste tipo, as dimensões da instalação será função não só da radiação incidente na localização da ETAR, mas também do grau de secagem pretendido e da taxa de produção de lamas.

5.7.6.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Dados da radiação solar
- Caraterísticas da lama
- Volume de lama a tratar
- Caraterísticas metereológicas: temperatura, humidade, precipitação, vento...
- Humidade final pretendida
- Utilização final das lamas

5.7.6.6. Poupança energética

Podem-se chegar a poupanças de 80% com a implementação desta solução.

Uma instalação de secagem solar deste tipo tem um consumo médio de 20-30 –kWh/ton de água extraída, rácio que se pode comparar com o consumo atual de uma ETAR. Por exemplo, um túnel de secagem térmica com bombas de calor consumiria 510 kWh/ton evaporada.

5.7.6.7. Casos de referência

A ETAR de Montãna Blanca, com uma capacidade de 3 000 m³/dia e uma produção de 260 ton Matéria Seca/ano, instalou um campo de secagem solar em 2007, com uma área de 700 m² e uma potência total instalada em equipamento de 14 kW.

Outras ETAR que também implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Alto Iregua
- Instalação de Can Canut

5.7.7. Minieólica

5.7.7.1. Contexto

A implantação dos sistemas eólicas em instalações industriais para a autogeração de energia elétrica é cada vez mais atrativa devido a diminuição dos custos de fabricação das turbinas eólicas e o incremento do preço da energia elétrica.

As ETAR são instalações particularmente interessantes para instalação deste tipo de tecnologias, pois têm consumos durante as 24 horas, de modo que, com uma instalação corretamente dimensionada se poderá aproveitar toda a energia produzida.

As turbinas minieólicas, aquelas com potências instaladas inferiores a 100 kW, podem-se classificar em dois grupos: de eixo vertical e de eixo horizontal. Estas últimas são aquelas mais utlizadas.

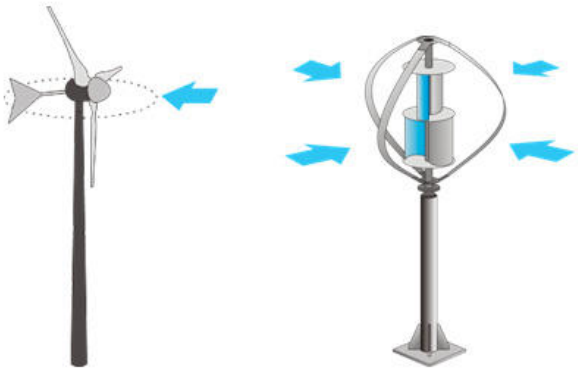


Figura 52: Turbinas de eixo horizontal e vertical. Fonte:e-watt

A utilização de energia eólica tem como vantagem, relativamente ao solar, de que não depende não só o que gera durante o dia, no entanto, apresenta maiores custos de manutenção associados.

5.7.7.2. Objetivo

A implementação de uma instalação de minigeração eólica para cobrir as necessidades de base da ETAR.

5.7.7.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Produção de energia

5.7.7.4. Casos de aplicação

Devido às necessidades de base que apresenta uma ETAR, o uso de energias renováveis de carater aleatório e intermitente como a eólica ou a solar são uma opção a considerar. Com um dimensionamento correto poder-se-á aproveitar toda a energia produzida pelas referidas fontes. O fornecimento de eletricidade ficaria garantido mantendo a ligação com a rede elétrica, evitando assim a instalação de baterias.

Para a instalação de um sistema minieólico, é fundamental que a localização da ETAR tenha umas condições ótimas de vento para obter o melhor aproveitamento deste recurso. É importante conhecer a velocidade média do vento assim como a sua distribuição. Além disso, é fundamental poder contar com uma área livre de obstáculos nas direções predominantes do vento de forma evitar turbulências indesejadas.

5.7.7.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Velocidade média do vento
- Distribuição de velocidades
- Preço da energia elétrica
- Necessidade energéticas da ETAR

Ao contrário da energia solar, não existe uma uniformidade por áreas do recurso eólico. A análise do recurso eólico disponível é complexo e deverá ser realizado por empresas especializadas. Para dispor de uma orientação

sobre a disponibilidade do vento e a produção esperada na zona se pode utilizar as bases de dados disponíveis, como o Atlas Eólico de Espanha, desenvolvido por o IDAE. No caso de Portugal, existe o mesmo tipo de empresas, que fazem o mesmo tipo de previsão quanto à disponibilidade desse recurso e respetivas caraterísticas (por exemplo Prewind).

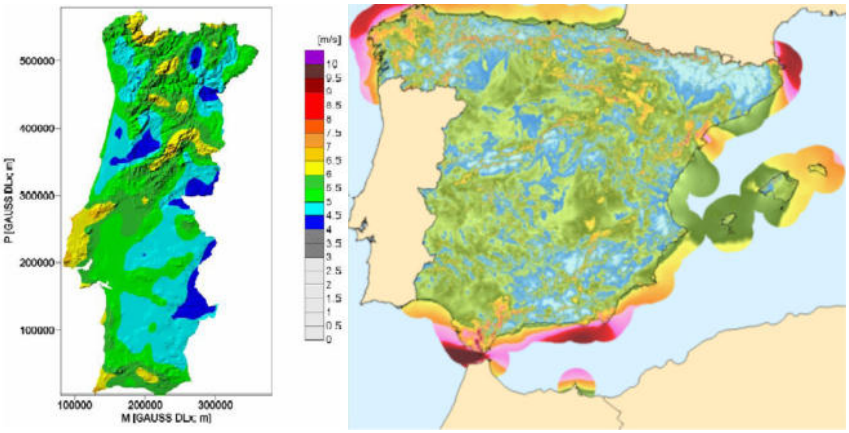


Figura 53: Atlas Eólico de Portugal e Espanha

5.7.7.6. Poupança energética

Podem-se chegar a poupanças de 10% ou inclusivamente superiores com a implementação desta medida. Quanto maior for a potência instalada, maior será a produção sempre que exista recurso eólico e maior será a poupança. No entanto, é também evidente que será necessário realizar um maior o investimento, devido a esse facto é importante encontrar um equilíbrio entre o investimento e a poupança obtida e, além disso, evitar instalações sobredimensionadas.

Para poder avaliar tecnicamente e economicamente esta melhoria dever-se-á proceder a:

- Análise da curva da necessidade de energia elétrica
- Análise da distribuição dos custos da energia elétrica segundos os períodos
- Análise da disponibilidade do recurso eólico
- Dimensionamento da instalação eólica, determinando a potência a instalar necessária para gerar a máxima poupança, ou seja, que cubra

uma percentagem elevada das necessidades da ETAR uma vez que estas instalações estão pensadas para autoconsumo
- Cálculo da poupança energética, de acordo com o recurso disponível e a potência da instalação
- Cálculo da poupança económica anual tendo em conta o custo da energia por cada período, a diminuição da potência contratada e os custos de manutenção
- Cálculo das variáveis económicas como a VAL (Valor Anual Líquido), a TIR (Taxa interna de Rentabilidade) e o período de retorno de investimento.

Existem ferramentas como o Atlas Eólico de Espanha que permitem realizar uma primeira estimativa da produção esperada, para o caso de aerogerador de 100 kW.

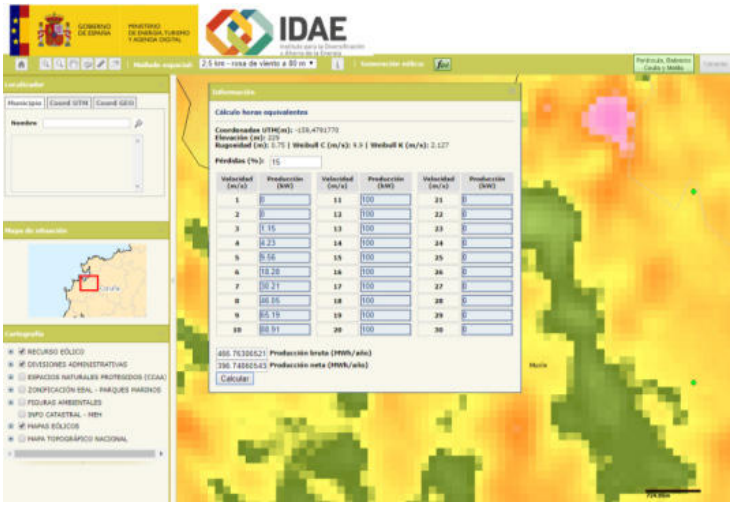


Figura 54: Cálculo da produção através do Atlas Eólico de Espanha

5.7.7.7. Casos de referência

No projeto *Life RENEWAT* instalou-se na ETAR de Archena um sistema de energias renováveis para autoconsumo formado por 100 kW de fotovoltaico e um aerogerador de 5 kW de potência, que alimenta uma ETAR e uma bomba de lamas de excesso isolada da rede.

Figura 55: Instalação de renováveis ETAR *Archena*. Fonte: RENEWAT

Também dentro de um projeto europeu, RETALER II, instalou-se 4 geradores minieólicos em 4 estações de pequeno tamanho: As Touza, Baltar, Monterrei e Sandias e Ourense, aproveitando que nesta zona de Galiza se registam umas 1800 horas equivalentes.

Figura 56: Instalação eólica na ETAR de Baltar. Fonte: Projeto RETALER II

5.7.8. Energia Solar Fotovoltaica

5.7.8.1. Contexto

Os painéis solares fotovoltaicos convertem diretamente a radiação solar em energia elétrica limpa, renovável, sem emissões, ruido ou poluição. A energia solar fotovoltaica é uma tecnologia madura, com centenas de GW de potência instalada a nível mundial e compete a nível de custos de produção com as fontes de geração tradicionais. Não tem componentes móveis e por tanto requere o mínimo de manutenção.

As ETAR são estações particularmente interessantes para instalação deste tipo de tecnologias pois têm consumos permanentes durante todo o dia e durante todos os dias do ano, de modo que, com uma instalação solar corretamente dimensionada, se poderá aproveitar toda a energia produzida pela instalação fotovoltaica, maximizando assim os benefícios obtidos.

Figura 57: Instalação fotovoltaica na ETAR de *Copero* (Sevilla) e ETAR de *Torremayor* (Badajoz)

5.7.8.2. Objetivo

O objetivo desta solução é a implementação de uma instalação solar fotovoltaica com objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica da instalação.

Pelo caráter transnacional deste projeto e as diferentes condições regulatórias de cada país enquanto a venda de energia a rede, nesta secção se analisarão instalações fotovoltaicas de autoconsumo sem venda de energia elétrica, ou seja, dimensionadas para cobrir as necessidades de base da ETAR e que não injetam energia na rede.

5.7.8.3. Casos de aplicação

Devido às necessidades de base permanente que apresenta uma ETAR, o uso de energias renováveis de caracter aleatório e intermitente como o solar fotovoltaico é uma opção interessante a considerar. Com um dimensionamento correto baseado na necessidade base poder-se-á aproveitar toda a energia produzida pelas ditas fontes. A seguinte figura mostra a necessidade energética horária (kWh) durante a primeira semana do ano de um ETAR de Galícia projetada para tratar 48 000 habitantes equivalentes de projeto e um caudal diário 12 000 m^3/dia. Como se pode observar a necessidade da ETAR é considerável durante todo o período.

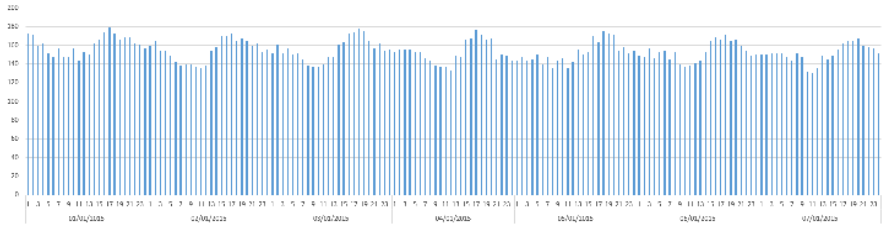


Figura 58: Consumo energético de uma ETAR de Galiza durante um período de uma semana.

Umas condições de radiação mais favoráveis implicam uma produção de energia maior, se deve consultar, portanto um mapa de radiação solar na localização da estação aquando do estudo da viabilidade técnico-económica da instalação solar. Além disso, se deve considerar a presença de sombreamento no espaço disponível da ETAR limitando assim o tamanho da instalação solar.

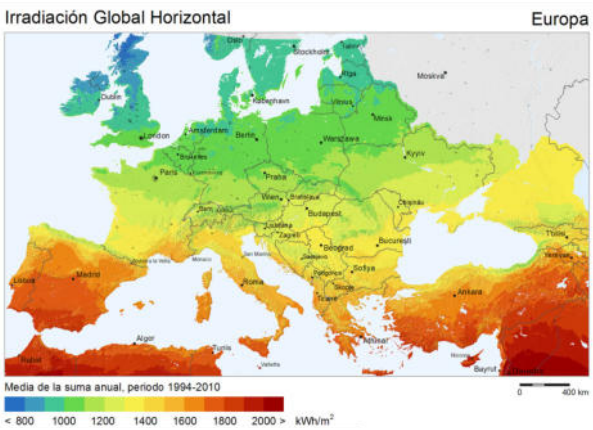


Figura 59: Mapa de irradiação horizontal recebida na Europa.

A figura anterior mostra a localização privilegiada de Espanha e Portugal em termos de kWh/m² de radiação horizontal recebida relativamente a outros países europeus.

5.7.8.4. Dados principais necessários para avaliação da medida

- Necessidade de base da ETAR
- Dados de radiação na localização da ETAR

- Preço de compra da energia elétrica por parte da ETAR
- Custos de investimento e de manutenção

5.7.8.5. Poupança energética

Podem-se chegar a poupanças até uns 15% com a implementação desta solução. Com objetivo de conhecer a poupança energética que uma instalação fotovoltaica pode trazer, se deve levar a cabo o seguinte procedimento.

- Análise da curva de necessidade de energia elétrica
- Análise da distribuição de custos de energia elétrica segundo períodos tarifários
- Análise da radiação incidente na zona e dimensionamento da instalação solar fotovoltaica para gerar a máxima poupança (neste caso tendo em conta que a instalação no vende energia à rede)
- Cálculo da poupança energética segundo radiação incidente e dimensão da instalação
- Cálculo da poupança económica anual tendo em conta o custo da energia por cada período, a diminuição da potência contratada e os custos de manutenção
- Cálculos de variáveis económicas como o VAL, a TIR e o período de retorno do investimento.

Na seguinte figura, apresenta-se um gráfico do cash-flow acumulado para um investimento de uma instalação fotovoltaica sem injeção na rede de 7 kW, para os pressupostos de um custo de manutenção de 183 €/ano, um IPC elétrico de 4% e perdas anuais de rendimento de 0,3%. Com estas premissas, obtém-se um período de amortização sensivelmente menor que 8 anos e um TIR de 10,3%.

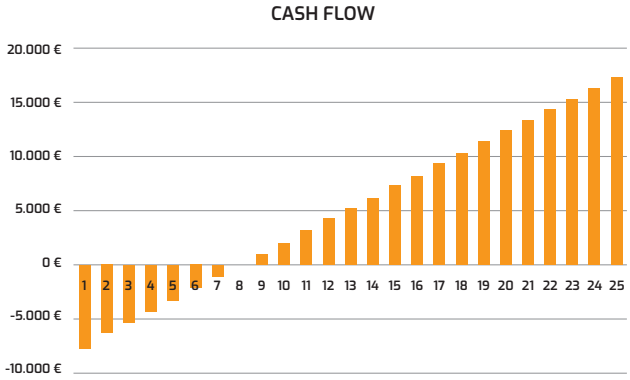


Figura 60: Cash-Flow acumulado para una instalação fotovoltaica de 7 kW.

5.7.8.6. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do Projeto AQUALITRANS, foi implementada uma central fotovoltaica na ETAR de Cedeira, com uma potência instalada de 20,35 kWp, com a perspetiva de a produção energética ser direcionada para autoconsumo, não sendo prevista a instalação de baterias, e mantendo a conexão com a rede geral. A central contou com a instalação de 74 painéis policristalinos, com uma inclinação de 35º e um inversor e 20 kW. A produção anual esperada estima-se que seja de 24.500 kWh, pelo que, considerando as necessidades de consumo energético da ETAR serem de 335.578 kWh, prevê-se que a poupança energética seja de 7,2%.

Figura 61. Instalação fotovoltaica implementada na ETAR de *Cedeira*.

5.7.9. Aproveitamento da energia hidráulica

5.7.9.1. Contexto

O aproveitamento da energia potencial e cinética da água para a sua transformação em energia elétrica é uma prática vulgarmente utilizada. Em muitas estações existem desníveis entre cotas, onde esta energia pode ser transformada em energia elétrica através da utilização de uma turbina. Trata-se de uma energia limpa, com custos de operação baixos e com uma alta disponibilidade, embora os custos de manutenção podem ser elevados devido a esse fato é necessário realizar um estudo de viabilidade detalhado para cada caso.

5.7.9.2. Objetivo

A instalação de turbinas capazes de obter parte da energia cinética e/ou potencial da água de entrada ou saída da ETAR.

5.7.9.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Produção de energia

5.7.9.4. Casos de aplicação

Existem duas localizações donde se pode instalar este tipo de equipamento:

- Na entrada da ETAR, sempre que esteja localizada a uma menor cota que a rede de saneamento. Neste caso, devido a ser águas ainda não tratadas, será necessário escolher uma turbina projetada para águas brutas e será necessário também realizar um pré-tratamento antes da turbina.
- Na saída da ETAR, no efluente, quando existe uma diferença de cotas entre a entrada da ETAR e a saída, uma vez que se trata de água já tratada as exigências da turbina são menores.

5.7.9.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Diferença de cotas
- Caudal

5.7.9.6. Poupança energética

Podem-se chegar a poupanças de 3% com a implementação desta medida.

5.7.9.7. Casos de referência

Um exemplo de projeto de aplicação da referida medida é a ETAR de La Cartuja (Zaragosa), onde está a decorrer o projeto de aproveitar o desnível de 8,50 m que existe entre a saída da água tratada e a lâmina de água do rio Ebro. Neste caso, a ETAR foi contruída a uma cota mais elevada que o rio para a proteger das cheias. A produção de energia prevista com esta medida será de aproximadamente 685 000 kWh por ano.

Outra ETAR que têm também implementada esta solução é, por exemplo, a ETAR de Cartelle.

5.8. Iluminação

5.8.1. Melhoria do sistema de iluminação

5.8.1.1. Contexto

As tecnologias de iluminação que mais frequentemente se podem encontrar nas estações de tratamento (ordenadas de menor a maior eficiência) são:

- Incandescentes
- Halogéneas
- Fluorescentes compactas
- Fluorescentes tubulares
- Halogéneos metálicos
- Sódio de baixa pressão
- LED

As novas tecnologias apresentam melhores relações Im/W e, portanto, diminuem o consumo energético. Embora a potência instalada da iluminação nas ETAR, não seja significativa, existem luminárias que funcionam um número elevado de horas e a energia poupada através da utilização de tecnologias com maior rendimento pode ser apreciável.

Nos últimos anos, o desenvolvimento da tecnologia LED colocou no mercado luminárias e lâmpadas muito eficientes, fiáveis, elevado tempo de vida útil, ajustáveis e com consumos inferiores a 20% das luminárias tradicionais.

5.8.1.2. Objetivo

A substituição das luminárias existentes por outras que possuem um maior rendimento.

5.8.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Sistemas de iluminação

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são as luminárias.

5.8.1.4. Casos de aplicação

É uma medida aplicável a todos os centros que utilizam sistemas de iluminação pouco eficientes.

Dependendo fundamentalmente da tecnologia e do número de horas anuais de funcionamento das luminárias a analisar, os períodos de retorno de investimento poderão ser mais ou menos atrativos.

5.8.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Tecnologia das luminárias
- Horas de utilização
- Potência instalada
- Custo da energia elétrica

5.8.1.6. Poupanças Energéticas

Podem-se alcançar poupanças até 40% com implementação desta solução.

Para um cálculo simples da poupança, pode-se determinar a potência instalada nos equipamentos existentes e que resultaria depois da substituição por LED. A partir daqui, basta estabelecer um consumo (em função de número de horas de funcionamento) e seu custo.

Tabela 25. Potências equivalentes em função da tecnologia

Potencias equivalentes (W)		
Incandescência Halogéneos	Baixo Consumo Fluorescentes	Lâmpadas LED
10	-	1
20	-	3
25	-	5
35	-	7
60	20	10
80	24	12
100	30	15
150	40	20

Supondo, por exemplo, uma ETAR com os seguintes equipamentos de iluminação.

- 4 fluorescentes de 30 W instalados nas salas de controlo, funcionando 10 h/dia
- 6 lâmpadas de baixo consumo de 20 W nas casas de banho com um funcionamento diário de 3 horas
- 10 focos de halogéneo exteriores com 100 W de potência cada um, com um funcionamento em média de 8 h/dia

O consumo anual destes equipamentos se pode calcular aproximadamente:

Consumo (kWh)= Potência instalada x horas de funcionamento (4x30x10+6x20x3 +10x100x8) x 365/1000= 3 489,4 kWh/ano

Se as substituir pelo equivalente em LED:

Consumo (kWh)= (4x15x10+6x10x3 +10x15x8) x 365 /1.000= 722,7 kWh/ano

Consegue-se, portanto, uma poupança energética anual de 2 766,7 kWh/ano. Se se considerar um custo da eletricidade de 0,12 €/kWh, a poupança económica rondaria os 335€/ano. Tratando-se de uma medida de baixo custo, inferior a 2 000 €, o período de retorno do investimento inicial é muito baixo.

5.8.1.7. Casos de referência

O processo de tratamento da ETAR de La Hoya é por lamas ativadas de dupla etapa com digestão anaeróbia e desinfeção por raios UV e está projetada para uma população de 80 000 habitantes equivalentes. Nesta ETAR as melhorias na iluminação conseguiram uma poupança em eletricidade de 5 968 kWh/ano, que supondo um custo de 0,15 €/kWh, são mais de 715 €/ano.

Outra ETAR que também implementou esta solução são, por exemplo:

- ETAR La Cartuja
- ETAR Dos Hermanas

5.9. Sistemas de Gestão de Monitorização Energética

5.9.1. Plataforma de monitorização e supervisão energética

5.9.1.1. Contexto

No mercado atual existe um grande gama de soluções que permitem monitorizar os consumos elétricos numa empresa/edifício/instalação.

Estas soluções são plataformas que permitem realizar a gestão, monitorização e o controlo de não só dos diferentes consumos como também da faturação.

Os sistemas de gestão de consumo permitem a gestão, monitorização e controlo dos consumos energéticos e da faturação. A estrutura principal destas plataformas é composta por: contadores, sistema de comunicação que pode ser por cabo ou sem fios, concentrador dos dados registados num servidor donde se trata e armazena toda a informação registada pelos contadores. A visualização da informação pode-se realizar através de um PC, laptop, telemóvel, etc. que se pode conectar a um servidor por Ethernet, WiFi, GPRS/3G.

Entre outras caraterísticas os sistemas de monitorização de consumos energéticos permitem:

- Monitorizar e visualizar online todos os dados de consumos energéticos em tempo real durante 24 horas e nos 365 dias do ano
- Monitorizar e controlar centralmente o consumo energético
- Obter dados históricos e perfis de carga da instalação
- Comparar faturas da instalação, principalmente elétricas
- Atribuir custos energéticos por zona, instalação, etc.
- Determinar custos por unidade de consumo
- Atuar sobre os componentes do consumo do edifício em tempo real
- Melhorar a sustentabilidade e reduzir as emissões de CO_2

5.9.1.2. Objetivo

A instalação de um sistema de monitorização energética para a análise dos fluxos energéticos e das condições de consumo na ETAR.

5.9.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos

5.9.1.4. Casos de aplicação

Os sistemas de monitorização não conduzem ao aumento da poupança energética de forma direta, mas fornecem informações muito valiosas para guiar o gestor da estação onde deve atuar. Geralmente a poupança energética obtida por estes sistemas deve-se a melhoria da gestão de faturação, verificação de erros de faturação, deteção de excesso de reativa e de potência e adicionalmente detetar e avisar a variação do consumo relativamente aos valores normais.

5.9.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Consumo energético da instalação
- Principais circuitos consumidores
- Intensidades dos circuitos a analisar.

5.9.1.6. Poupança energética

A tipologia, gestão e o tamanho da instalação afeta de maneira direta nos desvios do consumo que podem ser detetados, de modo que as poupanças podem ser muito variáveis desde 3 a 15%.

5.9.1.7. Casos piloto no âmbito do projeto AQUALITRANS

No âmbito do projeto AQUALITRANS, foram colocados blocos analisadores de energia elétrica digitais, trifásicos para cargas equilibradas, associados aos necessários transformadores de corrente e ligados por rede de transmissão automática de dados ao sistema de supervisão da instalação. Esta medida foi implementada nas 5 ETAR em estudo na Galiza e foi também aplicada na ETAR de Sobreiras em Portugal. Neste caso, prevê-se uma poupança energética de 331.556 kWh/ano e uma poupança económica de 33.315 €/ano. Os blocos analisadores de energia elétrica, na ETAR de Sobreiras, foram colocados nos equipamentos de maior consumo de energia, nomeadamente, nos compressores de arejamento, bombas de elevação inicial, bombas de recirculação de lamas, ventiladores de desodorização, bombas de recirculação das torres de desodorização e centrífugas de lamas.

Figura 62. Analisador de energia instalados na ETAR de Sobreiras.

Também no âmbito do projeto AQUALITRANS, foram desenvolvidas ferramentas de apoio a responsáveis deste tipo de instalações. Uma das ferramentas inclui a integração da informação recolhida na monitorização energética das 5 ETAR da Galiza e 1 ETAR em Portugal, alvo de instalação de contadores de energia para monitorização energética. A ferramenta pode ser consultada em: http://aqualitrans.itg.es/.

No mesmo website, podem ser consultadas outras ferramentas. Uma ferramenta GIS, relativa à caracterização energética e de processo das 173 ETAR da Galiza e Norte de Portugal, consideradas no estudo alargado do projeto AQUALITRANS, referida na secção 2 deste documento, e uma outra ferramenta de autodiagnóstico online, que permite simular um diagnóstico a uma ETAR particular a partir dos dados introduzidos no sistema pelo utilizador.

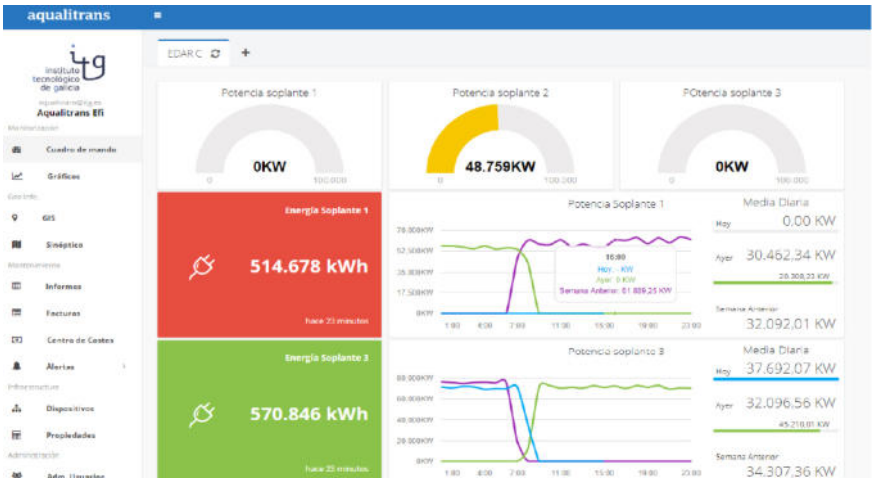


Figura 63. Ferramenta de monitorização. Painel de indicadores para seguimento em tempo real.

5.10. Ajuste da Potência Contratada

5.10.1. Ajuste da potência contratada

5.10.1.1. Contexto

O termo da potência tem um peso considerável na fatura elétrica, devido a este fato, é necessário adequar a potência contratada a que é realmente requerida pela instalação. Muitas ETAR têm contratada uma potência que não se ajusta as suas necessidades reais, e tanto por excesso ou por defeito de potência contratada, se pode estar a incorrer a custos ou penalizações desnecessárias. É importante comparar a potência contratada com o valor da potência no maxímetro, que indica a máxima potência registada do período correspondente durante o mês indicado, de modo que se detete se existe um potencial de poupança por adequação das potências contratadas ao perfil de consumo.

5.10.1.2. Objetivo

A avaliação da potência requerida real de uma ETAR e cálculo da potência ótima a contratar.

A realização dos processos de grande necessidade energética nos períodos horários de menor custo. Redução da energia utilizada na hora de ponta.

5.10.1.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos os Processos

5.10.1.4. Casos de aplicação

Todas aquelas ETAR em cujas as faturas se observem desvios positivos ou negativos entre a potência contratada e as leituras máximas de potência requerida realizada pelos maxímetros.

Sempre que a atividade produtiva o permita seria interessante que aquelas tarefas cujos consumos tenham um elevado peso sobre o total da instalação se se realizem nos períodos tarifários mais baratos.

Nas estações de águas residuais se podem aplicar desfasamento de cargas como a desidratação, o arejamento ou certas bombagens como a recirculação de lamas.

Esta medida deve ser analisada em maior profundidade do ponto vista operacional antes de se poder ser implementada.

5.10.1.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Potência contratada
- Leitura maxímetro
- Tarifa contratada
- Energia consumida
- Horas de funcionamento
- Tarifa do kWh segundo os períodos

5.10.1.6. Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, embora suponha uma poupança económica devido às diferentes tarifas do kWh.

5.10.1.7. Casos de referência

Algumas ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Empuriabrava
- ETAR Murcia
- ETAR Martorell

5.10.2. Deslocamento de carga para períodos tarifários mais económicos

5.10.2.1. Contexto

Os contratos relacionados com o fornecimento de eletricidade a que as ETAR estão normalmente afetas, não apresentam um preço constante do kWh durante o dia, mas este preço varia de acordo com o período do dia no qual se consome energia elétrica. Normalmente, as modalidades de contratos mais comuns pelas empresas deste sector, o dia é dividido em 3 períodos ou em 6 períodos. Os períodos mais baratos são aqueles que decorrem quando o consumo a nível geral é baixo e os períodos mais caros quando é mais alto. A diferença entre o preço do kWh entre o período mais barato e o período mais caro pode atingir uma quantidade considerável, nas ETAR analisadas se chega a alcançar preços no período noturno cerca de 50% mais barato que os preços no período de ponta.

5.10.2.2. Objetivo

Realizar os processos de elevado consumo energético nos períodos horários com um menor custo do kWh. Reduzir a energia consumida no horário de ponta.

5.10.2.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos

5.10.2.4. Casos de aplicação

Sempre que a atividade produtiva o permita, seria interessante que aquelas tarefas cujo o consumo apresenta um peso importante sobre o total da instalação se realize nos períodos tarifários mais baratos.

Nas ETAR se podem considerar deslocar cargas como a desidratação, o arejamento ou certas bombagens como a recirculação de lamas.

5.10.2.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Energia consumida
- Horas de funcionamento
- Tarifa do kWh segundo o período

5.10.2.6. Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, no entanto supõe uma poupança económica devido à diferente tarifação do kWh.

5.10.2.7. Casos de referência

ESPANHA

Entre as ETAR que estão estudando esta reorganização de consumo se encontra a ETAR de Os Tilos e a ETAR Pontevedra.

PORTUGAL

Na ETAR do Freixo o processo de desidratação e de espessamento de lamas se restringe aos dias de fim-de-semana e feriados (sexta, sábado e domingo) em que prevalecem os períodos de vazio e super-vazio e nos dias uteis o funcionamento deste setor é apenas nos períodos noturnos onde se encontra os mesmos períodos de faturação.

Essa laboração intensiva deste sector nestes períodos tem como principal intuito a redução dos encargos com a energia.

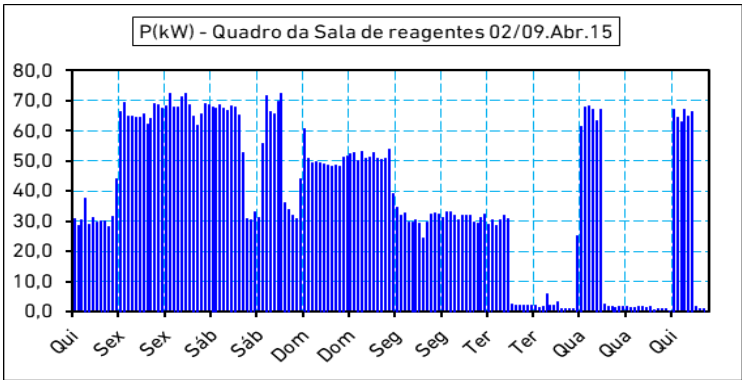


Figura 64 – Diagrama de carga semanal do setor de desidratação e espessamento de lamas

As mesas de espessamento e desidratação possuem controladores eletrónicos integrados pelo que se encontram otimizadas em termos energéticos.

5.10.3. Ajuste do fator de potência

5.10.3.1. Contexto

A energia reativa, que não produz trabalho físico direto nos equipamentos, é necessária para produzir o fluxo eletromagnético o qual coloca em funcionamento elementos tais como: motores, transformadores, lâmpadas fluorescentes, equipamentos de refrigeração e outros similares. Quando a quantidade destes equipamentos é apreciável, o requisito de potência reativa também é significativa, produzindo uma diminuição do fator de potência, ou seja, um atraso entra a onda de tensão e da intensidade.

Um fator de potência de 1 indica que se está aproveitando toda a energia consumida. As lâmpadas fluorescente têm um fator de 0.5 e um motor assíncrono a 100% da carga não ultrapassa os 0,85. O fato de existir um baixo fator de potência representa uma série de inconvenientes ao consumidor de energia:

- Aumento da intensidade da corrente
- Perdas nos condutores e fortes quedas de tensão
- Incrementos de potência das instalações e transformadores, redução de sua vida útil e da capacidade de condução dos condutores
- A temperatura dos cabos aumenta, diminuindo a vida útil dos seus isolamentos
- Aumento das faturas por consumo de eletricidade. A companhias elétricas cobram o consumo de energia reativa, mesmo que esta energia não esteja realmente utilizada.

Para evitar estes problemas, é necessário corrigir o consumo da reativa mediante condensadores. A bateria de condensadores é um equipamento de compensação automático que deve ser capaz de adequar as variações de potência da reativa da instalação para conseguir manter o cos φ objetivo da instalação superior a 0,95.

5.10.3.2. Objetivo

A redução do consumo da energia reativa mediante a instalação de baterias de condensadores.

5.10.3.3. Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos que consumam eletricidade

5.10.3.4. Casos de aplicação

A compensação da energia reativa deve-se realizar naquelas instalações com fatores de potência inferiores a 0,95 (indutivo).

5.10.3.5. Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Energia ativa consumida

- Energia reativa consumida

A forma mais simples de comprovar este consumo de reativa é a partir das faturas de consumo emitidas pela empresa comercializadora.

5.10.3.6.251 Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, no entanto representará uma poupança económica devido à redução das penalizações derivadas do consumo da reativa.

5.10.3.7. Casos de referência

ESPANHA

Entre as ETAR que implementaram esta solução estão:
- ETAR Martorrel
- ETAR Ceuta

PORTUGAL

A ETAR do Freixo para compensação da energia elétrica reativa consumida, possui sistemas de compensação automática adstritos aos quadros gerais de baixa tensão, instalados em armários próprios e comandados por relés varimétricos. Tal como se observa na figura seguinte ocorre uma compensação eficaz nos períodos de fora de vazio, tendo o valor do fator de potência o valor de 1 ao longo do ano.

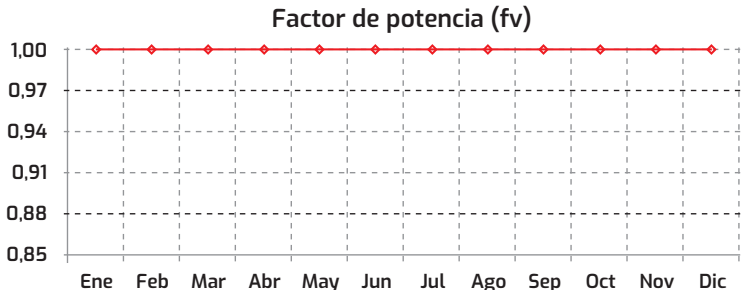


Figura 65 –Evolução mensal do fator de potência médio (fora de vazio/2014)

A ETAR de Sobreiras também o mesmo sistema de compensação de energia reativa, no entanto, os valores de fator de potência variam entre os 0,95 a 1 ao longo do ano.

6. SOLUÇÕES INOVADORAS APLICADAS NA ATUALIDADE

Como parte do Guia de Soluções Tecnológicas para a Eficiência das ETAR incluiu-se uma pequena secção relativa à apresentação de soluções inovadoras e novas tecnologias emergentes que estão em investigação, em desenvolvimento e, muitos casos, a ser aplicadas em experiências piloto no âmbito das estações de tratamentos de água residuais.

Não é objetivo do Guia aprofundar os aspetos técnicos de cada solução inovadora implementada, mas sim a realização de uma descrição básica das novas soluções que estão a ser investigadas e postas em prática, facilitar documentação de referência para consulta, caso seja necessário um maior grau de profundidade para a solução analisada.

As soluções contempladas são focadas na aplicação de novas soluções nos processos de tratamento das ETAR que incidem positivamente na eficiência do processo de tratamento e como consequência numa redução no custo global energético do processo.

6.1. Maximização da Captura de Sólidos e Matéria Orgânica na Decantação Primária

Do ponto de vista estrito do aproveitamento da energia contida nas águas residuais, as investigações em curso tendem a privilegiar os tratamentos primários com desvio do máximo de carga orgânica para a digestão anaeróbia segundo WERF. As vantagens apontadas para estas soluções são, para além de uma maior produção de gás na digestão anaeróbia, a economia de energia nos processos de arejamento a jusante.

O "*Roadmap*" da *Water Environment Research Fondation* (WERF) prevê mesmo o investimento em processos avançados de decantação primária, com recurso a assistência com processo físico-químico e a aceleração com balastros.

Estão a ser instaladas e desenvolvidas tecnologias de decantação acelerada, lamelar, com utilização de reagentes e recirculação de lamas ou

de areia micrométrica. Trata-se de um processo cujas eficiências se aproximam das de um tratamento secundário convencional (desde que verificadas determinadas condições) e que, pelas elevadas velocidades de decantação permitidas (economias de espaços de implantação) e pela rapidez e facilidade de arranque e estabilização do processo, estão a ganhar relevância no tratamento de caudais excedentários em sistemas com elevada contribuição pluvial.

6.2. Tratamentos Biológicos Inovadores

6.2.1. Tratamento anaeróbio UASB

Os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) têm vindo a ser adotados no tratamento de águas residuais urbanas, sobretudo em zonas de climas quentes, devido aos baixos custos de investimento e exploração. Começaram a ser desenvolvidos nos anos setenta do século passado com aplicação no tratamento de águas residuais industriais, muito concentradas, inicialmente na indústria do açúcar, revelando vantagens em termos de baixa produção de lamas, de reduzido espaço de implantação, de baixo consumo energético e do seu potencial de produção de biogás. Estas vantagens têm vindo a incentivar investigações no sentido da aplicação desta tecnologia a águas residuais urbanas em países tropicais como o Brasil, a Colômbia e a Índia.

Embora esta tecnologia não consiga, por si só, obter um efluente de qualidade conforme com as exigências correntes de qualidade das descargas, ela permite eliminar parte significativa da carga orgânica com custos inferiores aos das soluções convencionais, podendo ser complementada com tratamentos de afinação.

As limitações atuais desta tecnologia, as quais justificam a investigação em desenvolvimento, prendem-se com as dificuldades da sua combinação com a remoção de nutrientes e com a quantificação e tratamento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE que se lhe associam. Esta tecnologia potencia também a formação de sulfureto de hidrogénio, com impactos ao nível da segurança do pessoal e das instalações, da corrosão das estruturas e da libertação de odores para os quais se requerem medidas de mitigação.

6.2.1.1. Tratamento dos licores sobrenadantes e dos filtrados do tratamento lamas

A concentração de amónia nos digestores tem duas origens essenciais, a amónia presente nas lamas que entram no digestor e a que resulta da conversão dos sólidos voláteis durante a digestão. A concentração de amónia sobe até se atingir o equilíbrio com a alcalinidade, numa relação, obtida empiricamente, de 3,3 de $CaCO_3$ para 1 de amónia.

As lamas pré-tratadas com hidrólise térmica entram nos digestores com concentrações de sólidos rondando os 11%, bastante mais elevadas do que as lamas espessadas não sujeitas a pré-tratamento (que entram na digestão com uma concentração rondando 4 a 6%). Esta maior concentração, combinada com a maior destruição de voláteis, faz com que a digestão de lamas pré-tratadas com hidrólise térmica tenha um potencial de produção de amónia muito superior, relativamente à solução convencional e, assim, a concentração de amónia no "licor" seja bastante superior. Contudo, como os volumes de "licores" gerados são inferiores, a carga total de amónia é semelhante à produzida na digestão de lamas não sujeitas àquele pré-tratamento.

O tratamento destes "licores" e filtrados, com oxidação da amónia em condições energeticamente muito favoráveis, antes do seu retorno à entrada da ETAR, permite economias significativas na energia de arejamento dos reatores biológicos.

Este tratamento tem sido efetuado com base na utilização de processos biológicos de baixo consumo energético. Estes processos utilizam a bactéria ANAMOX, a qual oxida a amónia diretamente a azoto gasoso, usando o nitrito como recetor de eletrões, sem necessidade do substrato de carbono requerido pelos processos convencionais de desnitrificação. A aplicação deste tratamento debate-se ainda com dificuldades associadas ao crescimento da bactéria ANAMOX, que é lento, obrigando a reatores de grande dimensão.

Investigações recentes sugerem a possibilidade de a bactéria ANAMOX poder agregar-se em flocos mais pesados, permitindo a sua separação das lamas e evitando a sua retirada do processo nas lamas em excesso e, assim, viabilizando soluções para a acumulação destes microrganismos nos reatores. Esta possibilidade poderá vir a permitir a utilização desta bactéria nos processos biológicos de remoção de nutrientes, o que se traduzirá, naturalmente, em elevadas economias de energia.

6.3. Tratamentos de Lamas Prévios à Digestão Anaeróbia

A eficiência da digestão anaeróbia, quer em termos da redução de sólidos voláteis, quer em termos da produção de biogás, pode ser melhorada através da implementação de pré-tratamentos nas lamas a digerir. A desidratabilidade das lamas digeridas melhora também significativamente, devido à redução da sua viscosidade, baixando o consumo de energia e de reagentes na desidratação e melhorando a concentração das lamas desidratadas (menores emissões de GEE no transporte a deposição final). Estes pré-tratamentos, que provocam a quebra das moléculas e a solubilização da matéria, podem ser aplicados usando as tecnologias indicadas na tabela seguinte, onde se indica também o número de instalações existentes à escala real em 2009, o ano da realização dos primeiros ensaios, o ano da primeira instalação à escala real, a redução de sólidos voláteis alcançável e o consumo específico de energia elétrica.

Tabela 26. Tratamentos de lamas prévios à digestão anaeróbia

Processo	Primeiros ensaios	Primeira instalação	Nº instalações	Red. Sólid Voláteis (%)	Cons. Energ Elétrica (kWh/tMS)
Hidrólise térmica	1990	1996	24	60	310
Hidrólise Enzimática	Anos 90	2002	11	52	304
Hidrólise ultrassons	Anos 90	2000	>10	56	675
Hidrólise imp. electr	2000	2007	1	56	407
Microlamas	2000	2004	3	59	555
Rotura celular	2004		0	52	204

A hidrólise térmica, para além das vantagens acima indicadas, propicia ainda a obtenção de biossólidos estabilizados, com características compatíveis com a sua valorização agrícola (biossólidos da classe A), o que se traduz numa grande vantagem. A hidrólise enzimática, que opera a temperaturas da ordem dos 42ºC não dará essas garantias. Os tratamentos por ultrassons e por pressão precedida de enfraquecimento das paredes celulares (microlamas) só se aplicam, normalmente, a lamas biológicas.

Os tratamentos térmicos têm a vantagem de poderem utilizar calor produzido em cogeração, o que poderá ser importante se a produção de biogás na instalação for suficiente, ou se for economicamente viável o seu reforço com a utilização de gás natural.

6.4. Hidrólise Térmica das Lamas

Até ao final dos anos setenta do século passado, a aplicação de tratamentos térmicos às lamas visava a melhoria das suas condições de desidratabilidade e o alcance de melhores sicidades das lamas desidratadas. Mais tarde começaram a ser investigadas as melhorias de digestibilidade proporcionadas pelos tratamentos térmicos, apontando-se a temperatura de 170ºC como a ideal para estes tratamentos. A partir dos anos oitenta, estes tratamentos térmicos começaram a ser abordados com um terceiro objetivo, o da pasteurização das lamas.

As principais vantagens detetadas na investigação dos tratamentos térmicos prévios à digestão anaeróbia de lamas são, fundamentalmente, as seguintes:

- Melhoria da biodegradabilidade das lamas, com redução das necessidades de energia para aquecimento dos digestores e aumento da produção de biogás;
- Redução dos impactos do retorno dos "licores" da digestão no processo biológico do tratamento da fase líquida;
- Redução dos compostos odoríferos formados durante os tratamentos prévios à digestão.

Na sequência destas investigações foram patenteadas algumas tecnologias de tratamentos térmicos de lamas (por exemplo *Biothelys* e *Camby*), baseadas na elevação da temperatura e pressão das lamas, durante um determinado intervalo de tempo. A hidrólise térmica aumenta, para mais do dobro, a fração rapidamente biodegradável dos sólidos voláteis presentes nos biossólidos, aumentando em 30 a 60% a produção de biogás.

6.5. Tratamentos Elétricos

Os tratamentos por pulsação de campos elétricos que estão a ser investigados e desenvolvidos promovem a solubilização das lamas, antes da sua digestão, e têm como principal objetivo o aumento da razão CQO solúvel/CQO total e da concentração de polímeros extracelulares (aumentos da ordem de 4,5 a 6 vezes), através da rotura celular induzida pelos impulsos das descargas elétricas. Estes tratamentos atacam diretamente as membranas celulares.

Segundo alguns investigadores são referenciados os resultados de um estudo de aplicação destes tratamentos a uma mistura de lamas primárias com lamas biológicas, utilizando resultados laboratoriais de aplicações

sobre instalações piloto e sobre instalações à escala real. O tratamento potenciou a solubilização da CQO e outros componentes das lamas, tendo-se revelado eficiente, quer nas instalações piloto, quer nas instalações à escala real. Os principais benefícios evidenciados foram uma maior degradação da matéria orgânica, uma maior produção de biogás e uma menor produção de lamas digeridas a conduzir a destino final.

6.6. Parâmetros de Controlo de Processo de Arejamento dos Reatores Aeróbios

Estão a ser desenvolvidas tecnologias e ferramentas inovadoras no controlo do arejamento de reatores aeróbios que não se limitam ao controlo automático dos equipamentos de arejamento em função das concentrações de oxigénio dissolvido, salientando-se as seguintes:

a) a respirometria;
b) a determinação do ponto crítico da concentração de oxigénio nos reatores biológicos, através dos resultados de análises de respirometria;
c) o balanço de oxigénio nos tanques de arejamento.

A respirometria tem ainda as seguintes limitações, condicionantes da sua utilização como base para um controlo em linha de sistemas de arejamento:

- Fiabilidade dos resultados analíticos da respirometria;
- Difícil manutenção do equipamento de amostragem em linha;
- Eventual falta de representatividade das amostras colhidas em linha.

O ponto crítico de oxigénio é a concentração mínima de oxigénio capaz de criar o gradiente (entre o exterior e o interior da parede celular) necessário para a passagem de oxigénio necessário à respiração dos microrganismos. Este parâmetro, avaliado em ensaios de respirometria, permite determinar o "*setpoint*" ótimo da concentração de oxigénio dissolvido, uma vez que abaixo do ponto crítico a respiração é perturbada, enquanto que acima deste ponto não se verifica um aumento da taxa de degradação com o aumento da concentração de oxigénio dissolvido. Regulando o sistema de controlo para este "*setpoint*" atingir-se-á a máxima eficiência energética.

O balanço de oxigénio em torno dos reatores considera o oxigénio entrado no reator e o oxigénio que sai do reator, libertado através da superfície livre. Esta metodologia foi utilizada inicialmente para avaliar a eficiência de sistemas de arejamento, estando recentemente a ser objeto de atenção como processo de controlo. Uma forma de controlo que pode também apresentar vantagens em termos da minimização do consumo em processos de

arejamento é o controlo automático da idade de lamas, permitindo a sua minimização em valores compatíveis com os objetivos do tratamento.

Ao nível do controlo de compressores de arejamento, verifica-se atualmente uma evolução do sistema tradicional de controlo, baseado na pressão (os compressores arrancavam ou aceleravam quando a pressão descia abaixo de determinado valor, por via do consumo de ar no arejamento, controlado por válvulas em função da concentração de oxigénio dissolvido), para um novo sistema em que o funcionamento dos compressores é controlado diretamente pelo caudal de ar que está a ser solicitado. Este sistema de controlo apresenta as seguintes vantagens:

- Elimina as oscilações cíclicas nos compressores e nos reatores associadas à variação da pressão;
- Minimiza as perdas de carga associadas às válvulas, uma vez que nas zonas de maior consumo de ar, as válvulas estarão totalmente abertas

6.7. Controlo de Procedimentos de Arejamento por Parâmetros de Amoníaco, Nitrato e Nitrito

As bactérias responsáveis pelos processos de remoção de azoto apresentam uma elevada diversidade, sendo que a maior parte suporta bem concentrações de oxigénio dissolvido próximos de zero, podendo desenvolver-se e conviver em condições de alternância de aerobiose com anoxia, proporcionando uma otimização do metabolismo global dos microrganismos presentes nos reatores, com um mínimo de energia de arejamento. Para esta otimização, o controlo automático tradicional em função da concentração de oxigénio dissolvido não é suficiente para se atingir a máxima eficiência e para tirar partido das zonas de transição aerobiose/anoxia. Estão em desenvolvimento sistemas de controlo que utilizam medições de outros parâmetros como a amónia, o nitrato e o nitrito (processos patenteados *Symbio & Bioprocess Intelligent Optimization* - BIOS).

6.8. Agitação dos Reatores Biológicos Anaeróbios e Anóxicos

Estão em desenvolvimento duas tecnologias emergentes no domínio da agitação/mistura de reatores biológicos anaeróbios e de reatores anóxicos:

- Misturadores de perfil hiperbólico;
- Mistura por ar pulsado de bolha grossa.

O primeiro, que conta já com alguns casos de aplicação na Europa, na Alemanha, na Holanda e na Bélgica, estando, à data de 2010, em aplicação em duas ETAR nos Estados Unidos da América, permite economias significativas de energia, comparativamente com os agitadores submersíveis convencionais.

A agitação por ar difuso de bolha grossa é uma tecnologia patenteada e assenta na utilização de difusores concebidos para originarem a libertação intermitente, junto ao fundo dos reatores, de grandes bolhas de ar comprimido que, por efeito da ascensão, promovem a agitação da biomassa, sem transferência de oxigénio do ar, podendo por isso ser aplicado em reatores anaeróbios e anóxicos.

6.9. Soluções Descentralizadas

A *Environmental Protection Agency* (U.S. EPA) vem administrando um projeto de investigação, intitulado *National Decentralized Water Resources Capacity Development Project* (NDWRCDP), desenvolvido pela *Water Environment Research Foundation* (WERF) e pela *Decentralized Water Resources Collaborative* (DWRC), visando o desenvolvimento de investigação no âmbito dos sistemas descentralizados de águas residuais e de drenagem pluvial. Dadas as fortes inter-relações entre a água e a eletricidade, o projeto envolve também a cooperação da *Electric Power Research Institute* (EPRI).

De acordo com a definição apresentada no site do projeto referido no parágrafo anterior, sistemas descentralizados de tratamento são sistemas de tratamento, geralmente de menor dimensão do que os convencionais, servindo habitações individuais ou conjuntos de habitações, indústrias ou entidades institucionais, aplicados perto do local de geração das águas residuais. Nos Estados Unidos, zonas rurais e zonas de subúrbio de cidades estão a adotar cada vez mais este tipo de solução para atender às necessidades de drenagem e tratamento de águas residuais, urbanas e pluviais. São referenciados, naquele site, 20 casos de aplicação de soluções descentralizadas, localizados nos Estados Unidos e na Austrália, concluindo-se que estas soluções são viáveis e sustentáveis e que podem ser usadas em conjunto com as soluções centralizadas visando uma otimização processual e energética global.

O conceito de sistema descentralizado integra os seguintes princípios de conceção:

- Separação na origem de águas negras (fezes e urinas) e de águas cinzentas, além da separação de águas pluviais;

- Recuperação de nutrientes na origem, principalmente a partir do tratamento das águas negras;
- Reutilização das águas residuais tratadas na agricultura urbana ou em outras utilizações compatíveis.

Existem casos de aplicação deste tipo de conceção de drenagem urbana na reconstrução de velhas cidades e na construção de novas cidades na Suécia e na Holanda.

Neste conceito, o tratamento de águas negras é efetuado por processos anaeróbios, como fossas séticas, ou através de processos inovadores como:

- A remoção de CQO e a recuperação de metano em reatores UASB;
- A precipitação do fósforo na forma de cristais de estruvita, utilizando magnésio como agente precipitante;
- A conversão de amónia a azoto gasoso (utilizando o nitrito como recetor de eletrões) através de processos inovadores de baixo consumo de oxigénio e sem necessidade de fonte externa de carbono (CANON, ANAMOX, OLAND).

As águas cinzentas são tratadas em sistemas compactos de UASB/SBR ou por lamas ativadas. Estas tecnologias têm sido aplicadas, por exemplo, em pequenas áreas residenciais em *Sneek*, no norte da Holanda.

Um novo conceito de drenagem urbana que aproveita as vantagens dos sistemas centralizados e as dos sistemas descentralizados, contempla o tratamento das águas negras de forma centralizada e o tratamento e reutilização local das águas cinzentas, de forma descentralizada.

De acordo com alguma da bibliografia da especialidade, esta conceção híbrida permitirá reduções

7. CONCLUSÕES

Uma ETAR deve ser capaz de enfrentar os desafios impostos pela sociedade em termos de qualidade do efluente, minimizando os seus custos, reduzindo o seu consumo energético e, em suma, alcançar a sua sustentabilidade tanto económica como ambiental. Para isso, é requerido um conhecimento detalhado dos principais processos e recursos consumidos nas ETAR e os principais resíduos gerados, tendo em linha de conta o seu impacto económico na viabilidade das mesmas.

Seguindo essa linha de pensamento, foi criado este Guia que pretende ser uma ferramenta de apoio para apoiar a concretização dos referidos objetivos e servir de referência às entidades gestoras das ETAR. Pretende-se que em primeiro lugar que este Guia auxilie a identificar potenciais medidas de melhoria que possam ser aplicadas neste tipo de instalações e, em segundo lugar, que as entidades gestoras possam dispor de informação útil sobre como se deve avaliar a viabilidade técnico-económicas na implementação das diferentes medidas de melhoria pretendidas.

Para tal, utilizou-se toda a informação recolhida em estudos de caraterização (patente na secção 2 onde se apresenta e sistematiza informação referente a 178 ETAR), em auditorias realizadas em ETAR da Eurorregião (resultados presentes na secção 4 de 10 ETAR em Galiza e 10 em 10 ETAR no Norte de Portugal) bem como todas ferramentas desenvolvidas (**http://aqualitrans.itg.es/**) no âmbito do projeto AQUALITRANS.

Num universo de 20 ETAR, efetuaram-se auditorias energéticas pormenorizadas seguindo a metodologia aqui exposta neste Guia (secção 3). Nessa auditorias foram efetuadas desagregações dos consumos energéticos em termos de fontes e vetores energéticos, sectores, processos e equipamentos e foram identificados os principais consumidores dentro da instalação, avaliadas as eficiências energéticas dos processos/equipamentos, estabelecidos indicadores de eficiência, identificados pontos de ineficiência dentro da instalação e referenciadas das medidas ou soluções de melhoria para esses mesmos pontos (secção 5 e 6).

Para esse universo de ETAR escolheram-se apenas algumas ETAR piloto para a implementação de algumas das medidas de melhorias preconizadas. Efetuou-se um caraterização energética antes e depois da implementação

dessas medidas, de forma a se averiguar se estas atingiam os valores previstos, os quais se apresentam na tabela seguinte.

Por fim e tal como referenciado, ainda no âmbito do projeto AQUALITRANS foi desenvolvida uma ferramenta de gestão avançada de ETAR com o objetivo de auxiliar as entidades gestoras. Nesta ferramenta e possível realizar diagnósticos energéticos a este tipo instalações e comparar os indicadores energéticos obtidos com os valores referencia. Adicionalmente, esta ferramenta também permite a realização de planos individuais que incluem medidas de melhoria, tal como foram aqui expostas, de forma a cumprir os objetivos de poupança nos consumos de recursos, de geração de resíduos e eficiência nos custos, assim como prescrições de sistemas de gestão de processos baseados nas tecnologias de informação e da comunicação

Tabela 27. Medidas implementadas no âmbito do projeto Aqualitrans

ETAR	Medidas	Investimento (€)	Cenário Inicial (kWh)	Cenário Final (kWh)	Poupança (kWh)	% Red
A.Proba de Caramiñal	Instalação de variadores de frequência	23.340	18.398	14.052	4.346	24
Sobreiras	Instalação de variadores de frequência	49.000	3.013.840	2.561.764	452.076	15
Gondomar	Substituição de bombas sobredimensionadas	47.200	191.726	174.474	17.252	9
A.Proba de Caramiñal	Subs. de difusores por difusores de alta eficiência	22.268	73.365	44.165	29.200	40
Nigrán	Limpeza do circuito de arejamento	-	-	-	-	3
Ares	Sistema de controlo do sistema de arejamento	18.766	312.971	300.451	12.520	4
Nigrán	Regulação do sistema de desinfeção UV	7.217	156.950	108.296	48.654	31
Cedeira	Instalação painéis fotovoltaicos	33.650	-	-	24.500	7
5 ETAR da Galiza e 1 de Portugal	Sistema de gestão e de monitorização energética	-	-	-	331.556	-

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1 – Caraterísticas das 178 ETAR na Eurorregião utilizadas no estudo

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR1	4.000	1.200	126		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Filtração y desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR2	600.000	130.982	8.186	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Digestão anaeróbia, centrífuga e secagem térmica
ETAR3									
ETAR4	4.500	912	220	Bombagem de água bruta	Rega e desarenador-desengordurамento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR5	6.500	1.855	157		Regas e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR6	2.000	600	60		Rega		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	
ETAR7	8.621	2.592	259	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll e tanque de homogeneização	Físico – Químico	-	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR8	4.000	1.000	63		Regas, rototamisadores e desareando-desengordurамento		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR9	19.000	4.800	480	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR10	52.000	13.278	1.500		Rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR11	16.000	5.530	648		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR12	2.000	442	46		Rototamisadores, Rega e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR13	12.500	2.760	350	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll		Lagoa biológica		Físico-Químico, Espessamento e filtro banda
ETAR14	6.000	1.800	225		Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por cloração	Espessamento e filtro banda
ETAR15	20.000	4.992	500	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Pré-desidratador e centrífuga
ETAR16	1.500	375	40	Bombagem de água bruta	Sem dados		Lamas ativadas		Espessamento e centrífuga
ETAR17	36.000	7.314	690		Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR18	2.000	500	63		Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR19	2.000	500	50		Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR20	2.300	499	50	Bombagem de água bruta	Rototamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR21	2.000	500	50	Bombagem de água bruta	Rega e Tamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR22	3.000	750	94	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR23	4.000	800	74	Bombagem de água bruta	Rega e pré-tratamento compacto		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Filtração banda e desinfeção por ultravioleta.	Espessamento e centrífuga
ETAR24	8.500	2.550	213		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR25	2.500	552	138		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR26	2.500	500	45		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR27	2.820	574	57	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR28	4.000	1.200	100	Bombagem de água bruta	Rototamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR29	13.000	2.600	324	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR30	25.000	6.250	466		Rega e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR31	20.000	6.300	563		Rega e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR32	5.000	1.584	132	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR33	17.000	5.112	510		Tamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR34	14.700	3.000	375		Tamisadores rotativos e Tamisadores Marko-Zoll	Físico - Químico			Espessamento e filtro banda
ETAR35	2.000	600	75	Bombagem de água bruta	Rega e Tamisadores em escada		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR36	15.000	4.320	482	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR37	14.000	3.857	321		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR38	5.000	1.000	100	Bombagem de água bruta	Compacto	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR39	3.700	910	100	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR40	48.000	12.000	750	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por cloração	Espessamento e filtros banda
ETAR41	30.000	9.000	900		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR42	35.000	10.800	1.080		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR43	8.268	2.064	207	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e tanque de homogeneização	-	Biofiltração	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR44	20.000	3.696	496		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR45	4.000	1.040	130	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR46	11.950	2.795	225		Rega, rotomatiz e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo), Filtração e desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR47	5.000	1.700	142		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR48	2.279	550	57	Bombagem de água bruta	Rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR49	10.395	3.119	312	Bombagem de água bruta	Rega e pré-tratamento compacto	-	Lamas ativadas	Microfiltros y desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR50	16.000	3.888	400		Rega e Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR51	10.000	1.500	204	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento e filtro banda
ETAR52	23.750	4.750	300		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR53	8.000	1.900	237		Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas		Espessamento e centrífuga
ETAR54	4.000	1.200	100		Rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR55	8.000	2.000	168		Pólipo de garras e rototamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR56	1.500	377	38		Rega e Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR57	8.500	1.700	146		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR58	3.000	750	78		Rototamisadores e desarenador-desengorduramento compacto		Biofiltração	Filtração e desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR59	6.000	1.464	180		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordura-mento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR60									
ETAR61	3.100	778	65		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordura-mento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR62	4.500	900	90	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordura-mento		Lamas ativadas		Espessamento e filtro banda
ETAR63	2.000	579	57	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordura-mento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento e filtro banda
ETAR64	4.500	660	82		Rega, Tamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR65	1.500	0	37						
ETAR66	5.500	1.008	100		Rototamisadores e desarenador-desengordura-mento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR67	10.000	2.800	360		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordura-mento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR68	4.000	800	74	Bombagem de água bruta	Rega e pré-tratamento compacto		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR69	1.200	240	26						
ETAR70	367.633	99.360	5.346						
ETAR71	4.000	804	74	Bombagem de água bruta	Rega e pré-tratamento compacto		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR72	2.500	743	69		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR73	8.000	1.600	74	Bombagem de água bruta	Rega e rototamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR74	5.000	2.236	120	Bombagem de água bruta	Poço de grossos, Rega de grossos, Tamisadores de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR75	24.000	6.720	562	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR76	23.000	6.450	644	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR77	132.266	39.912	13.320	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento, digestor anaeróbio, centrífugas e secagem térmica
ETAR78	3.400	680	136	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR79	12.880	2.760	230	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll e tanque de homogeneização	Físico – Químico	-	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR80	600	120	15						
ETAR81	400.000	120.000	10.800	Bombagem de água bruta					
ETAR82	25.000	6.048	576		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR83	5.000	1.500	187		Rega e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR84	3.000	840	105	Bombagem de água bruta	Pré-tratamento compacto	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR85	1.800	396	40	Bombagem de água bruta					
ETAR86	200.000	76.493	6.372	Bombagem de água bruta	Regas, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento, digestor anaeróbio, centrífugas e secagem térmica
ETAR87	3.500	875	80		Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR88	7.032	1.950	245	Bombagem de água bruta					
ETAR89	1.346	984	40						
ETAR90	30.000	9.000	900	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR91	7.000	1.400	140	Bombagem de água bruta	Rega e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR92	15.000	4.310	431	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR93	9.000	1.800	150		Rega, Tamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR94	35.079	8.770	1.096		Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR95	5.000	1.250	109		Rega e rototamisadores	Decantadores primários	Lamas ativadas		Espessamento, digestão aeróbia e filtro banda
ETAR96	23.000	3.225	271		Pólipo de garras e Regas	Decantadores primários	Lamas ativadas		Espessamento, digestão aeróbia e filtro banda
ETAR97	3.000	875	88	Bombagem de água bruta	Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Tambor de espessamento e filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR98	6.000	1.800	150	Bombagem de água bruta	Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR99	6.225	1.680	168	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR100	2.000	408	40		Regas, Tamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR101	9.000	1.500	150	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Microfiltração e desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR102	2.500	750	75	Bombagem de água bruta	Rega e rototamisadores	Físico - Químico		Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR103	5.000	1.560	98		Rega e rototamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR104	9.500	3.293	412						
ETAR105	5.250	1.050	105	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR106	2.100	257	27	Bombagem de água bruta	Rega e rototamisadores		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR107	70.000	19.600	1.469	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento, depósito e centrífugas
ETAR108	20.000	5.000	500		Rega e Tamisadores Masko-Zoll		Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Físico-Químico, Espessamento e filtro banda
ETAR109	15.000	3.456	432	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e duplo canal desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento e filtro banda
ETAR110	40.000	9.960	22.452		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR111	6.000	1.456	153	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR112	7.500	2.250	225		Rega e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR113	1.500	668	63		Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento e filtro banda
ETAR114	5.000	1.800	180	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll e tanque de homogeneização	-	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Físico – químico, Espessamento e filtro banda
ETAR115	88.000	24.640	1.800		Rototamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas		Espessamento, digestores anaeróbios e centrífugas
ETAR116	350.000	101.712	NULL						
ETAR117	3.000	750	75		Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR118	18.000	5.148	648	Bombagem de água bruta	Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR119	2.000	552	60		Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR120	2.000	600	58		Rega, rototamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR121	3.000	840	105	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll	Físico – Químico	-	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR122	600	204	20						
ETAR123	200.000	64.800	3.240	Bombagem de água bruta	Regas, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	Físico – Químico	Leitos percoladores	Microfiltros y desinfeção por ultravioleta	Tamisadores de lamas, Espessadores, digestor anaeróbia e filtros banda
ETAR124	13.000	3.240	250		Regas de grossos, rototamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR125	30.000	6.000	600	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento, filtro banda e centrífuga
ETAR126									
ETAR127	15.000	5.250	430		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento	Físico - Químico	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR128	3.500	875	90		Rega e Tamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR129	5.000	1.250	300	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR130	2.500	520	52	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR131	12.764	3.192	319	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR132	11.500	2.300	144	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por cloração	Espessamento e centrífuga
ETAR133	2.200	440	44	Bombagem de água bruta	Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR134	15.000	3.000	301	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR135									
ETAR136	4.000	804	80		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR137	24.000	6.000	450		Pólipo de garras, Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Digestor aeróbios, Espessamento e filtro banda
ETAR138	9.000	2.700	270	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR139	37.500	7.500	1.063	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR140	19.000	6.651	1.108		Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR141	7.200	1.800	181	Bombagem de água bruta	Regas e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR142	900	225	28				Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR143	3.521	845	106	Bombagem de água bruta	Rega e Tamisadores Masko-Zoll	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR144	20.000	4.320	1.800	Bombagem de água bruta	Rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR145	3.000	0	0						
ETAR146	184.000	54.560	3.517		Regas, Tamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas		Tamisadores de lamas, Espessamento e filtros prensa
ETAR147	40.000	10.800	917	Bombagem de água bruta	Tamisadores e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessadores, tambores de espessamento e centrífugas
ETAR148	10.000	2.472	203		Rega e desarenador-desengordurramento	Decantadores primários	Lamas ativadas		Espessamento, digestão aeróbia e filtro banda
ETAR149	55.000	12.960	1.080		Rega, rotomatiz e desarenador-desengordurramento	Físico - Químico	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR150	8.800	1.940	500	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR151	5.000	1.500	140	Bombagem de água bruta	Rega, rotomatiz e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR152	5.000	1.400	180		Rega, rototamisadores, desarenador-desengordurramento e tanque de tormentas		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR153	3.000	692	69		Rega de grossos e Rega de finos		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e sacos drenantes
ETAR154	2.411	720	72	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll e tanque de homogeneização	-	Físico – Químico	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR155	8.000	2.400	240	Bombagem de água bruta	Rega, rotomatiz e desarenador-desengordurramento	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR156	2.000	400	21		Rega, Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR157	25.000	5.616	468	Bombagem de água bruta	Rega, Tamisadores, desarenador-desengordurramento e tanque de tormentas		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento, Espessamento e centrífuga
ETAR158	16.800	3.360	250		Rega e rototamisadores	Físico - Químico	Leitos percoladores	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta
ETAR159	10.000	2.600	260		Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR160	8.454	2.520	158	Bombagem de água bruta	Rega e Tamisadores	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR161	2.000	528	51		Rega e Tamisadores		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento
ETAR162	4.000	1.000	200						

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR163	2.500	550	57	Bombagem de água bruta	Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Tambor de espessamento e filtro banda
ETAR164	2.000	600	58		Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR165	15.000	5.016	627	Bombagem de água bruta	Rega de grossos, Tamisadores de finos e desarenador-desengordurramento	-	Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes. Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR166	8.000	2.400	250	Bombagem de água bruta	Rega e rototamisadores	Físico - Químico	Biorreactores	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR167	3.135	720	120	Bombagem de água bruta	Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda
ETAR168	3.032	912	91	Bombagem de água bruta	Tamisadores Masko-Zoll e tanque de homogeneização	Físico – Químico	-	Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e filtro banda
ETAR169	30.000	8.100	590	Bombagem de água bruta	Pólipo de garras, Rega e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo)	Espessamento e centrífuga
ETAR170	46.000	13.800	1.497	Bombagem de água bruta	Rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR171									
ETAR172									
ETAR173	10.000	3.000	250		Rototamisadores e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e centrífuga
ETAR174	4.000	1.400	280		Rega, rototamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Desinfeção por ultravioleta	Tambor de espessamento e centrífuga
ETAR175	25.000	6.239	626	Bombagem de água bruta	Tamisadores e desarenador-desengordurramento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Armazenamento de lamas e centrífuga
ETAR176	2.000	600	60	Bombagem de água bruta	Rega e desarenador		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto)	Espessamento e filtro banda

IDE	Pop. equiv projeto (h.e.d)	Caudal médio de projeto (m^3/d)	Caudal ponta de projeto (m^3/h)	Bombagem	Pré tratamento	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Linha de lamas
ETAR177	13.500	3.360	265	Bombagem de água bruta	Rototamisadores e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto e fósforo). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR178	4.000	1.100	110	Bombagem de água bruta	Rega de grossos, Rega de finos e desarenador-desengordurамento		Lamas ativadas	Eliminação de nutrientes (azoto). Desinfeção por ultravioleta	Espessamento e centrífuga
ETAR179	1.073	177	11						
ETAR180	170.000	35.900			Desarenador e desengorduramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Desinfeção ultravioleta	Espessamento, centrífuga, depósitos e digestor anaeróbio
ETAR181	200.000	54.000		Bombagem de água bruta	Desarenador e desengorduramento	Decantadores primários	Lamas ativadas	Desinfeção ultravioleta	Espessamento e centrífuga

8.2. Anexo 2- Modelo detalhado de relatório

Embora, não exista uma estrutura fechada para composição de um relatório, apresenta-se de seguida uma proposta, de modo referencial, para um modelo de relatório final. Este pode ser modificado em função da empresa concreta a auditar para uma maior execução dos objetivos propostos:

1 RESUMO EXECUTIVO

Incluirá um breve resumo dos pontos-chave da auditoria.

2 ANTECEDENTES

2.1 Contexto

2.2 Dados da Instalação Auditada (dados gerais de ETAR e descrição das instalações auditadas)

2.3 Consumo Energético na ETAR

2.4 Dados da Auditoria

2.5 Descrição, âmbito e objetivos da auditoria realizada.

3 BALANÇO ENERGÉTICO (ANO REFERÊNCIA)

São classificados e relacionados os distintos tipos de energia utilizados, assim como o seu consumo anual distinguindo valores energéticos, económicos e ambientais para cada tipo de fonte de energia. Propõe-se a apresentação das seguintes tabelas:

Tabela x. Balanço energético por fonte de energia

Fonte de energia	Consumo		Consumo energético	Gasto energético	Emissões CO_2
	Unidades	Ud/ano	kWh/ano	€/ano	t CO_2/ano
Gasóleo (se aplicável)	kWh/ano				
Gás natural (se aplicável)	l/ano				
Gas natural (cuando proceda)	kWh/ano				
....					
TOTAL					

Tabela x. Balanço energético por processo.

Processo	Consumo energético	Gasto energético	Emissões CO_2	Consumo energético	Gasto energético	Emissões CO_2
	kWh/ano	€/ano	t CO_2/ano	%	%	%
Iluminação						
Climatização						
Equipamentos de processo e auxiliares						
TOTAL						

Tabela x. Balanço energético por tratamento

Secção	Consumo	Gasto	Emissões
	kWh/ano	€/ano	t CO_2/ano
Bombagem			
Pré-tratamento			
Tratamento Secundário			
Tratamento Terciário			
Linha de lamas			
Desodorização			
Outros consumos			
TOTAL			
Proporção sobre eletricidade			

Tabela x. Balanço energético dos equipamentos de processo e auxiliares da tabela de potências

Secção	Consumo	Gasto	Emissões
	kWh/ano	€/ano	t CO_2/ano
Bombas de entrada			
Parafuso transportador			
Reja automática			
Triturador			
Ventiladores pré-tratamento			
Ponte desarenador			
Bombas de sucção de areias			
Bombas de gorduras			
Ventiladores tratamento biológico			
Agitadores			
...			
TOTAL			
Proporção sobre eletricidade			

3.1 Rácios e gráficos de Interesse

Pelo menos os seguintes índices e gráficos deverão apresentados

- Rácio de potência instalada/habitante equivalente de projeto;
- Rácio de consumo energético por m³ de água tratada;
- Gráfico mensal de pluviosidade e caudal de entrada da estação;
- Gráfico mensal do consumo elétrico e caudal de entrada da ETAR;
- Potência contratada e máxima registada na ETAR;
- Tarifa média do kWh e do kWh totalizado (incluído todos os termos da fatura).

4 ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

4.1 Faturação Energética

Consistirá na realização de uma análise pormenorizada da faturação elétrica da empresa, estudando as faturas dos pontos de energia da instalação e a evolução dos consumos energéticos a partir das faturas e das curvas de carga quando disponíveis. Disto resultará um perfil de consumo da estação analisado, podendo-se assim conhecer a evolução temporal dos consumos energéticos.

Neste âmbito apresentam-se as particularidades do fornecimento atual detalhado:

- CUPS;
- Empresa fornecedora;
- Tarifa de acesso;
- Potência contratada (kW);
- Total de energia ativa (kWh/ano);
- Fator de potência médio;
- Custo médio totalizado do kWh (c€/kWh)*;
- Total Anual, IVA excluído (€).

Além disso, será descriminado para cada mês a distribuição dos custos relativo a: potência contratada, energia ativa, energia reativa, imposto elétrico e outros termos.

4.2 Equipamentos do processo

Serão avaliados os seguintes aspetos:

- Regime de funcionamento dos equipamentos consumidores de energia;
- Potência dos equipamentos e as horas de funcionamento;
- Consumo anual dos equipamentos de base e dados anteriores;
- Tecnologia, marca e modelo dos equipamentos;
- Verificação da utilização dos variadores de frequência e/ou arrancadores suaves.

4.3 Iluminação

Estudo das luminárias, potência instalada, horas de funcionamento, vida útil, nível de luminância projetado e exigido normativamente, regulação do nível de luminância.

4.4 Climatização

Balanço energético dos equipamentos utilizados para suprir as necessidades friogénicas e térmicas, analisando suas características técnicas, potências médias, condições de operação, coeficiente de desempenho (EER / COP), etc.

4.5 Instalações auxiliares

Nos casos em que existam outras instalações com consumo significativo deverá ser realizada uma análise dos consumos energéticos destas instalações auxiliares a partir da informação fornecida pela entidade exploradora, nomeadamente:

- Inventário dos equipamentos;
- Distribuição das cargas elétricas;
- Potências instaladas;
- Fator de carga estimado;
- Horas de funcionamento.

5 MEDIDAS DE MELHORIA

Serão propostas medidas de melhoria para otimizar o consumo de energia das instalações, que serão estudadas de forma independente por forma a avaliar a sua viabilidade técnico-económica.

As medidas de melhoria serão analisadas considerando um leque alargado de tipologias, nomeadamente, procurando identificar possibilidades de substituição de equipamentos, de instalação de equipamentos auxiliares (como, por exemplo, variadores de frequência), de instalação de tecnologias de geração de energia a partir de fontes renováveis, tal como melhorias relacionadas com a operação e manutenção, tanto derivadas da monitorização de energia e como relacionadas com a possibilidade de otimização da faturação de energia.

Para cada medida de melhoria deve-se realizar:

- Descrição pormenorizada da medida de melhoria para cada sistema;
- Justificação da poupança energética, económica e das emissões;
- Preparação da proposta do investimento;
- Análise financeira, sendo que se realizarão os cálculos para cada medida proposta, analisando os parâmetros financeiros tais como: TIR, VAL, período de retorno de investimento, cash flow, etc.

6. ANEXOS

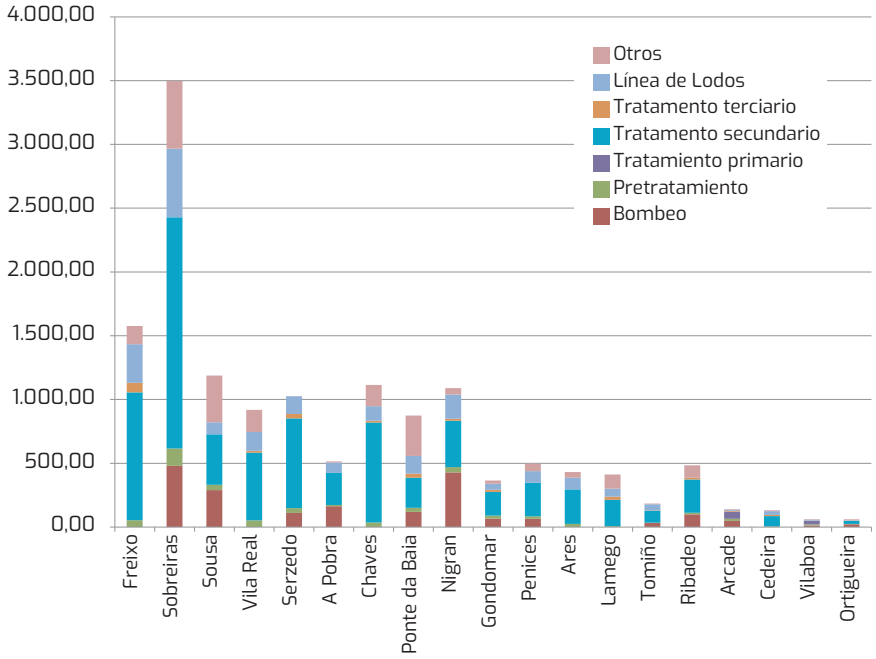
Deverão ser apresentados os seguintes anexos:

- Inventário dos equipamentos;
- Tabelas dos dados de medidas tomadas.

8.3. Anexo 3- Caraterização das ETAR auditadas

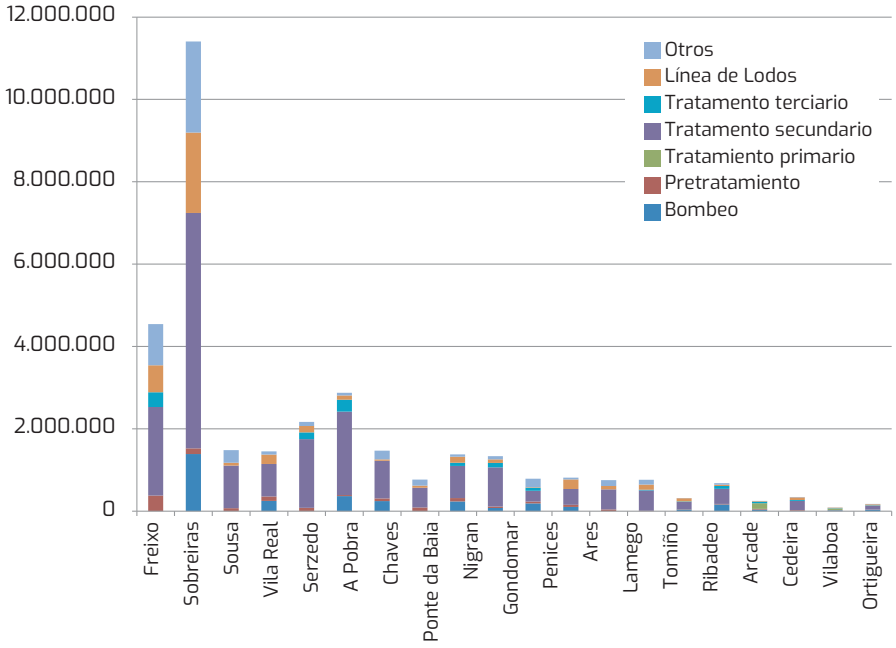
POTÊNCIA INSTALADA KW

	ETAR	Total	Bombeo	Pré-trat.	Trat. 1º	Trat. 2º	Trat. 3º	Lamas	Outros
100K-500K	Freixo	1.575,70	0,00	53,60	0,00	1.002,40	75,50	301,70	142,50
	Sobreiras	3.497,30	480,00	135,40	0,00	1.812,80	0,00	538,10	531,00
	Total	**5.073,00**	**480,00**	**189,00**	**0,00**	**2.815,20**	**75,50**	**839,80**	**673,50**
30K-100K	Barcelos	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sousa	1.187,96	290,40	40,79	0,00	395,34	0,00	94,66	366,77
	Vila Real	918,85	0,00	53,11	0,00	530,59	14,91	147,05	173,19
	Serzedo	1.026,23	111,00	37,01	0,00	704,32	34,80	138,08	1,02
	Total	**3.133,04**	**401,40**	**130,91**	**0,00**	**1.630,25**	**49,71**	**379,79**	**540,98**
20K-30K	A Pobra	514,82	164,00	9,60	0,00	251,20	0,00	80,98	9,04
	Chaves	1.114,55	0,00	36,17	0,00	784,06	13,20	113,65	167,47
	Ponte da Baia	874,69	119,20	32,66	0,00	234,67	32,98	137,64	317,54
	Total	**2.504,06**	**283,20**	**78,43**	**0,00**	**1.269,93**	**46,18**	**332,27**	**494,05**
10K-20K	Nigran	1.089,23	429,40	41,14	0,00	363,09	15,00	191,02	49,58
	Gondo-mar	364,85	66,00	24,12	0,00	186,25	16,70	47,18	24,60
	Penices	496,66	64,98	20,20	0,00	262,04	0,00	90,84	58,60
	Ares	431,87	0,00	24,51	0,00	270,74	0,00	91,82	44,80
	Lamego	411,76	0,00	6,42	0,00	206,81	25,88	62,23	110,42
	Total	**2.794,37**	**560,38**	**116,39**	**0,00**	**1.288,93**	**57,58**	**483,09**	**288,00**
5K-10K	Tomiño	184,70	31,40	3,20	0,00	94,90	2,00	47,10	6,10
	Ribadeo	484,00	100,00	12,29	0,00	261,22	13,10	0,00	97,39
	Arcade	142,05	48,00	16,65	56,49	0,00	5,76	10,65	4,50
	Cedeira	131,22	0,00	5,90	0,00	80,00	9,75	29,31	6,26
	Total	**941,97**	**179,40**	**38,04**	**56,49**	**436,12**	**30,61**	**87,06**	**114,25**
<5K	Vilaboa	62,98	13,00	8,00	28,96	0,00	1,71	6,52	4,79
	Ortigueira	61,11	22,00	2,70	0,00	23,17	2,37	2,87	8,00
	Total	**124,09**	**35,00**	**10,70**	**28,96**	**23,17**	**4,08**	**9,39**	**12,79**
TOTAL EDAR AUDITADAS		**14.570,53**	**1.939,38**	**563,47**	**85,45**	**7.463,60**	**263,66**	**2.131,40**	**2.123,57**


4.000,00
3.500,00
3.000,00
2.500,00
2.000,00
1.500,00
1.000,00
500,00
0,00
Otros
Línea de Lodos
Tratamento terciario
Tratamento secundario
Tratamiento primario
Pretratamiento
Bombeo
Freixo
Sobreiras
Sousa
Vila Real
Serzedo
A Pobra
Chaves
Ponte da Baia
Nigran
Gondomar
Penices
Ares
Lamego
Tomiño
Ribadeo
Arcade
Cedeira
Vilaboa
Ortigueira

CONSUMO ANUAL KWH

	ETAR	Total	Bombeo	Pretrat.	Trat. 1º	Trat. 2º	Trat. 3º	Lamas	Outros
100K-500K	Freixo	4.543.230	0	381.587	0	2.150.252	357.174	653.693	1.000.524
	Sobreiras	11.405.659	1.387.423	139.015	0	5.715.141	0	1.953.815	2.210.265
	Total	**15.948.889**	**1.387.423**	**520.602**	**0**	**7.865.393**	**357.174**	**2.607.508**	**3.210.789**
30K-100K	Barcelos	1.482.531	0	76.017	0	1.032.919	0	69.828	303.767
	Sousa	1.452.719	251.383	105.961	0	789.973	0	229.233	76.169
	Vila Real	2.167.798	0	83.462	0	1.666.861	164.666	156.856	95.953
	Serzedo	2.875.507	366.421	25.221	0	2.025.813	290.304	105.423	62.325
	Total	**7.978.555**	**617.804**	**290.661**	**0**	**5.515.566**	**454.970**	**561.340**	**538.214**
20K-30K	A Pobra	1.470.066	247.850	65.088	0	912.827	0	33.644	210.657
	Chaves	769.671	0	90.422	0	477.679	0	54.677	146.893
	Ponteda-Baia	1.381.154	238.675	79.969	0	781.289	77.836	144.322	59.063
	Total	**3.620.891**	**486.525**	**235.479**	**0**	**2.171.795**	**77.836**	**232.643**	**416.613**
10K-20K	Nigran	1.337.613	79.919	31.954	0	954.033	109.250	86.459	75.998
	Gondo-mar	791.258	191.727	40.481	0	262.954	75.909	11.193	208.994
	Penices	814.322	102.321	53.685	0	382.746	0	232.263	43.307
	Ares	756.464	0	43.877	0	486.816	0	82.845	142.926
	Lamego	763.529	0	9.461	0	496.236	15.660	125.743	116.429
	Total	**4.463.186**	**373.967**	**179.458**	**0**	**2.582.785**	**200.819**	**538.503**	**587.654**
5K-10K	Tomiño	319.872	41.793	11.114	0	173.978	12.019	75.388	5.580
	Ribadeo	680.880	162.679	13.804	0	368.677	67.200	28.711	39.809
	Arcade	248.729	40.488	16.105	139.760	0	35.320	13.113	3.943
	Cedeira	346.763	9.782	16.370	0	226.300	18.814	67.478	8.019
	Total	**1.596.244**	**254.742**	**57.393**	**139.760**	**768.955**	**133.353**	**184.690**	**57.351**
<5K	Vilaboa	92.626	20.510	7.738	36.909	0	10.486	9.622	7.361
	Ortigueira	179.458	36.783	3.639	0	88.832	15.549	24.390	10.265
	Total	272.084	57.293	11.377	36.909	88.832	26.035	34.012	17.626
TOTAL ETAR AUDITADAS		**14.570,53**	**33.879.849**	**3.177.754**	**1.294.970**	**176.669**	**18.993.326**	**1.250.187**	**4.158.696**


12.000.000
10.000.000
8.000.000
6.000.000
4.000.000
2.000.000
0
Otros
Línea de Lodos
Tratamento terciario
Tratamento secundario
Tratamiento primario
Pretratamiento
Bombeo
Freixo
Sobreiras
Sousa
Vila Real
Serzedo
A Pobra
Chaves
Ponte da Baia
Nigran
Gondomar
Penices
Ares
Lamego
Tomiño
Ribadeo
Arcade
Cedeira
Vilaboa
Ortigueira

8.4. Anexo 4- Resumo das medidas propostas para as ETAR auditadas

		Ahorro anual alcanzado			Inversión	Retorno
		kWh	€	Ton CO2	€	Años
1	Iluminación LED	1.054.721	106.332,46	411,34	631.151,78	5,94
2	Monitorización de energía en tiempo real	4.331.340	436.667,01	1.689,23	222.037,20	0,51
3	Bombeo de entrada. Sustitución por bombas más eficientes	501.064	50.515,08	195,42	586.299,64	11,61
4	Inmersión óptima de los rotores de aireación	862.178	86.921,03	336,25	195.075,00	2,24
5	Control avanzado del proceso de aireación	8.141.206	820.761,30	3.175,08	2.065.500,00	2,52
6	Regulación del proceso de desinfección UV	293.481	29.587,51	114,46	53.751,32	1,82
7	Limpieza de los difusores y circuito de aireación del reactor biológico	1.086.884	109.574,94	423,89	75.735,00	0,69
8	Sustitución de compresores por tecnologías más eficientes	6.043.622	609.291,93	2.357,02	2.529.662,73	4,15
9	Instalación de motores más eficientes	597.817	60.269,31	233,15	575.299,35	9,55
10	Instalación de agitadores tipo banana	5.511.894	555.685,42	2.149,64	5.447.385,94	9,80
11	Instalación de convertidores de frecuencia en bombas y motores	758.555	76.474,23	295,84	438.321,98	5,73
12	Sustitución de aireadores en Pretratamiento	747.878	75.397,87	291,67	253.480,74	3,36
13	Instalación de Energía Fotovoltaica	2.336.250	235.530,64	911,14	2.242.800,00	9,52
14	Optimización de la potencia contratada	-	151.297,67	-	-	-
15	Reubicación de las actividades en períodos más económicos	-	91.175,75	-	-	-

Interreg
España - Portugal

UNIÓN EUROPEA

AQUALITRANS

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

XUNTA DE GALICIA

augasdegalicia

inega Instituto Enerxético de Galicia

inegi

aqualitrans.es
aqualitrans.pt

EPE Augas de Galicia
Praza de Camilo Díaz Baliño 7/9
15781 Santiago de Compostela