

especial

sobre gestão de água

68 Eficiência energética e estratégia de monitorização em tratamento de águas residuais
Endress+Hauser Portugal, S.A.

72 Gestão de água
Rui Monteiro
Schneider Electric Portugal



Eficiência energética e estratégia de monitorização em tratamento de águas residuais

A utilização de dados *online* e monitorização de energia.

A necessidade de cumprimento dos requisitos legais cada vez mais restritos, leva a um aumento da complexidade no moderno processo de tratamento de águas residuais a fim de assegurar os limites de emissão na saída das instalações. Além disso, as tendências do aumento dos custos energéticos mostram que a eficiência energética é mais do que nunca, um fator importante no tratamento de águas residuais e não só. O fator crítico de sucesso será a capacidade de gerir a fiabilidade requerida pela instalação, reduzindo a complexidade e aumentando a sua eficiência. Relacionada com as atuais discussões de *benchmark* para estações de tratamento de águas residuais (ETAR) é demonstrado, no caso do controlo de arejamento, como as estratégias de controlo baseadas em dados *online* apoiam o aumento da segurança da instalação, ao otimizar a necessidade de energia. Assim sendo, o principal objetivo dos sistemas de monitorização é proporcionar uma poupança estratégica de energia de maneira sustentável.

OBJETIVO DA MEDIÇÃO *ONLINE* DE NUTRIENTES PARA CONTROLAR O AREJAMENTO

A etapa de arejamento no tratamento biológico de uma ETAR é a etapa chave do processo, bem como o principal fator de custo no consumo de energia. Aproximadamente 60% de consumo de energia de uma estação de tratamento de águas residuais municipais é utilizado no arejamento para eliminação do CQO e nutrientes. Independentemente do *layout* do processo, existem vários parâmetros com potencial para otimizar o processo.

Pensando nas principais reações de eliminação microbiológica nos períodos de arejamento e não-arejamento, três parâmetros são notados: Oxigénio, Amónia e Nitrato.

Degradação Aeróbica de Carbono Orgânico (incluindo CQO/COT/CBO):

Carbono Orgânico + Oxigénio \rightarrow CO₂ + H₂O + nova bactéria [sólidos suspensos]

Nitrificação:

Amónia + Oxigénio \rightarrow Nitrato

Desnitrificação:

Nitrato + Carbono Orgânico \rightarrow Nitrogénio (N₂)

A IMPORTÂNCIA FULCRAL DO OXIGÉNIO

A Figura 1 mostra que o oxigénio é um parâmetro muito importante para o sucesso do tratamento de águas residuais por processos biológicos. Uma vez que tanto a degradação da matéria orgânica, bem como a conversão de amónia em nitrato ("nitrificação") são feitas por bactérias aeróbicas, torna-se obrigatório um arejamento adequado dos tanques. A curva de atividade (linha preta) da Figura 2 demonstra que a atividade microbológica das bactérias nitrificantes é fortemente influenciada pela concentração de oxigénio. Mesmo em baixos níveis de concentração de oxigénio, abaixo de 1 mg/l. Entre 1 e 2 mg/l, a curva estabiliza e acima de 3 mg/l, nenhum aumento de atividade significativo da bactéria é visível.

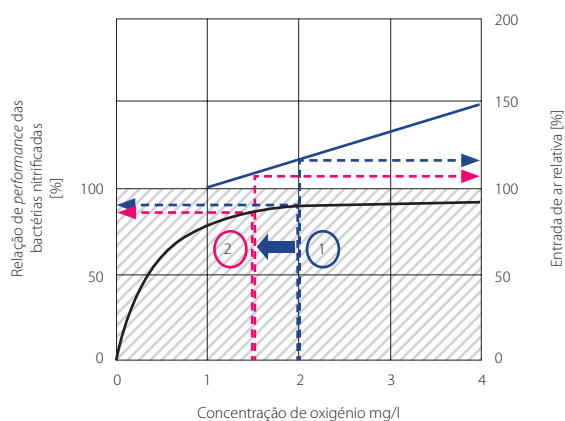


Figura 1. Curva de atividade (linha preta) versus entrada de ar relativa: a margem de intervalo para a otimização da instalação é entre 1,2 e 2,2 mg/l Oxigénio.

Uma vez que a maioria das ETAR de hoje tem de cumprir os limites de saída vigentes na legislação, os operadores das instalações têm que garantir uma concentração suficiente de oxigénio no tanque de arejamento. Por outro lado, o excesso de arejamento (por exemplo, mais de 3 mg/l) não faz sentido porque não se observa uma redução significativa da amónia. Em vez disso, há um desperdício significativo de consumo de energia.

Resumindo, a medição *online* de oxigénio é usada para limitar o arejamento excessivo e a falta dele. Muitos exemplos na Europa demonstram o efeito positivo de uma medição de oxigénio *online* nos tanques de arejamento. Prevenir um arejamento insuficiente por um *setpoint* mínimo, torna todo o processo de tratamento mais fiável e melhora a situação de saída independentemente da carga de entrada. Além disso, a utilização

ineficiente de energia causada por um excesso de arejamento é evitada.

Tendo como exemplo uma estação de tratamento de águas residuais na Suíça, vê-se claramente o efeito positivo dessa pequena melhoria (Figura 2). A instalação trata águas residuais de 45 000 hab. eq. (equivalente por habitante) por um processo intermitente controlado pelo tempo, e teve custos anuais de energia de cerca de 96 800 Euros. Foi necessário um novo sistema de ventilação. Deveriam então optar por uma estratégia de controlo de oxigénio, apesar de ser um investimento maior e requerer manutenção durante as operações? Um cálculo de ciclo de vida de 15 anos mostra a vantagem em investir em tal estratégia de controlo de oxigénio de uma forma muito clara. No âmbito geral, as necessidades de serviço necessárias nos sensores de oxigénio parecem, na realidade, insignificantes. A eficiência de custo em 15 anos é notável (Figura 2). Comparando ao longo do tempo é possível reduzir custos de pelo menos 26% devido à maior eficiência energética.

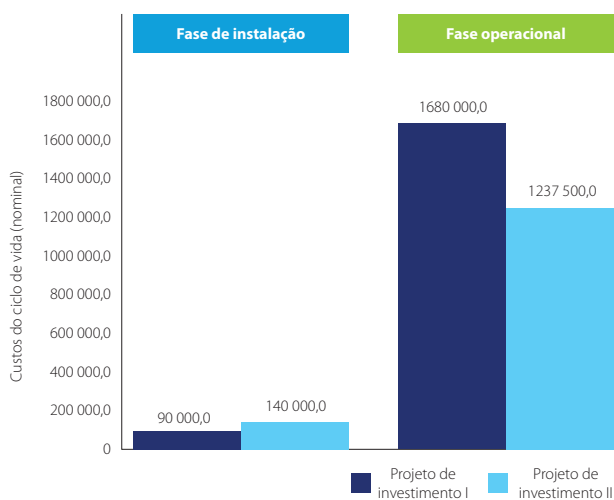


Figura 2. Comparações de custo entre os investimentos para um arejamento intermitente com novos ventiladores. As barras azuis escuras referem-se ao controlo de tempo do arejamento. As barras azuis claras indicam o controlo de oxigénio. No lado esquerdo os custos de investimento, e à direita, os custos operacionais calculados ao longo de 15 anos.

SENSORES ISE DA ENDRESS+HAUSER AUMENTAM A FIABILIDADE DO PROCESSO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O efeito positivo da utilização de oxigénio para controlar o processo de arejamento está bem demonstrado. Mas hoje as soluções mais modernas também usam parâmetros de nutrientes como amónia e nitrato. O principal benefício é um controlo dinâmico da taxa de arejamento, em relação à mudança detetada nas situações de carga e novamente a otimização da eficiência energética. Isto significa que apenas as informações *online* sobre as situações de carga e nitrificação/desnitrificação do processo mostram a exploração total do potencial de economia de energia existente na instalação. Isso abre caminho para um novo princípio de medição de amónia e nitrato. Os analisadores de oxigénio e redox nem sempre são a melhor escolha, porque tais estratégias de controlo precisam de um tempo de

reação rápido. Portanto, o método de medição seletiva de iões (ISE) foi desenvolvido exatamente para esta aplicação, e oferece medições precisas, fiáveis e rápidas nos tanques de arejamento. [k⁺; C1⁻]



A)



B)

Figura 3. (A) O sensor IseMax CAS40D Memosens ISE num tanque de arejamento. (B) A cabeça do sensor ISE com sensores de amónia e nitrato, sistema de limpeza e um eléctrodo de referência de pH, bem como um eléctrodo opcional de compensação de potássio ou cloreto.

O princípio de medição é bastante semelhante ao do eléctrodo de pH, exceto as membranas que têm de ser seletivas para a amónia e/ou nitrato. O sensor está disponível para um parâmetro (amónia ou nitrato) ou para os dois parâmetros. A última versão é perfeita para o processo intermitente ou para SBR (*Sequence Batch Reactors*) porque ambos os processos têm fases de arejamento e não arejamento no tanque.

Voltando ao exemplo da ETAR na Suíça, o operador testou isso mesmo instalando o sensor ISEMax da Endress+Hauser num processo intermitente. Em comparação com a estratégia de controlo de oxigénio, alcançou-se um efeito adicional de redução de custos de cerca de 9% (acima de 15 anos), como uma economia adicional de energia.

COMO RESPONDER DE FORMA FIÁVEL OS REQUISITOS DA LEGISLAÇÃO?

Para um operador de uma estação de tratamento de águas residuais, a fiabilidade da instalação deve ser a capacidade de

atender continuamente aos requisitos da legislação, independentemente da situação na entrada. Isto parece fácil, mas é de facto bastante desafiante para uma ETAR, porque o operador geralmente não sabe exatamente o que irá entrar na instalação. O facto é que existem certos fatores perturbadores que podem causar um sério problema na operação da instalação, tais como:

1. Quantidade e variação no caudal de entrada;
2. Possíveis perturbações significativas que podem influenciar o processo;
3. Alteração da atividade dos microrganismos nas etapas do processo biológico;
4. O impacto dos caudais de retorno (escorrências da desidratação das lamas, águas filtradas) que interferem no processo de tratamento com efeito nas cargas tratadas.

A chave para cumprir os limites legais de efluentes é, portanto, o tratamento eficiente da etapa biológica nos tanques de arejamento.

A Figura 4 (abaixo) mostra um exemplo da concentração de amónia em dois tanques intermitentes de uma ETAR austríaca. A curva vermelha mostra a estratégia de controlo existente com base na medição de oxigénio em linha. Devido à variação das cargas de entrada, os níveis da concentração de amónia no tanque variaram significativamente. Isso ocorre porque a medição de oxigénio não forneceu informação sobre as mudanças que ocorreram nas situações de entrada e carga.

A curva verde mostra as concentrações de amónia na saída do tanque de arejamento, baseando-se numa estratégia de controlo com medição de amónia com base no princípio do ISE. Esta estratégia de controlo é capaz de harmonizar a concentração de saída de amónia, apesar da variação das cargas de entrada.

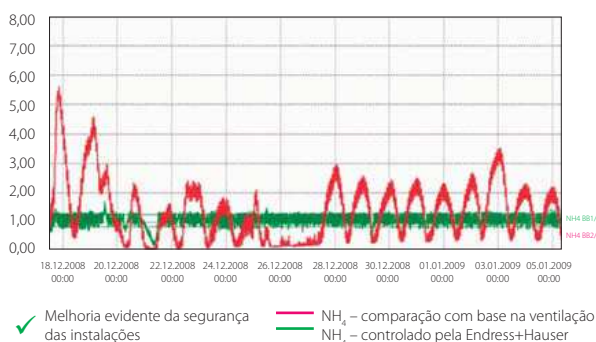


Figura 4. Comparação entre a estratégia de controlo "antiga" (curva vermelha) e "avançada" (curva verde) de um tanque de arejamento intermitente. A maior harmonização das concentrações de amónia, mesmo em situações de carga variável, pode ser vista claramente.

A mensagem aqui é usar as leituras de amónia *online* para um ajuste dos níveis de oxigénio. No caso de uma carga grande, as bactérias podem ser suportadas por maiores concentrações de oxigénio. Isso resulta numa menor eficiência energética, mas os limites de saída são garantidos. Em situações de carga baixa, as leituras de amónia podem ser usadas para ajustar o *setpoint* de oxigénio para um nível (muito) baixo. São estas as situações do processo em que as possibilidades de economia de energia são utilizadas sem qualquer agravamento dos limites.

BENCHMARKS DE ENERGIA

Na Europa Ocidental, as atividades para determinar as referências de energia estão em curso. Uma harmonização adequada exigirá algum esforço e tempo, mas existem alguns parâmetros de referência básicos comuns.

Em primeiro lugar, a "necessidade específica de energia" de uma ETAR refere-se ao consumo anual de energia de toda a instalação ou apenas à etapa de arejamento. Ambas as versões são calculadas com base no consumo anual de energia equivalente por habitante (hab. eq).

O cálculo do número de habitantes servidos é baseado na carga de CBO₅ (Carência Biológica de Oxigénio) por dia e o valor de referência de 60 gramas de CBO habitante/dia. Alternativamente, é usado o CQO (*Chemical Oxygen Demand*), o valor médio para 1 hab. eq é de 120 gramas/l CQO por dia. O cálculo da carga real de hab. eq da ETAR é a primeira imprecisão relativa a uma comparação de valores de referência, devido à enorme variação das águas residuais e também a diferentes pontos de amostragem para a análise de entrada.

Uma pré-condição adicional para uma análise de *benchmark* é uma alocação clara de consumidores de energia para um grupo de consumidores. Uma alocação típica pouco clara geralmente diz respeito às bombas da recirculação de lamas. As lamas podem ser atribuídas ao processo de arejamento ou ao clarificador secundário. Por fim, um nível mínimo de monitorização de energia do consumidor principal é absolutamente necessário para começar com uma análise de energia de uma instalação.

Para desenvolver uma estratégia de eficiência energética existem 4 etapas:

1. Análise da situação energética atual de toda a instalação ou parte dela;
2. Avaliação da situação energética;
3. Desenvolvimento de estratégias de otimização;
4. Avaliação das propostas de otimização relativas ao retorno do investimento.

Um estudo alemão publicou as chamadas melhores práticas "aceitável" e "melhor caso" para necessidades específicas de energia. Claramente um dos parâmetros importantes é o tamanho da instalação. Em geral, as instalações maiores têm melhores possibilidades de alcançar valores menores de "consumo específico de energia" em comparação com instalações menores. "Melhor caso" nesta definição significa que 10% das Estações de Tratamento de Águas alemãs já atingiu esses valores. "Aceitável" indica o valor médio do grupo de tamanho da instalação.

Consumo atual (kWh/Hab.Eq.)	0 -999 Hab.Eq.	1000 -5000 Hab.Eq.	5001 -10 000 Hab.Eq.	10 001 -100 000 Hab.Eq.	>100 000 Hab.Eq.
Aceitável	50 - 70	25 - 40	20 - 35	25 - 30	25 - 27
Melhor caso	20 - 38	17 - 30	15 - 25	18 - 20	~ 18

Nota: "Aceitável" é a média atual; "Melhor caso" já foi alcançado por 10% das instalações.


Figura 5. Valores de referência da ETAR alemã; publicado pelo alemão DWA, Landesverband Bade-Vurtemberg (2008) "Senkung des Stromverbrauches auf Kläranlagen, Leitfaden für das Betriebspersonal", Heft 4.

Estes valores de referência dão uma primeira impressão sobre o potencial de economia de energia, mas não é uma diretriz fixa para cada instalação. Existem vários fatores que impedem uma fábrica de alcançar os valores do “*melhor caso*”. Essas razões podem ser uma carga de entrada muito alta por causa das descargas industriais, situações hidrológicas não ideais requerem mais energia para a bombagem, situações de sobredimensionamento da instalação (ou sobrecarregada), entre outros.

CONCLUSÃO

O *benchmarking* de energia e a análise de energia não são ideias novas, mas terão uma nova perspectiva devido à evolução do preço da energia. Os custos podem chegar a “*milhões*” por ano e, portanto, esse fator de custo ganha uma importância crescente para a gestão de quem opera a instalação. Como 60% do consumo de energia é necessário para o arejamento, esta etapa do processo está em foco. Além disso, a etapa do biológico é o fator chave para alcançar os limites de saída em relação ao CQO e aos nutrientes. A otimização desse processo tem um significado em duas direções: Melhoria da fiabilidade e potencial da instalação para cumprir os requisitos da legislação (futura) com custos otimizados. Os novos sensores ISE para amônia e nitrato oferecem novas possibilidades para alcançar esse objetivo. Olhando mais para a otimização de energia, atividades adicionais são necessárias. O primeiro passo é uma implementação da monitorização de energia. Com base nisso, referências de comparação gerais e individuais podem ser calculadas. Os desafios em comparação com as melhores práticas no tratamento de águas residuais são as diferentes pré-condições que todas as instalações têm para gerir. As referências por comparação publicadas podem dar uma orientação, mas é muito perigoso tirar conclusões rápidas sobre a situação energética da instalação. Uma análise mais profunda dos principais consumidores de energia (ou grupos deles) e uma avaliação do retorno do investimento (ROI) deve ser feita individualmente. Uma monitorização de energia implementada também suporta operações eficientes após atividades de otimização. Ajuda a medir a situação atual da energia e a evitar erros do passado.

REFERÊNCIAS

- [1] DWA Landesverband Baden Württemberg (2008) Senkung des Stromverbrauches auf Kläranlagen, Leitfaden für das Betriebspersonal, Heft 4.
- [2] Thoele, D. and Kast, A. (2009) Energieanalysen auf Abwasseranlagen – Vorstellung der Arbeit der DWA Arbeitsgruppe, *Conference Energy on WWTP. Germany*.
- [3] Schuetzner, R. (2009) Energieeffizienz auf Kläranlagen. *Endress+Hauser Perspektive Umwelt*, page 3. 



Otimização de tratamento de efluentes:
www.pt.endress.com

Gestão de água

Prevê-se que, de acordo com o contexto atual, em 2030 vamos enfrentar um défice mundial de 40% no fornecimento de água, num cenário climático idêntico ou pior que o atual. Numa perspetiva de longo prazo, e de acordo com a Agência Internacional de Energia, em 2050 o consumo energético mundial aumentará cerca de 50% devido à urbanização, industrialização e digitalização.



Este setor consome cerca de 4% da eletricidade a nível mundial e tem infraestruturas desenhadas para dar resposta mesmo nos piores cenários, mas nem sempre opera de forma eficiente e sustentável. Se nos fixarmos naquele que é um dos seus maiores custos efetivos - a eletricidade - o potencial de poupança é bastante significativo.

Paralelamente são cada vez mais as empresas a enfrentar pressões financeiras e sociais que as obrigam a introduzir, no seu negócio, soluções sustentáveis de gestão de água. Organizações como o Fundo Mundial para a Natureza (WWF) exigem, por exemplo, que as empresas implementem modelos corporativos de gestão de água e que promovam a utilização responsável dos recursos hídricos. É-lhes também exigido a utilização de energias limpas, que contribuem para a redução de emissões. Em contrapartida são dados constantes incentivos para a utilização mais eficiente da água,

sobretudo no setor agrícola, que representa o consumo de 70% da água a nível mundial.

A INDÚSTRIA DA ÁGUA FACE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Partindo da perspetiva da gestão do ciclo da água podemos adotar diversas ações que nos ajudem a enfrentar as alterações climáticas, emitindo menos CO₂ e sendo mais eficientes.

Para começar é importante focarmo-nos naquele que é um dos maiores custos operativos da indústria da água: o consumo energético. Numa estação de tratamento de águas residuais, 34% do custo operativo vem diretamente do consumo elétrico, percentagem que aumenta para os 57% se se tratar de uma instalação de osmose invertida. Conseguir reduzir estes números é vital para libertar capital que possibilite novos investimentos e melhorias.

Podemos encontrar bons exemplos de gestão em diversos pontos do globo, como por exemplo na cidade de Lakeland (Flórida), onde a assinatura do contrato com a Schneider Electric, válido por 20 anos, proporcionou à localidade uma redução de 41% no consumo de energia das suas instalações de tratamento de águas residuais, e consequentemente, poupanças na ordem dos 14 milhões de dólares.

A solução implementada combina novas tecnologias e um conjunto de melhorias de processos com um programa de manutenção diferida, que permite monitorizar a atividade de cada instalação em tempo real e utilizar os dados de forma preditiva, graças à plataforma EcoStruxure da Schneider Electric.

Através da conectividade conseguimos atingir a transparência necessária da infraestrutura e extrair dados que, após serem processados se traduzem em poupança energética e eficiência.

O primeiro desafio das empresas de água é, claramente, alcançar um grau de inteligência e conectividade das suas instalações que permita a redução de custos operacionais e facilite a poupança de energia. Ao implementarmos alguns indicadores de rendimento associados à poupança de energia, podemos gerar um novo fluxo económico, contribuindo ativamente para uma maior eficiência e rentabilidade das operações. 📈

Podemos encontrar bons exemplos de gestão em diversos pontos do globo, como por exemplo na cidade de Lakeland (Flórida), onde a assinatura do contrato com a Schneider Electric, válido por 20 anos, proporcionou à localidade uma redução de 41% no consumo de energia das suas instalações de tratamento de águas residuais, e consequentemente, poupanças na ordem dos 14 milhões de dólares.