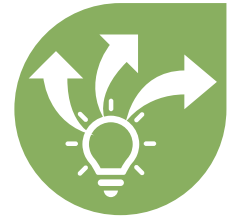




LIFE IMPETUS | Melhorar as atuais barreiras ao controlo de compostos farmacêuticos em ETAR



O Projeto



ETAR de Faro Noroeste | LIFE IMPETUS

O **LIFE IMPETUS** foi coordenado pelo **Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)**, que liderou um consórcio com parceiros portugueses. O projeto decorreu entre janeiro 2016 e dezembro 2019.

O projeto teve como **objetivo geral demonstrar medidas viáveis, de baixo investimento e baixo consumo energético, para melhorar a remoção de fármacos em estações de tratamento de águas residuais (ETAR) urbanas com tratamento convencional por lamas ativadas.**

Para atingir o seu objetivo geral **testaram-se, em duas ETAR portuguesas localizadas em**

regiões com escassez de água (Grande Lisboa e Algarve), soluções técnicas facilmente implementáveis, que incluíram: i) estratégias para otimizar as condições de operação do tratamento biológico utilizando ferramentas de *benchmarking* e ii) a adição de carvões ativados em pó ao reator biológico. Complementarmente, o projeto permitiu: a **comparação de novos adsorventes, produzidos a partir de resíduos vegetais locais, com produtos comerciais;** a produção de um **guia com recomendações para a melhoria da remoção de fármacos em ETAR convencionais** (minimizando os custos operacionais e garantindo a eficiência energética); a **capacitação do consórcio** (e partes interessadas) na monitorização de fármacos e a **produção de conhecimento** útil à proteção dos recursos hídricos e política

ambiental associada aos contaminantes de preocupação emergente.

Nesse sentido, o **projeto IMPETUS** configura uma **boa prática de Replicação / Transferibilidade / Uptake**, tendo em atenção que os resultados obtidos foram amplamente alcançados no que diz respeito a **novos produtos / métodos / ferramentas desenvolvidos, novo conhecimento e boas práticas sobre a ocorrência e controlo de fármacos** em ETAR, sobre resistência microbiana em águas residuais brutas e tratadas e sobre fármacos nos meios recetores. **Estes resultados têm um bom valor de demonstração e um enorme potencial de replicabilidade, uma vez que o tratamento por lamas ativadas é o processo biológico mais utilizado nas ETAR urbanas em Portugal e no mundo.**

O Caso: Boas Práticas de Replicação e Transferência

O uso crescente de fármacos por uma população em crescimento e envelhecimento tornam inevitável a sua ocorrência nas águas residuais urbanas.

Se as ETAR não conseguirem controlar a descarga destes compostos, a sua presença será inevitável nas massas de água, o que pode afetar a biota e/ou levar à acumulação na cadeia alimentar. Caso essas massas de água

sejam utilizadas para a produção de água de abastecimento humano, a presença de fármacos poderá mesmo ocorrer na água potável. Em linha com o referido, nos últimos anos tem vindo a detetar-se a presença de fármacos nas águas residuais urbanas, antes e depois do tratamento nas ETAR, e em águas superficiais e subterrâneas. As ETAR constituem assim barreiras decisivas contra a introdução de fármacos no meio aquático. Verificam-se fortes variações na remoção de fármacos nas ETAR, dependendo sobretudo do tipo de compostos, das suas propriedades físico-químicas e da



Testes | LIFE IMPETUS

tecnologia de tratamento. Esta variabilidade permitiu considerar que existia margem para melhorar as barreiras de tratamento, no sentido da melhoria do controlo dos fármacos em ETAR convencionais. Sendo os principais mecanismos de remoção de fármacos nas ETAR urbanas a biodegradação/biotransformação e a adsorção a partículas e lamas, o LIFE IMPETUS concentrou-se na melhoria desses mecanismos através das seguintes ações:

- Estratégias operacionais para melhorar o desempenho do tratamento biológico mais habitualmente utilizado (lamas ativadas);

- Adição de carvão ativado em pó a este tratamento para melhorar a remoção dos compostos recalcitrantes (não biodegradáveis);

Maria João Rosa, Coordenadora do Projeto, salientou a importância deste projeto, quer no contexto nacional quer europeu. Entre outros, através do financiamento **LIFE**, **foi possível desenvolver novos produtos, métodos e ferramentas**, incluindo:

- **Procedimentos para quantificação de fármacos em águas residuais, lamas e amêijoas;**
- Um **sistema de avaliação de desempenho** (focado na eficácia, fiabilidade e eficiência de recursos (lamas e energia), para a identificação, avaliação e monitorização de estratégias de melhoria de ETAR.

Foram igualmente **propostas boas práticas e adquiridos novos conhecimentos**, incluindo ao nível de:

- Ocorrência de fármacos em ETAR de diferentes capacidades face a diferentes condições climáticas (temperatura e precipitação);
- Resistência bacteriana a antibióticos, tendo sido isoladas quase 7.000 colónias resistentes em águas residuais brutas e tratadas;
- Bioacumulação de fármacos em amêijoas, um produto-chave na economia local do Algarve, na região da Ria Formosa, e noutras regiões da Europa;
- Estratégias de melhoria operacional e de tratamento com carvão ativado, testadas à

escala piloto e/ou real, em 2 ETAR com distintas capacidades, representativas de diferentes realidades (Beirolas, 45000 m³/dia e Faro Noroeste, 4500 m³/d);

- Análise custo-benefício (CBA) das soluções estudadas (custos e benefícios diretos e indiretos).

Para potenciar a replicação e transferência foi redigido um guia técnico - *Technical Guidelines for improved control of pharmaceutical compounds in urban activated sludge WWTPs*, que compilou o essencial do estado da arte, dos objetivos e resultados do projeto, convertendo-os em recomendações de boas práticas para o setor – entidades gestoras e reguladoras dos sistemas e serviços de águas residuais em Portugal, na Europa e no mundo.



Carvão ativado em pó | LIFE IMPETUS

Outros Resultados

A obtenção de um **novo carvão ativado em pó (PAC) de alto desempenho, produzido a partir de resíduos de casca de pinhão, foi um resultado que superou as expectativas iniciais**. Este novo produto superou os melhores produtos comerciais testados para adsorção de fármacos recalcitrantes e é “mais amigo do ambiente”: o seu precursor (matéria-prima) é um resíduo vegetal renovável (não um

percursor betuminoso), ativado fisicamente (não quimicamente), portanto com menor



Casca de pinhão | LIFE IMPETUS

impacto ambiental do que os carvões betuminosos ativados quimicamente.

Atendendo a estas características, despertou o interesse da comunidade científica e da indústria do carvão ativado e estabeleceu-se uma colaboração com a empresa Sigma-Aldrich da Merck (Alemanha) através do seu polo na Pensilvânia, EUA. Este PAC e o modelo matemático de adsorção desenvolvido para apoio ao projeto e operação da sua aplicação industrial ganharam o Prémio WEX Global 2019 de “Inovação em Tecnologia”.

O sucesso destes resultados e parceria LNEC-FCUL-Sigma/Aldrich deu origem ao **projeto financiado pela FCT EMPOWER+ (2020-2024), que tem contribuído para a replicação e transferência de resultados do LIFE IMPETUS, alargando o leque de carvões, de aplicações e de contaminantes-alvo**, designadamente, (i) carvões em pó mais finos, com melhores cinéticas e, portanto, ainda de melhor desempenho, (ii) PAC magnéticos, que podem ser recuperados e regenerados (minimizando

os aspetos menos favoráveis da aplicação convencional de PAC), (iii) carvões granulados, para utilização em filtro – mais vantajosa para aplicação regular (vs PAC para aplicação esporádica/sazonal) – em ETA à escala real ou em filtros domésticos, (iv) tratamento avançado de água para consumo humano para controlo de (v) fármacos mas também matéria orgânica da água (precursora de subprodutos da desinfecção com cloro), pesticidas, cianotoxinas (microcistinas), compostos que conferem cor e sabor à água e cloro residual (correção organolética – sabor).

Outro dos aspetos superados no projeto LIFE IMPETUS foi a proposta de **uma matriz de classificação de fármacos, baseadas em 4 classes** (de A-facilmente removido a D-recalcitrante), para interpretar e prever de forma expedita o nível potencial de remoção de fármacos em ETAR urbanas de lamas ativadas. Esta matriz constitui a base de trabalho para a **ferramenta CEC ForecasTool**, atualmente em desenvolvimento no projeto **LIFE FITTING** (<https://lifefitting.lnec.pt/>), coordenado pelo LNEC e com parceria da TRATAVE e Universidade Católica do Porto.

De salientar ainda, como resultados do projeto LIFE IMPETUS:

- A proposta de um **bioindicador da biodisponibilidade de fármacos em ambientes aquáticos reais** (espécie *Ruditapes decussatus*);
- Consciencialização e envolvimento de *stakeholders* acima das expectativas, bem

como as visitas ao website do projeto (que continuam atualmente a ser elevadas);

- Criação de 4 empregos verdes permanentes.

Dicas a reter:



- ✓ Promover atividades dedicadas a *stakeholders*, desde o início do projeto;
- ✓ Desenvolver uma boa comunicação;
- ✓ Promover ações de capacitação.

Para informações mais pormenorizadas sobre os resultados, recomenda-se o contacto direto com a equipa, através dos contactos apresentados na “caixa”.

Apoio à Replicação e Transferência

À data da candidatura do LIFE IMPETUS, em 2015, não havia obrigatoriedade de ter uma ação/WP específica para “replicação e transferência” como acontece na atual versão do programa LIFE. Assim, estes aspetos foram considerados através de:

- Atividades dedicadas a *stakeholders*, desde o início do projeto– oficinas colaborativas com um painel de *stakeholders*, seminários com conselho consultivo do projeto (entidades relevantes do setor da água) e participação em atividades de *networking*;
- Atividades de comunicação e disseminação – *website* do projeto (incluindo a sua manutenção e atualização durante e após o projeto), brochuras e folhetos,

organização de visitas técnicas aos pilotos, notícias em publicações técnicas do setor, realização de ações de formação, participação e apresentação de comunicações em mais de 50 congressos nacionais e internacionais, produção de artigos científicos (mais de 14) e capítulos de livros (2), desenvolvimento de guia técnico e organização de conferência final internacional;

- Plano *After-LIFE*;
- Desenho de um Plano de Replicação e Transferência (*LIFE IMPETUS Replicability and Transferability Plan*), com definição de estratégias de disseminação, replicação e transferência para a valorização dos resultados do projeto. O plano foi preparado numa fase muito inicial do projeto (2016), para potenciar o seu impacto, e foi atualizado duas vezes (2018 e 2019).

Reflexões

Maria João Rosa, Catarina Silva e Margarida Campinas referem que enfrentaram algumas dificuldades em atingir os objetivos de replicação e transferência, em grande parte devido à falta de estímulo para o controlo de micropoluentes em ETAR. Em particular, salientam aspetos como a inexistência de legislação à data de realização/conclusão do projeto, a limitação na produção de PAC na Europa (produção deslocalizada para outros continentes), a reduzida proatividade do setor para inovar no tratamento (alguma resistência à mudança), bem como a reduzida oferta comercial para análise de fármacos e outros micropoluentes.

Consideram, por isso, que o programa LIFE deveria apoiar mais (e com maior taxa de financiamento) desenvolvimentos/capacitação na gestão e operação de sistemas de tratamento e não apenas desenvolvimento de produtos (tecnologias e aplicações informáticas), em particular no que respeita aos projetos que visam apoiar a implementação de políticas da água, como é o caso da nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas.

Maria João Rosa refere ainda que, se fosse hoje, teriam procurado abranger outros países na fase de desenho do projeto, para alargar o consórcio e “geografia de teste” – opção pouco compatível com o orçamento dos projetos LIFE devido ao esforço experimental, transporte de amostras e custo de análises. Teriam ainda alargado as gamas de aplicação, trabalhando por exemplo com ETAR com outras variantes de lamas ativadas, outras tecnologias de tratamento avançado (p. ex. ozonização), outras matrizes de águas residuais brutas (incluindo as de afluências industriais), bem como com outros fármacos e outros micropoluentes (por exemplo os da nova DARU).

Na realidade, estes aspetos e o aumento das atividades de capacitação foram desde já considerados no **projeto LIFE FITTING, em curso entre 2023 e 2025**.

Por último, atendendo ao sucesso alcançado no alargamento da rede de parcerias e na angariação de projetos I&D subsequentes, dirigidos ao avanço do conhecimento e boas

práticas (EMPOWER+ e LIFE FITTING diretamente, H2020 B-WaterSmart indiretamente), que permitem também cofinanciar parte das ações *after-LIFE* do LIFE IMPETUS, a equipa salienta e sugere a utilidade de se prever uma forma de o próprio LIFE passar a financiar as atividades *pós-LIFE*. Como boa prática para outros projetos, recomenda uma atitude proativa para levar as ideias a serem ouvidas no desenho de políticas.

Para o efeito, poderia prever-se a atribuição de uma verba para um período de um a três anos de pós-projeto, a título de prémio, atribuível a projetos que apresentassem, como foi o caso, resultados excecionais.

Ficha elaborada por **Isabel Lico** (Desafio das Letras), com base em entrevista a **Maria João Rosa, Catarina Silva, Margarida Campinas (LNEC)** realizada a 24/05/2024, Relatório Final e Relatório para Leigos.

life.capacitacao@apambiente.pt | life.apambiente.pt

Disclaimer

Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

LIFE IMPETUS (LIFE14 ENV/PT/000739) - Improving current barriers for controlling pharmaceutical compounds in urban wastewater treatment plants

Início: 01/01/2011

Conclusão: 31/12/2017 (extensão de 2 anos)

Orçamento Aprovado: 1,425,987 € **Orçamento Executado:** 1,492,452 € **Financiamento LIFE:** 855,589 € (60 %)**Gestor de Projeto:** Maria João Rosa (LNEC)**Contactos:** mjrosa@lnec.pt**Website:** <http://life-impetus.eu/>**Beneficiário Coordenador:** LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil**Beneficiários Associados:** UALG – Universidade do Algarve | FFUL – Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa |

EHS – Environment and Regional Development Consulting, Lda. | AdTA – Águas do Tejo Atlântico, S.A. | AdA – Águas do Algarve, S.A. |

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. | FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Síntese de Resultados

Soluções técnicas para melhorar a remoção de compostos farmacêuticos (fármacos) em estações de tratamento de águas residuais urbanas (ETAR) com tratamento convencional por lamas ativadas (AS). As soluções demonstraram ser facilmente implementadas nas atuais ETAR-AS e ajustáveis às variações de qualidade das águas residuais, com baixo investimento, baixo consumo de energia e utilizando eco materiais renováveis. A equipa do projeto implementou duas soluções técnicas inovadoras: i) estratégias operacionais para melhorar o tratamento biológico para a remoção de fármacos, e ii) adição de carvão ativado em pó (PAC) ao reator biológico, utilizando adsorventes ecológicos, para controlar fármacos recalcitrantes. Foi efetuada uma extensa monitorização e testes de campo em duas ETAR portuguesas de diferentes dimensões e tipos de reatores AS: ETAR de Beirolas, perto de Lisboa, que descarrega no rio Tejo, cerca de 50 000 m³/d (processo anaeróbio-anóxico-aeróbio); e ETAR de Faro, em Faro (Algarve), que descarrega na lagoa da Ria Formosa, 5 000 m³/d (tipo vala de oxidação). Foram analisadas 908 amostras de águas residuais (e 72 de lamas) para 24 fármacos/hormonas presentes nas águas residuais. Foram também analisadas 150 amostras de amêijoas no Algarve para avaliar a bioacumulação de fármacos. A espécie de amêijoia *Ruditapes decussatus* foi considerada um bioindicador adequado da biodisponibilidade de fármacos em ambientes aquáticos.

Vários fármacos mostraram estar abaixo do seu limite de quantificação nas entradas das ETAR, outros apresentaram remoções intermédias e variáveis, mas dois compostos (carbamazepina e diclofenac) mostraram-se recalcitrantes com concentrações quase inalteradas. Para avaliar o impacto da adição de PAC ao reator biológico, foram aplicadas duas doses (10 e 25 mg/L) na ETAR de Faro. Com 10 mg/L, obteve-se uma diminuição da maioria dos compostos, destacando-se as elevadas reduções dos antibióticos eritromicina, sulfametoxazol e sulfapiridina, de atenolol e outros beta-bloqueantes, e de carbamazepina e diclofenac (estes dois últimos dificilmente eliminados sem adição de PAC). Com 25 mg/L, os resultados apontam geralmente para uma maior redução de fármacos e uma maior fiabilidade.

Estes resultados, incluindo uma análise custo-benefício, demonstraram um melhor controlo de fármacos no tratamento convencional de águas residuais, com poucos custos adicionais de investimento, consumo de energia ou emissões indiretas de gases com efeito de estufa (GEE). De facto, os custos da adição de PAC ao bioreator são inferiores aos das soluções de tecnologia intensiva (p. ex., pós-tratamento com PAC, GAC, ozono ou membranas), particularmente para instalações de baixa capacidade. Por sua vez, ao maximizar a eficiência energética e ao melhorar a qualidade da água tratada, o potencial de poupança de custos resultante da melhoria do funcionamento de AS (relacionado com a taxa de descarga da ETAR) ascendeu a 5 854 €/ano em Beirolas e a 2 069 €/ano nas ETAR de Faro.

Os benefícios ambientais e para a saúde decorrem da melhoria da remoção de fármacos e da produção de uma melhor qualidade da água tratada, incluindo a cor da água, turvação, transmitância e matéria orgânica. Em termos de benefícios sociais, o projeto formou técnicos e ajudou a criar postos de trabalho, contribuindo para uma melhor informação dos profissionais envolvidos na tomada de decisões e na educação sobre a água e os compostos farmacêuticos. Durante o projeto, foram contratados seis trabalhadores qualificados, quatro dos quais resultaram em postos de trabalho permanentes.

Foram dadas contribuições específicas para a política da UE em matéria de proteção e reutilização da água. O conhecimento do projeto sobre contaminantes de preocupação emergente e barreiras de controlo seguras influenciou a posição portuguesa no que diz respeito às normas ISO de reutilização de águas residuais. Além disso, na reunião da Plataforma de Tratamento de Águas Residuais LIFE, a equipa do projeto partilhou as suas conclusões e resultados com a indústria e com os principais intervenientes na política da água da UE, responsáveis pela revisão em curso da diretiva da UE relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (UWWTD).

Os resultados do projeto têm um bom valor de demonstração e um enorme potencial de replicabilidade, uma vez que o tratamento por lamas ativadas (AS) é o processo biológico mais comum nas ETAR urbanas em Portugal e no mundo. Os beneficiários do projeto produziram orientações técnicas, incluindo as melhores práticas e lições aprendidas. Um importante resultado inesperado do projeto foi a produção pré-industrial de um novo PAC ativado fisicamente, derivado da casca do pinhão, que supera o melhor PAC comercial testado. Este novo PAC derivado da casca do pinhão oferece uma oportunidade às empresas, incluindo a Millipore/Sigma, de desenvolverem carvões ativados verdes a partir de resíduos vegetais locais.