



Monitorização e controlo de fármacos em ETAR

Maria João Rosa, António Martins, Alexandra Cravo
M. Campinas, C. Silva, R. Ribeiro, R. Viegas, R. Coelho *et al.*

Workshop I&Di AdA, UALG - Campus da Penha, Faro
9 outubro 2019



LIFE14 ENV/PT/000739
Improving current barriers for controlling
pharmaceutical compounds in urban
wastewater treatment plants
www.life-impetus.eu



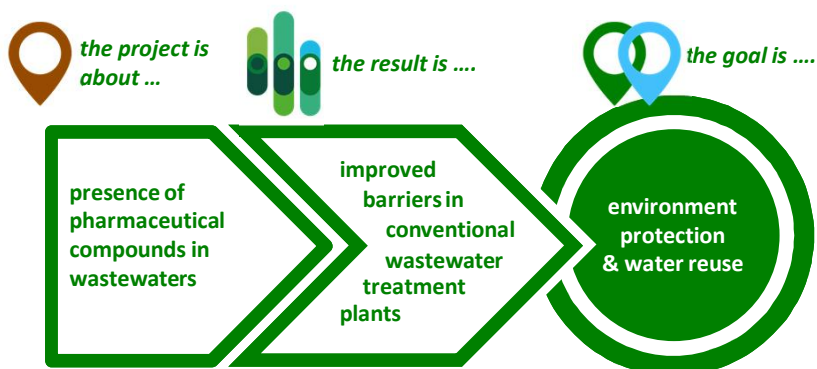
EPAL
Grupo Águas de Portugal



LIFE Impetus rationale



**Improving current barriers for controlling pharmaceutical compounds
in urban wastewater treatment plants**



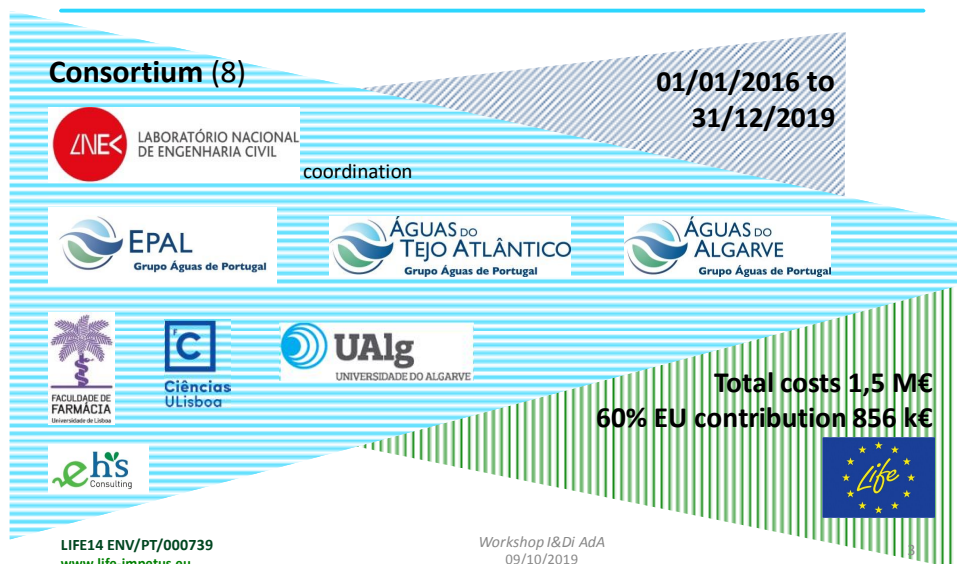
LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

2

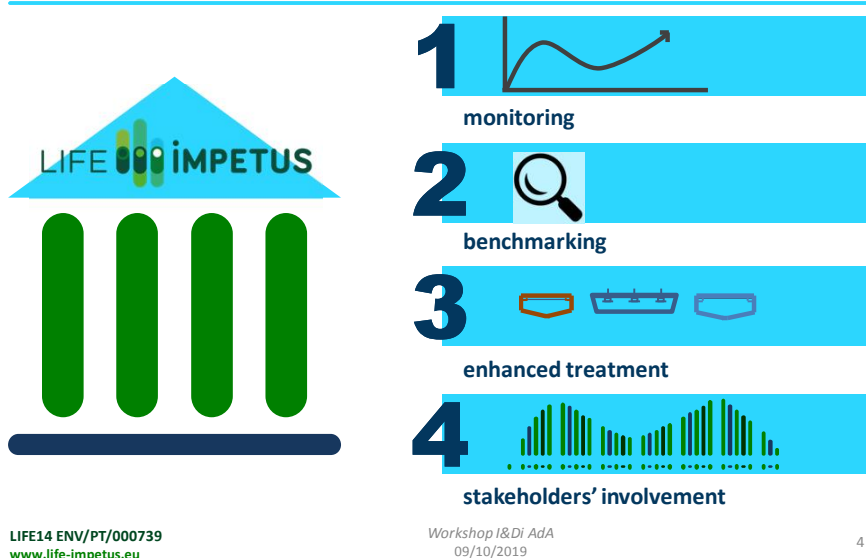
About the project

LIFE  IMPETUS

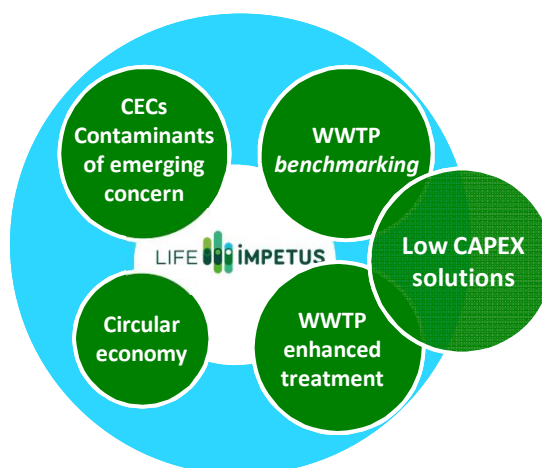


LIFE Impetus research pillars

LIFE  IMPETUS



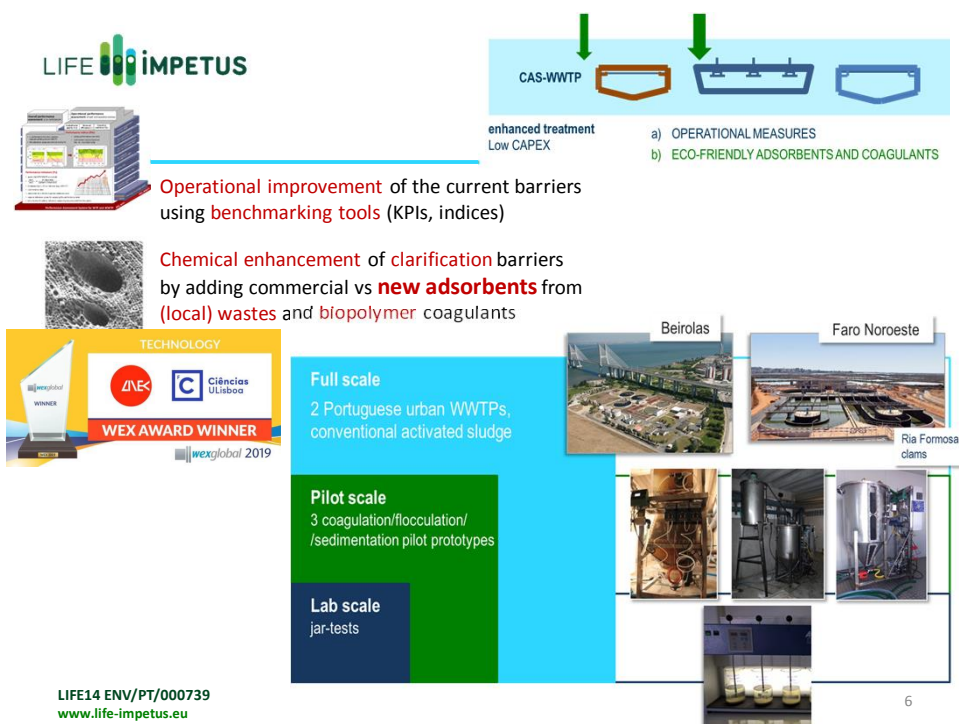
LIFE Impetus context in 2014



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&D: AdA
09/10/2019

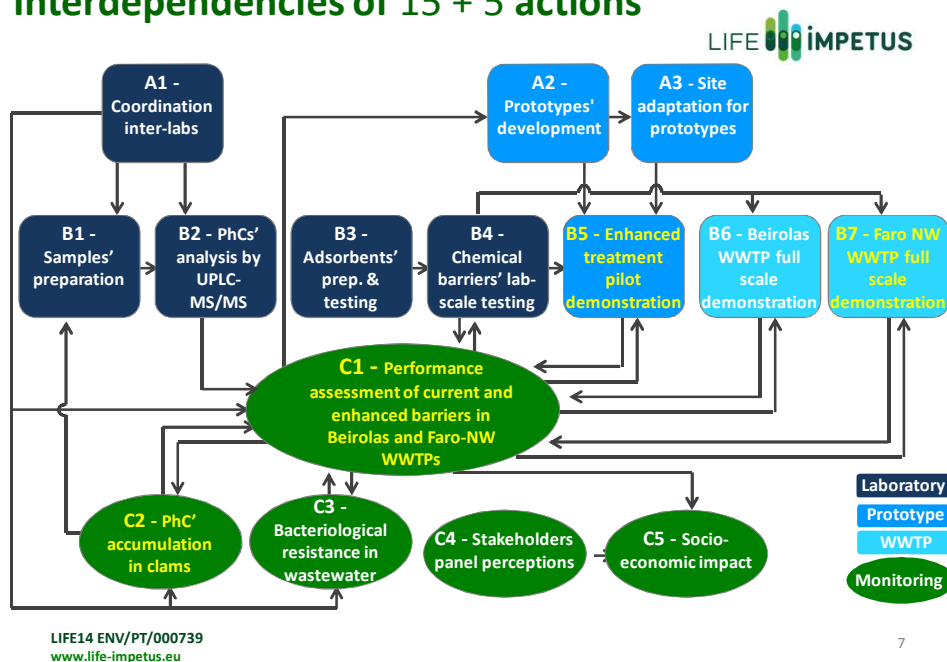
5



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

6

Interdependencies of 15 + 5 actions



LIFE IMPETUS

António Martins



O projeto LIFE IMPETUS na Águas do Algarve, SA - Faro NW WWTP



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu



Workshop I&Di AdA
09/10/2019

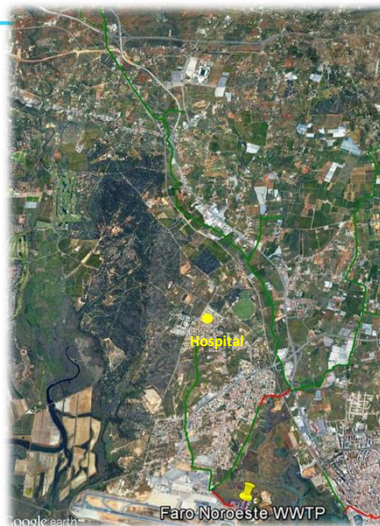
8

Faro NW WWTP

LIFE  IMPETUS

FARO NOROESTE Subsystem

- 1 WWTP
- 2 WW Pumping stations
- 24,31 km sewer system
- Hospital Particular do Algarve – Gambelas (180 beds)



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

EBM with EASME & NEEMO visit
20/02/2019

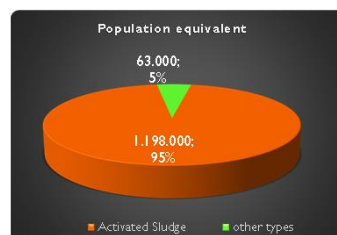
9

Faro NW WWTP

LIFE  IMPETUS

“ Why Faro NW WWTP ?

95% of the p.e. is served by activated sludge systems



- “ Discharge of treated effluent into sensitive zone (shellfish activity)
- “ WWTP with the most restrictive discharge limit regarding microbiological parameters
- “ Potential for water reuse

▪ Discharge limits:

- 25 mg/L BOD₅
- 125 mg/L COD
- 35 mg/L TSS
- 300 CFU/100 mL Fecal coliforms

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

10

Faro NW WWTP



	Operational Data 2018	Project data
Population equivalente (p.e.)	25.101	44.530
Daily flowrate (m ³ /day)	4.700	13.221
Organic load (kg BOD ₅ /d)	1.506	2.696
Treatment capacity (%) (one treatment line)	112	-
Sludge Production (tons w.b.)	2.630	-
Specific Sludge Production (kg/m ³)	1,5	-



Extended aeration activated sludge system

selector + oxidation ditch, UV disinfection:

> 14 h HRT; 8-14 days SRT; 4 g/L MLSS

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

11

Faro NW WWTP



AdA to-do in articulation with LNEC

- Site adaptation for prototype FNW PT2 installation
- Provide technical assistance to FNW PT2
- Wastewater and sludge sampling at the WWTP and FNW PT2
- Performing analyzes in the AdA's Lab to the regular analytical parameters foreseen in the project
- Site adaptation for full scale trials
- Participation in full-scale PAC trials
- Change of operating parameters of treatment process control
- Operational data collection for WWTP performance assessment
- Execution of energy consumption measurement campaigns at the WWTP

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

12

Faro NW WWTP

LIFE  IMPETUS



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

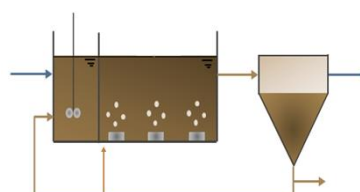
Faro NW WWTP

LIFE  IMPETUS

selector + oxidation ditch



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu



Variable control in the biological treatment process:

- . Aeration: DO, redox potential
- . SRT: excess sludge flow

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

14

Faro NW WWTP energy campaigns

Dedicated short-term campaigns for measuring energy consumption (improvement measures from action C1)

Campaign	Date	Oxidation ditch			
		DO (mg/L)		TSS (g/L)	SRT (days)
		Aerator 1	Aerator 2		
2	26-27 Sept. 2017	0.6	0.7	3.2	12
3	10-11 Oct. 2017	0.6	0.7	3.9	20 (↑)
4	24-25 Oct. 2017	0.3 (↓)	0.6 (↓)	3.9	12

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

15

Faro NW WWTP energy campaigns

- “ **energy use baseline** obtained for assessing the improvement measures for both temperature scenarios (campaign 1 - lower temp; campaign 2 - higher temp)
- “ **higher SRT** (20 vs. 12 days - campaign 3 vs. 2) may help promoting the PhC control and did not compromise the energy performance
- “ **lower DO** (campaign 4 vs. 2) in the oxidation ditch was associated with lower energy consumption in aeration in kWh/m³, though not with total kWh/kg BOD₅ removed

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

16

PhC reduction (%) in WWTPs

Beirolas & Faro NW



- “ **APAP & CAF** highest concentrations, highly reduced (> 99.9%)
- “ **IBU & NPX** the 2nd more abundant (< 1/10 APAP & CAF), highly reduced (> 98%)
- “ **SDZ & fluoxetine & estriol, cortisone, testosterone** also occur (in ng/L) and Cout < LOD
- “ **CFA and the other hormones** < LOD in & out
- “ **ERY, SMX, SPD & ATN, MTPL, PPNL, BZF** intermediate (~30-80%), variable reductions
SRT > 20 d, more reliable ERY reduction
- “ **CBZ & DCF** (0.6, 1.5 ug/L median in) are (almost) not removed



Pilot tests focused on CBZ, DCF, SMX

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

17

Tests at pilot scale. FNW PT2



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Tests at pilot scale. FNW PT2



Example. carbamazepin

Commercial renewable-source PAC, 2-10 h

- " < 10 mg/L PAC reaches 50-70% CBZ reduction, lacks reliability
- " 18-25 mg/L PAC, 65-89% CBZ reduction, low reliability
- " > 30 mg/L PAC, > 80% CBZ reduction, reliable

20 mg/L new PAC surrogate
(commercial non-renewable source PAC)
↓
further 12-21% reduction for CBZ, DCF, SMX

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

19

PAC dosing at full-scale Faro NW WWTP



LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

PAC dosing at full-scale Faro NW WWTP



	PAC test 1		PAC test 2		Commercial renewable-source PAC
	Initial PAC overdosing	Continuous PAC dosing	Initial PAC overdosing	Continuous PAC dosing	
Test starting date	25/03/2019	25/03/2019	02/04/2019	02/04/2019	
Test end date	25/03/2019	02/04/2019	02/04/2019	12/04/2019	
PAC dosing duration	3-5 h	8 days	7 h	10 days	
Fresh PAC concentration	-	9-11 mg/L (C1)	-	22-29 mg/L (C2)	
Total mass of PAC dosed	750 kg	360 kg	1140 kg	1125 kg	→ 3,4 ton
Sampling for PhC analysis (day 1 of 24-h composite)	-	28/03 & 01/04/2019	-	08/04 & 11/04/2019	

- “ Full-scale and pilot results are coherent and corroborate each other
- “ Overall, both PAC doses achieved similar effluent concentrations for the poorly-not removed PhCs in CAS-WWTPs, but the higher dose yielded always more reliable and usually lower concentrations
- “ For the **recalcitrant CBZ** and **DCF**, disregarding the different time-scales of the 2 scenarios (2.5 years w/ no PAC, 51 data points) vs. 3 weeks w/ PAC (4 data points for each dose), **median effluent conc.** were
1739 ng/L DCF, 592 ng/L CBZ vs. 620 ng/L DCF, 205 ng/L CBZ (C1) vs. 501 ng/L DCF, 89 ng/L CBZ (C2)
65% DCF / 64% CBZ reduction (C1) 71% DCF / 85% CBZ reduction (C2)
- “ The new PAC should produce better results, i.e. same PAC dose, higher PhC reduction, or lower dose for similar reduction

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

21

Assessment of PhC accumulation in clams in Ria Formosa



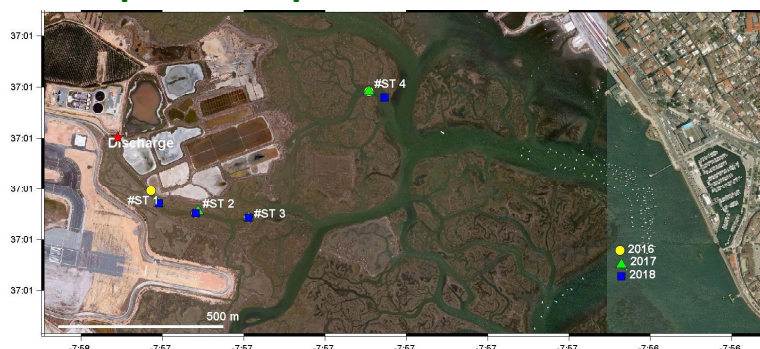
Alexandra Cravo - Universidade do Algarve
in collaboration with AdA and FFUL/EPAL

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
09/10/2019

22

Clams' exposure experiments



3 field exposure campaigns 2016, 2017 & 2018, along 1 month (Jun/Jul)

- **Clams' control**
 - Olhão clam bed in 2016 & 2018; Faro clam bed in 2017
- ~1-1.5 kg clams exposed at the 4 sites (> 100 clams)
 - #ST1, 200-250 m from the WWTP discharge point
 - #ST2, 400 m
 - #ST3, 600 m
 - #ST4, ~1.5 km

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

- “ **Environmental characterization**
 - “ *in situ* with multiparametric probe YSI 6820
 - temperature, salinity, pH, dissolved oxygen
 - “ water samples for determination of
 - SS, chlorophyll a, nutrients, PhCs
- “ **Clams & water samples for PhC analysis at**
- FFUL and EPAL**

23

Clams' exposure experiments



In clams, CAF and APAP...

... were the most bioavailable for clams, regardless the concentrations and dominance of PhCs in the water samples from the exposure sites.

PhC uptake & bioaccumulation depend on:

- ✓ physical-chemical properties of the PhCs/Horm (polarity, solubility)
- ✓ abiotic factors (temperature, salinity, pH, dissolved oxygen)
- ✓ size and weight, condition index, sexual stage, lipid content, metabolic processes among other variables.

LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu

Workshop I&Di AdA
 09/10/2019

24



FINAL REMARKS


Maria João Rosa

3-level innovation...

1. **Practices/products** for improved PhC control in 2 **CAS-WWTPs** variants: A2O and oxidation ditch
2. **Analytical methods for PhC** in wastewaters, sludge and clams
3. **Cost-benefit analysis** strongly supported by long-term data and with an innovative approach integrating the **stakeholders'** input for evaluating intangible cost and benefits




Science technology/new knowledge
& **innovation/policy**
& **marketable products**



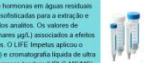
As ETARs ao barragem de proteção da qualidade ambiental

Uso Projeto LIFE Impetus


A monitorização de CIE tem vindo a ser progressivamente incorporada na legislação comunitária e nacional. Adicionalmente, a monitorização de instituições prioritárias permite aos decisores das ETAR não só a obrigação, sendo esperada uma evolução na regulamentação da qualidade da água.




A determinação analítica de fármacos e hormonas em águas residuais envolve a aplicação de técnicas sofisticadas para a extração e concentração, a separação e a deteção dos analitos. Os valores de concentração presentes nos decoretos e os métodos aplicados à análise de matriz contêm interferências ópticas. O uso de métodos de extração em fase sólida (SPE) e cromatografia líquida de alta eficiência associada a espectrometria de massas (LIFE-MS/MS).



Nas ETAR, as águas residuais são sujeitas a vários processos de tratamento (biológico, químico e físico) que degradam as matérias poluentes na sua separação da água. Os mecanismos de remoção de fármacos e hormonas das águas residuais são a biotransformação, a hidrólise e a sorção (O LIFE Impetus incide no primeiro fator de que se afeta na remoção de fármacos pode ser melhorada com condições que permitem controlar o tratamento biológico, que focam na sua degradação (permitindo a permanência de fármacos ativos) e no tratamento físico e tornando o físico-químico utilizando adsorventes (carvão ativado em pó- PAC) e coagulantes (óxidos de alumínio) para a remoção dos compostos mais difíceis de biodegradar.




O projeto LIFE Impetus envolve um extenso trabalho experimental, desde a escala laboratorial para teste de CIE coagulantes, até à escala real, com a monitorização do funcionamento de duas ETAR que utilizam o sistema de lamas ativadas em regime de avanço de depuração.



O projeto LIFE Impetus assenta em vários pilares principais:

- 1. Tratamento melhorado** - Desenvolvimento de estratégias de natureza operacional de refino físico-químico com carvão ativado em pó (PAC) e coagulantes, para aumentar a eficiência das CIE monitorizadas no contexto de Barceloneta, ETAR da freguesia (na área da grande Lisboa), com avanço contínuo, tem dois pontos - decantação primária e decantação secundária. A CIEM de São Francisco (no estuário de Aveiro), com avanço prolongado, tem um protótipo - decantação secundária.
- 2. Monitorização** - Realização de um trabalho extenso de monitorização de águas residuais (efluentes na ETAR, em diversos pontos da linha de tratamento, e efluente tratado) e de análises, perfazendo um total de 1000 análises analíticas.

Desenvolvimento de estratégias de tratamento e monitorização de fármacos e hormonas



Resultados LIFE Impetus

Monitorização da ocorrência de fármacos em águas residuais

- Análise de 1000 amostras de efluente tratadas para 24 fármacos e hormonas (Viegas et al. 2013)
- Cabeceira e posterioridade de 10 fármacos e hormonas em águas residuais e com remoção >90%
- Outras, a exemplo, a sulfametoxazol, a propofol e a fenitoina, apresentam eficiência de remoção variando de 30-60%
- Caracterização e distribuição (Lopes et al. 2013)
- Remoção nas ETAR -> controlo com PAC

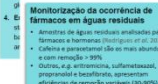
Monitorização da acumulação de fármacos em análises

- Análise de 1000 amostras de efluente tratado 3 mda e 3 mda de efluente de decantação de águas residuais (Lopes et al. 2013)
- Caracterização e distribuição (Lopes et al. 2013)
- Nova metodologia de análise (Viegas et al. 2013)
- Cabeceira e posterioridade mais fármacos (Lopes et al. 2013)
- nas análises amplias 3 mda (Viegas et al. 2013)

Estratégias de refino físico-químico

- Adição de PAC e coagulantes vegetais no tratamento primário, secundário ou de pós-afinação
- Novas condições produzidas a partir da biomassa vegetal, decantação
- Adição de PAC e coagulantes vegetais no tratamento secundário
- Estudo das águas residuais de efluente tratado para 24 fármacos e hormonas e com remoção >90%
- Caracterização e distribuição (Lopes et al. 2013)
- Remoção nas ETAR -> controlo com PAC

Solução de baixo custo e fácil de implementar para melhorar o controlo de fármacos e hormonas na ETAR



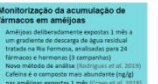
Estratégias operacionais

- Optimização das condições de funcionamento das ETAR com controlo de fármacos, eficiência energética
- A análise de PAC no tratamento secundário e de pós-afinação é a melhor a escala prática. A análise real com carvão ativado, a exemplo, a sulfametoxazol, a propofol e a fenitoina, apresentam eficiência de remoção variando de 30-60%


Análise custo-benefício com adsorventes naturais e vegetais de origem sustentável



Conceito



Conceito




Os contaminantes de interesse ambiental (CIE) são substâncias químicas ou materiais, de origem natural ou sintética, que podem estar presentes em diversos compartimentos ambientais, ou seja toxicidade ou persistência são características de alarme significativamente a monitorização dos mesmos. Os CIE incluem compostos químicos encontrados em fármacos, produtos de higiene pessoal, pesticidas, produtos industriais e domésticos, metais pesados, produtos farmacêuticos, aditivos industriais e solventes. Muitos destes compostos são biotóxicos contaminando o ambiente, mesmo em quantidades muito pequenas, e alguns podem causar toxicidade crónica ou denegação evidência nos seres vivos. A água controla uma das principais formas de disseminação de CIE no ambiente.

A monitorização e o controlo de fármacos e hormonas presentes nas águas residuais urbanas é um tema que está na ordem do dia. Por um lado, alguns destes compostos podem resistir ao tratamento convencional, dependendo principalmente das suas características e das condições de funcionamento das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Por outro, toda a sua remoção residual não é concebida. O projeto de investigação LIFE Impetus - Improving current treatment for controlling pharmaceutical compounds in urban wastewater treatment plants (garagem 2011 a junho 2013) visa demonstrar medidas de melhoria do controlo de fármacos em ETAR com sistemas convencionais de lamas ativadas.


LIFE14 ENV/P/007039

www.life-impetus.eu


Partners do projeto



Informação adicional



Com a contribuição financeira de

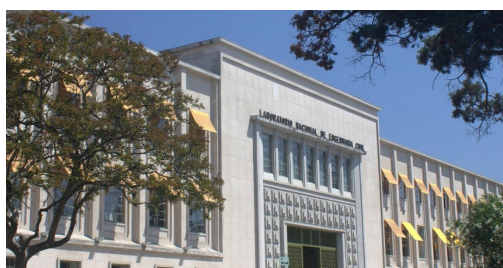


FINAL CONFERENCE



5 December 2019

LNEC Congress Centre




LIFE14 ENV/PT/000739
www.life-impetus.eu



Thank you for your attention!

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

O conteúdo desta publicação é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não reflete necessariamente a posição da União Europeia. Nem a EASME nem a Comissão Europeia são responsáveis pela utilização das informações contidas na mesma.

 **LIFE14 ENV/PT/000739**
Improving current barriers for controlling
pharmaceutical compounds in urban
wastewater treatment plants
www.life-impetus.eu

