

NÚCLEO DE ENGENHARIA SANITÁRIA

Maria João Rosa

mjrosa@lnec.pt

NES – DHA – LNEC

Abril 2018

Núcleo de Engenharia Sanitária (NES)

- I&D&I no domínio dos sistemas e serviços urbanos de água - **abastecimento de água, águas residuais e águas pluviais**
- **Formação e capacitação técnica, regulação, normalização, consultoria** avançada
- Co-financiamento I&D&I **europeu e nacional**, e da **indústria** da água, através dos projetos colaborativos
- 23 elementos: 13 investigadores doutorados, 7 doutorandos, 3 técnicos



Áreas de I&D&I e projetos emblemáticos

✓ Água e energia

controlo e gestão de perdas de água e energia em redes de abastecimento

<http://iperdas.org/>, ICT e *smart metering* www.i-widget.eu, grandes consumidores (e.g. hotéis <http://adapt-act.lnec.pt/>), aproveitamentos hidroagrícolas **agir**

✓ Gestão patrimonial de infraestruturas

novos investimentos e reabilitação de redes, ETA/ETAR; apoio à decisão com base

numa análise integrada desempenho-custo-risco <http://igpi.aware-p.org/>, www.trust-i.net (FP7), **iCITAGE.net**

✓ Fiabilidade, segurança e resiliência dos sistemas urbanos de água

controlo de aflúências indevidas <http://iaflui.lnec.pt>, cidades resilientes, adaptação às alterações climáticas www.resccue.eu (H2020)

✓ Qualidade, tratamento e reutilização de água

águas naturais, água para consumo humano, águas residuais, reutilização de água em meio urbano, periurbano e rural, tratamento convencional e avançado, sistemas naturais

www.trust-i.net, www.life-aware.eu, www.life-hymemb.eu, www.life-impetus.eu, democon, www.marsol.eu/, <http://ieqta.lnec.pt/>



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

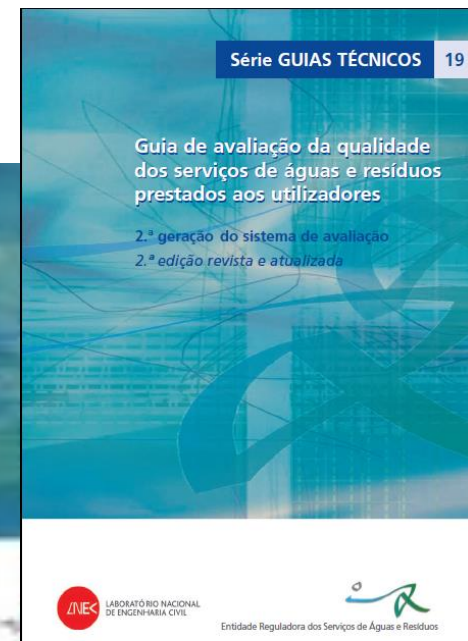


UQTA

Unidade de Qualidade e Tratamento de Água

Apoio à regulação dos serviços de águas

- Guias de avaliação de desempenho dos serviços de águas
- Guias Técnicos sobre gestão patrimonial de infraestruturas, perdas de água, uso eficiente de água, tratamento de água, ...



Normalização

- **Presidência da Comissão Técnica** **Sistemas urbanos de água** e de muitas sub-comissões, integrando vários grupos ISO e CEN
 - **ISO TC224** Service activities relating to **drinking water supply** systems and **wastewater systems** - Quality criteria of the service and performance indicators
 - Série ISO 24500:2007
 - **ISO TC282 Water reuse**
 - Rega - ISO 16075:2015 (parts 1, 2, 3), ISO 16075:2016 (part 4)
 - Water reuse in urban areas
 - Risk and performance evaluation of water reuse systems
 - Industrial water reuse
 - **CEN TC 164** (water supply)
 - **CEN TC 165** (wastewater engineering)
- **ISO TC251 Asset management** - série ISO 55000:2014

Formação e capacitação

- ações de formação no LNEC ou no local
- ações de assistência técnica
- acolhimento de mestrandos, doutorandos e estagiários

Por exemplo, através do *Programa de Capacitação de Laboratórios de Engenharia da CPLP*, financiado pela CPLP/Instituto Camões e coordenado pelo LNEC

- capacitação de entidades gestoras
e.g. iniciativas iGPI, iPerdas, iAflui, iEQTA

Exemplos de ações de formação

- Monitorização de qualidade da água. Parâmetros e laboratórios
- Drenagem urbana, planeamento de drenagem pluvial e saneamento básico
- Redes de abastecimento de água
- Tratamento de água e de águas residuais. Projeto e operação de ETA/ETAR
- Desinfecção e subprodutos da desinfecção. Problema e estratégias de controlo
- Cianobactérias e cianotoxinas na água para consumo humano. Problema e soluções
- Qualidade e segurança da água em sistemas de abastecimento
- Avaliação de desempenho de ETA e ETAR
- Avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água
- Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem de águas residuais
- Normalização (várias normas ISO)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 763562



Lisbon International Centre for Water

Tratamento e reutilização de água

I&I @ LNEC

M.J. Rosa, R. Ribeiro, E. Mesquita,
C. Silva, M. Campinas, R. Viegas



gestão centralizada

**vantagens dos sistemas descentralizados
& maior eficácia e eficiência**

técnico-financeira associada ao aumento
de escala e de especialização das EG



1-5 e.p.



50 e.p.



2000 e.p.



5000 e.p.



Retorno financeiro
mais reduzido

Conhecimento
mais reduzido

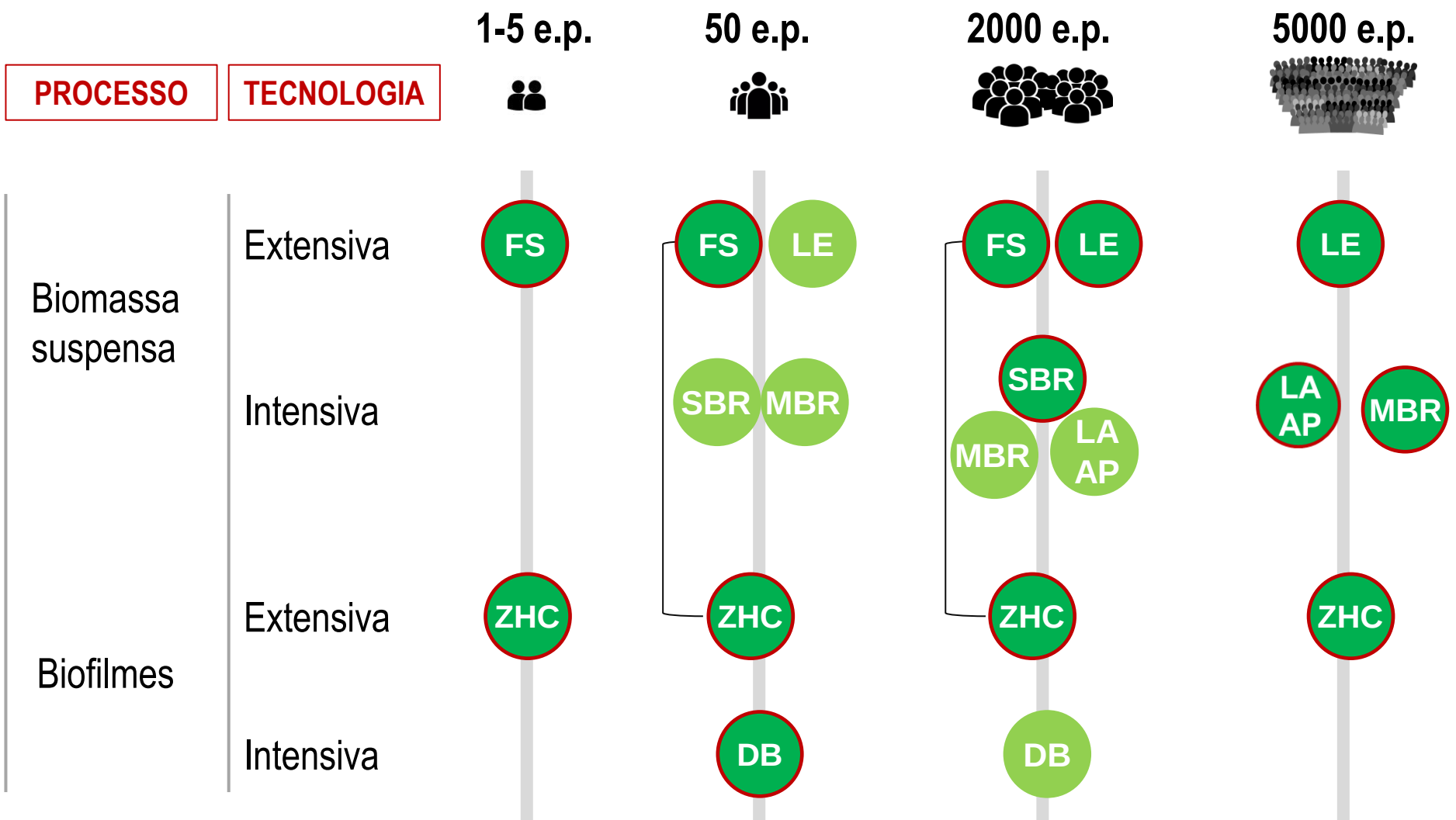
Limitações no
enquadramento legal

Falha na
análise de sistemas

desafios



Soluções de tratamento vs. escala



DB – discos biológicos, FS – Fossa séptica, LAAP – lamas ativadas em arejamento prolongado, LE – lagoa de estabilização, MBR – bioreactor de membranas, SBR – reactor batch sequencial, ZHC – zona húmida construída

Sistemas naturais – ZHC com espécies autóctones

Ensaio Piloto de Zonas Húmidas Construídas para tratamento complementar de efluentes domésticos

Objetivo: Testar a utilização de **plantas autóctones** e de meio de **enchimento local** (calhau rolado da orla costeira marítima) em ZHC destinadas ao tratamento de efluente primário e de efluente secundário (reutilização)

Participantes: Universidade dos Açores, LNEC

Juncus acutus L.



Bolboschoenus maritimus L. Palla



Arundo Donax L.



Espécies autóctones

Espécie convencional

ETAR de Angra do Heroísmo



Sistemas naturais – ZHC com espécies autóctones

Ensaio Piloto de Zonas Húmidas Construídas para tratamento complementar de efluentes domésticos

No final de 4 ciclos de ensaios



B. maritimus
adaptou-se melhor
do que *J. acutus* às
condições do
ensaio

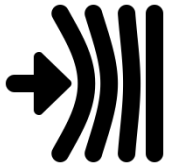
> 2-Log redução (até 6-Log) de coliformes fecais

Soluções de tratamento – objetivos da EG



EFICÁCIA

Capacidade de **cumprir** as exigências de **descarga**.



FIABILIDADE

Aumento da **resiliência** dos processos de tratamento, permitindo um cumprimento regular das exigências à descarga vs. variação severa de afluência (Q, C).



EFICIÊNCIA

Redução dos custos de operação através de um uso mais eficiente de **energia**, **reagentes** e **mão de obra**.

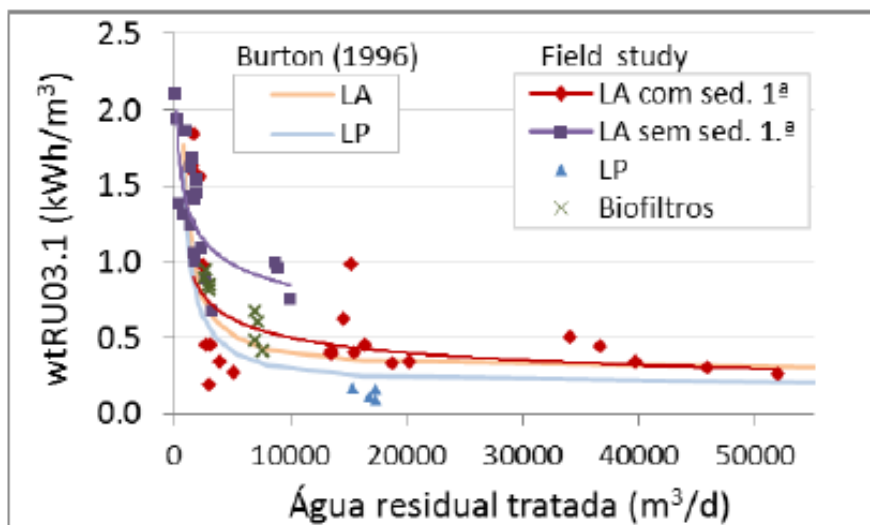


REUTILIZAÇÃO

Ajuste do tratamento ao(s) uso(s) possível da **água** tratadas e das **lamas**, para facilitar o seu aproveitamento (agrícola ou outro).

Eficiência energética

Avaliação e melhoria do desempenho energético de ETAR



wtRU03.1 – Consumo de energia [kWh/m³]

Leitos percoladores (LP)

Lamas ativadas (LA)



$$\leq 0.185 + 1127/TW$$

$$\leq 0.280 + 1192/TW$$



$$]0.185 + 1127/TW;$$
$$0.231 + 1409/TW[$$

$$]0.280 + 1192/TW;$$
$$0.350 + 1490/TW[$$



$$\geq 0.231 + 1409/TW$$

$$\geq 0.350 + 1490/TW$$

Silva C., Rosa M.J. (2015) Energy performance indicators of wastewater treatment: a field study with 17 Portuguese plants.

Water Sci. & Technol. 72.4, 510-519

Silva *et al.* (2016) Estratégia para o desenvolvimento da 3.ª geração do sistema de avaliação de desempenho de ETAR

Águas e Resíduos IV.1 doi: 10.22181/aer.2016.0107



TEMA ETAR

Avaliação e melhoria do desempenho das operações e processos de tratamento de ETAR em termos de eficácia e fiabilidade, eficiência energética, gestão de lamas e valorização de recursos (água, energia, fósforo).



TEMA GPI

Capacitar as entidades para o desenvolvimento e implementação de planos de gestão patrimonial de infraestruturas de tratamento de águas residuais (ETAR).



TEMA Formação

Formação dos técnicos em tratamento de água residual, tratamento convencional e avançado e estratégias de abordagem aos novos desafios. Este tema contempla 8 módulos

Iniciativa em Energia, Qualidade e Tratamento de Água

TEMA ETAR



TEMA GPI



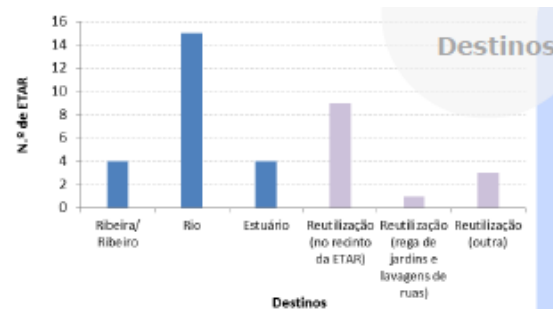
TEMA Formação



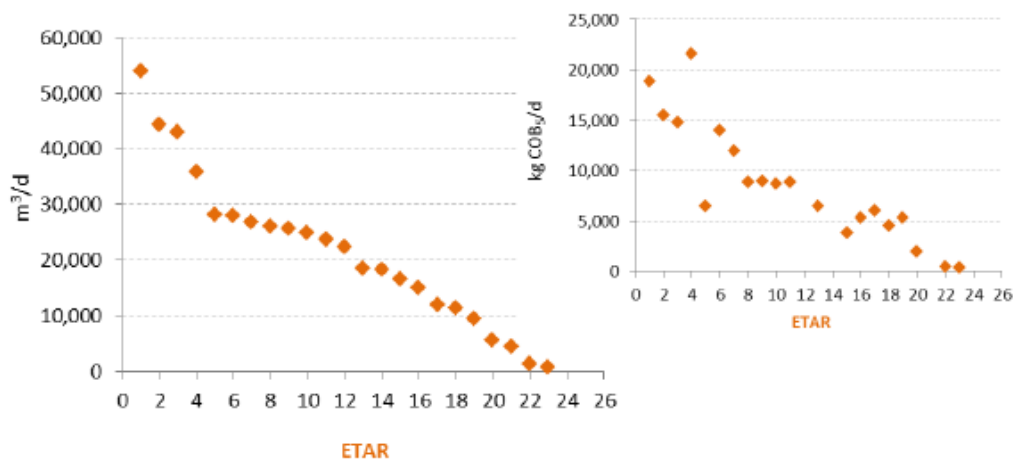
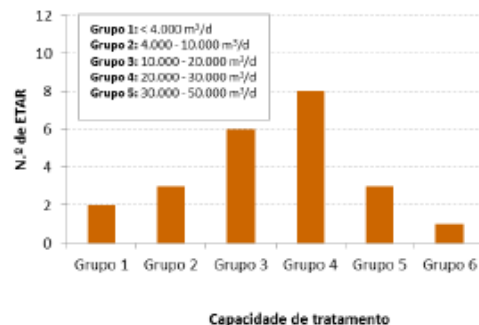


TEMA ETAR

Caracterização das ETAR



Capacidade de tratamento



Localização

Monitorização em linha e simulação dinâmica

Projeto(s) DEMOCON

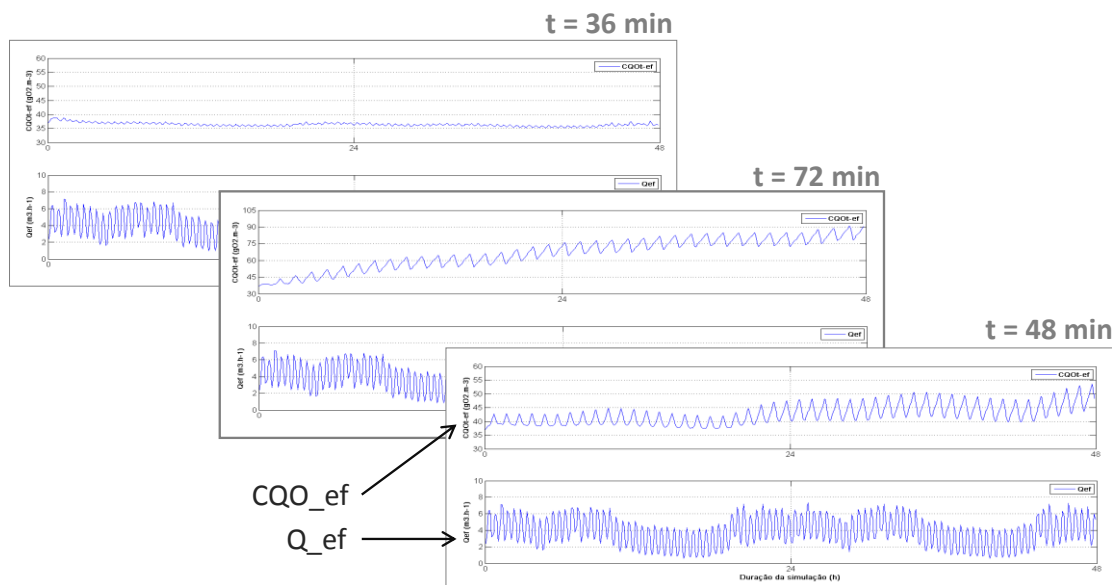
Desenvolvimento da metodologia DEMOCON através da sua aplicação em ETAR descentralizadas com diferentes possibilidades de atuação ao nível de controlo

LNEC, IST, Águas da Covilhã (2007/09), Águas de Lisboa e Vale do Tejo (2013/15)

Simulação de cenários operacionais



ETAR #1 (500 e.p.)



Exemplo: efeito da alteração do **tempo de paragem do arejador**

ETAR #2 (5000 e.p.)

Melhoria operacional e *upgrade* da sedimentação

LIFE IMPETUS - Improving current barriers for controlling pharmaceutical compounds in urban wastewater treatment plants (2016-2019)

Demonstrar medidas de melhoria do controlo de compostos farmacêuticos (PhC) em ETAR urbanas com tratamento convencional por lamas ativadas (LAAC e LAAP)

LNEC, Águas do Algarve, Águas do Tejo Atlântico, EPAL, EHS, FFUL, FCUL, UAIG



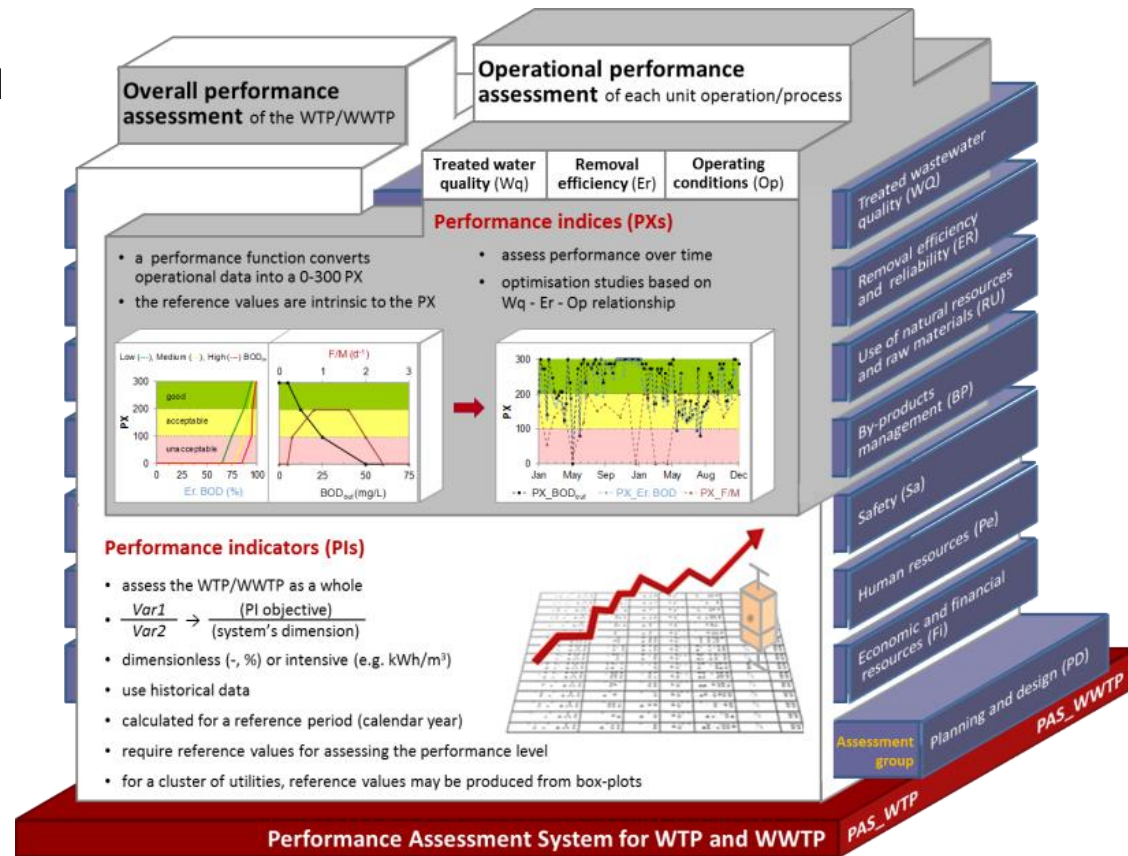
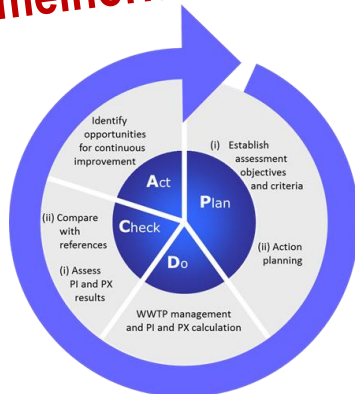
- Melhoria operacional das barreiras existentes usando **ferramentas de *benchmarking*** (KPI, índices) – eficácia e eficiência, fiabilidade e resiliência
- ***Upgrade* com adsorção (BAT) e/ou coag/floc** – adição de novos adsorventes vegetais (PAC) e biopolímeros coagulantes

www.life-impetus.eu

- ❑ **Melhoria operacional** das barreiras existentes usando ferramentas de **benchmarking**
– eficácia e eficiência, fiabilidade e resiliência (**avaliação do risco**)

- ✓ indicadores de desempenho
- ✓ índices de desempenho operacional por etapa de tratamento
Ex. reator biológico: T, TRH e idade celular

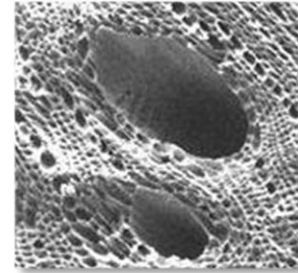
Prática em ciclos de melhoria contínua



Silva et al. 10.1016/j.jenvman.2014.03.028 | 10.1016/j.watres.2014.03.025

❑ Demo de *upgrade* da clarificação com PAC e/ou coag/floc

Adição de **novos adsorventes (PAC)** preparados a partir de resíduos vegetais nacionais e **biopolímeros** coagulantes (extratos acácia, quitosanos)



3 protótipos PAC-CFS

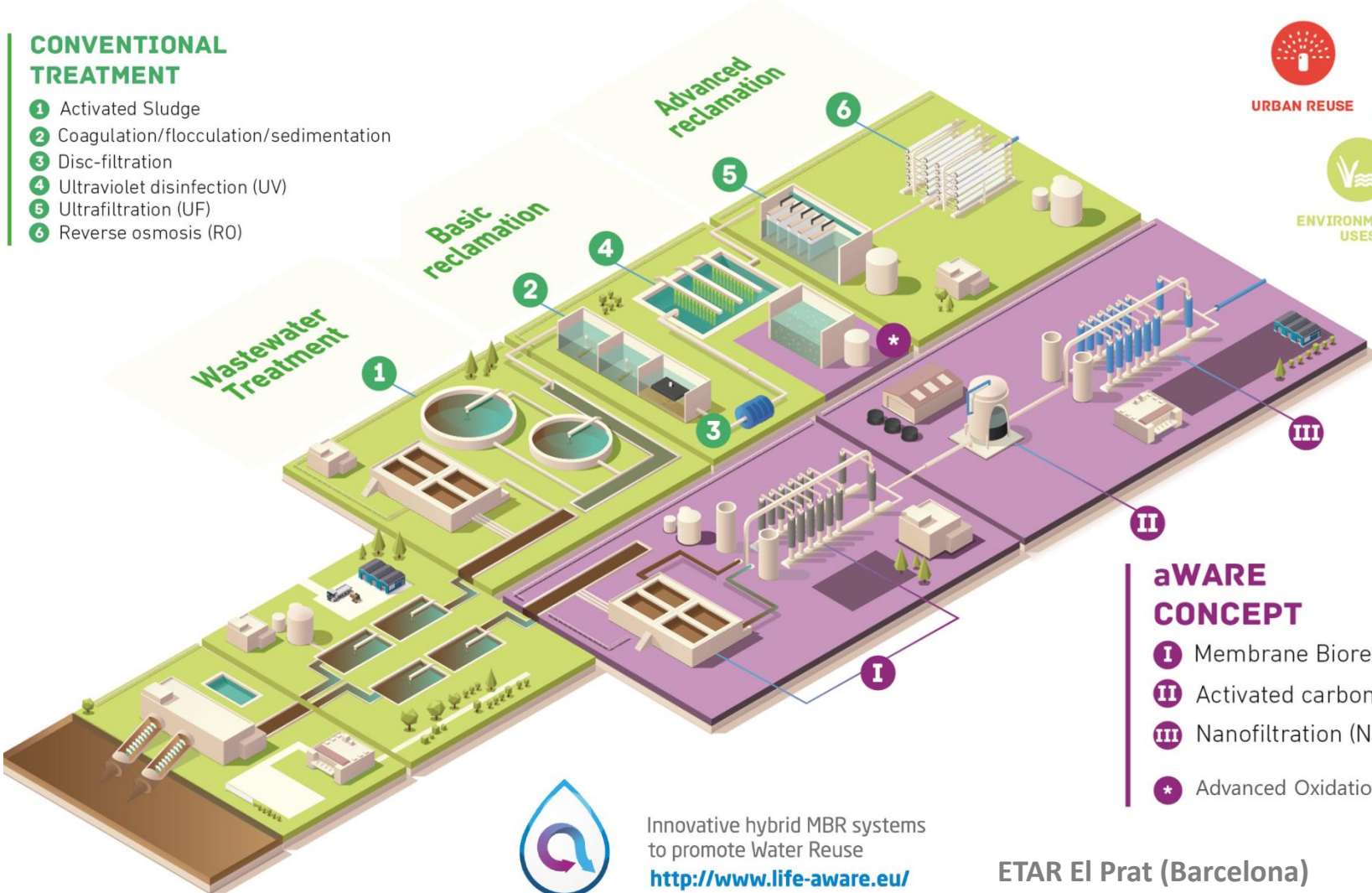


PAC/"loose" NF

para afinação da qualidade da água para reutilização
(controlo de fármacos e outros contaminantes emergentes)

CONVENTIONAL TREATMENT

- 1 Activated Sludge
- 2 Coagulation/flocculation/sedimentation
- 3 Disc-filtration
- 4 Ultraviolet disinfection (UV)
- 5 Ultrafiltration (UF)
- 6 Reverse osmosis (RO)



aWARE CONCEPT

- I Membrane Bioreactors (MBR)
- II Activated carbon (GAC, PAC)
- III Nanofiltration (NF)

* Advanced Oxidation Processes ($UV/O_3/H_2O_2$)



Innovative hybrid MBR systems
to promote Water Reuse
<http://www.life-aware.eu/>
Martin et al. 2015

ETAR El Prat (Barcelona)
CETAqua (SP), Aigües de Barcelona, LNEC

Reutilização de água na rega

ISO 16075:2016

Tratamento = $f(\text{qualidade da água}) = f(\text{uso})$

Fit-for-purpose

Barreiras múltiplas

ISO 16075-2:2015

		Table 1 — Suggested treated wastewater quality according to chemical, physical and biological parameters (1)										Table 2 — Suggested number of barriers that are needed for irrigation with TWW according to their quality (adapted from WHO (2006) and USEPA (2012))							
Catego-ries	Type of treated wastewater	BOD ⁽²⁾ ⁽¹⁰⁾		TSS		Turbidity ⁽³⁾		Thermo-tolerant coliforms ⁽⁴⁾		Intestinal Nematodes ⁽⁵⁾ ⁽¹²⁾		Potential corresponding treatment	Irrigation of private gardens and gardens landscape with unrestricted public access	Irrigation of gardens and landscape with restricted public access	Irrigation of vegetables consumed raw	Irrigation of vegetables after processing and pastures	Irrigation of food crops other than vegetables (orchards, vineyards) and horticulture	Irrigation of fodder and seeded crops	Irrigation of industrial and energy crops
		mg L ⁻¹		mg L ⁻¹		NTU		no./100 mL		Egg L ⁻¹									
		Ave.	Max	Ave.	Max	Ave.	Max	95%ile	Max	Ave.	Max								
A	Very high quality treated wastewater ⁽⁴⁾	≤ 5 mg/L	10 mg/L	≤ 5 mg/L	10 mg/L	≤ 2	5	≤ 10 or below the detection limit	100	-	-	Secondary ⁽⁶⁾ , contact filtration or membrane filtration ⁽⁷⁾ and disinfection ⁽⁸⁾	0	0	0	0	0	0	0
B	High quality treated wastewater ⁽⁴⁾	≤ 10 mg/L	20 mg/L	≤ 10 mg/L	25 mg/L	-	-	≤ 200	1000	-	-	Secondary ⁽⁶⁾ , filtration ⁽⁷⁾ and disinfection ⁽⁸⁾	1	0	1	0	0	0	0
C	Good quality treated wastewater	≤ 20 mg/L	35 mg/L	≤ 30 mg/L	50 mg/L	-	-	≤ 1000	10000	≤1	-	Secondary ⁽⁶⁾ and disinfection ⁽⁸⁾	forbidden	1	3	2	1	0	0
D	Medium quality treated wastewater ⁽¹¹⁾	≤ 60 mg/L	100 mg/L	≤ 90 mg/L	140 mg/L	-	-	-	-	≤ 1	5	Secondary ⁽⁶⁾ or High rate clarification with coagulation, flocculation ⁽⁹⁾	forbidden	2	forbidden	forbidden	3	1	0
E	Extensively treated wastewater	≤ 20 mg/L	35 mg/L	-	-	-	-	-	-	≤ 1	5	stabilization ponds and wetlands ⁽¹⁰⁾	forbidden	2	forbidden	2	2	0	0
--	Raw wastewater	-											forbidden	forbidden	forbidden	forbidden	forbidden	forbidden	forbidden

NOTE: With each type of treated-wastewater quality, the use of a higher quality treated wastewater is always possible

- (1) The recommended limits are elaborated on the basis of international regulations, e.g. WHO (2006) and USEPA (2012) and apply to the reclaimed water at the outlet of the treatment facility. After storage in open reservoirs and for spray or localized irrigation, additional filtration may be necessary. Sampling frequency and the calculation of the average values are given in ISO 16075-4:2016.
- (2) BOD is determined with a 5-day test
- (3) Continuous measurement of the turbidity may be implemented. The average value should be based on a 24-time period. If suspended solids are used in lieu of turbidity, the average TSS should not exceed 5 mg/L. If membrane filtration is used for treatment, the turbidity should not exceed 0.2 NTU.
- (4) Residual chlorine dosage between 0.2 and 1 mg/L that measured after 30 minutes contact time, can be necessary for high and very high quality treated wastewater. If other method of disinfection achieving is used, it also should be monitored.
- (5) Intestinal nematodes (helminth eggs) may not be routinely monitored if it was demonstrated that the number of helminth eggs in untreated wastewater is consistently below 10 eggs/L.
- (6) Secondary treatment includes activated sludge, trickling filters, rotating biological contactors, biofilters, bioreactors, sequence batch reactors etc.
- (7) Filtration includes microscreening, cartridge filtration, high rate sand filtration, dual media filtration, cloth filters without or with chemical addition (contact filtration) as well as membrane processes, including membrane bioreactors.
- (8) Disinfection includes UV irradiation, ozonation, chlorination or other chemical, physic chemical or membrane processes.
- (9) High rate clarification includes coagulation, flocculation and lamella settling.
- (10) Well-designed stabilization pond systems can meet coliform limits without additional disinfection. the soluble BOD values are considered.
- (11) The physical-chemical parameters (BOD, TSS) could be adjusted according to local wastewater treatment regulations with the possible addition of COD
- (12) If there is a risk of aerosolization, the *Legionella spp* should be less than 1000 CFU / L for Greenhouses

Enquadramento

A Unidade de Qualidade e Tratamento de Água (UQTA) está enquadrada no Núcleo de Engenharia Sanitária do Departamento de Hidráulica e Ambiente do LNEC.

Esta Unidade desenvolve desde 2006 atividade de I&D nas áreas da qualidade e tratamento de água para consumo humano e águas residuais urbanas, incluindo distribuição e reutilização, visando aumentar a competitividade e a sustentabilidade dos serviços de águas.



Área de atividade

Na UQTA realizam-se estudos de otimização dos tratamentos convencionais, desenvolvem-se e implementam-se tratamentos avançados de água para consumo humano e águas residuais para descarga e reutilização.

Destaca-se o desenvolvimento de estratégias para remoção de contaminantes resistentes ao tratamento convencional em estações de tratamento de água (ETA) e de águas residuais (ETAR): matéria orgânica natural e antrópica, substâncias prioritárias e contaminantes emergentes



(desreguladores endócrinos, fármacos, cianotoxinas), subprodutos da oxidação química e formas biológicas resistentes à oxidação química (vírus e (oo)cistos de protozoários).

As opções tecnológicas são essencialmente baseadas em separações físicas e/ou biodegradação e integram adsorção a carvão ativado em pó ou biofiltração em carvão ativado, coagulação, flotação, processos de membranas e processos híbridos.



Desenvolvem-se estudos de demonstração e de avaliação técnico-económica para:

- desenvolvimento de soluções "à medida";

- benchmarking de tecnologias de tratamento.

Ensaos

- Estudos de caracterização e monitorização da qualidade da água:
 - em ETA e ETAR;
 - em sistemas de distribuição (incl. decaimento de cloro, potencial de formação de biofilme - COA);
 - microcistinas;
 - matéria orgânica (carbono orgânico - COT e COD, hidrofilia/hidrofobia, distribuição de pesos moleculares).



- Estratégias de controlo do potencial de formação de subprodutos e formas resistentes à oxidação química.
- Ensaos lab e piloto de:
 - tecnologias convencionais (coagulação, floculação e sedimentação ou flotação);
 - tecnologias avançadas (sistemas de membranas, adsorção, biofiltros e processo híbridos).
- Campanhas de medição do consumo de energia em ETA e ETAR.

- Estudos de avaliação e melhoria do desempenho de ETA e de ETAR, incluindo eficiência energética.

Outros serviços

Consultoria em fase de projeto (construção ou reabilitação), arranque e operação de ETA e ETAR.

Formação (teses de doutoramento e mestrado, estágios curriculares), cursos de formação e seminários.

Av. do Brasil 101
1700-066 Lisboa • Portugal
tel. (+351) 21 844 30 00
fax (+351) 21 844 30 11
lneq@lneq.pt

Coordenação
Maria João Rosa
fax: 21 844 30 16
uqta@lneq.pt

www.lneq.pt



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**ENSAIOS
e METROLOGIA**

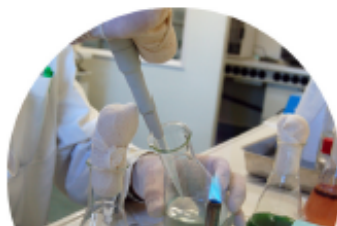
UQTA

Unidade de Qualidade
e Tratamento de Água

Enquadramento

A Unidade de Qualidade e Tratamento de Água (UQTA) está enquadrada no Núcleo de Engenharia Sanitária do Departamento de Hidráulica e Ambiente do LNEC.

Esta Unidade desenvolve desde 2006 atividade de I&D nas áreas de qualidade e tratamento de água humano e águas residuais incluindo distribuição visando aumentar a sustentabilidade dos



- *benchmarking* de tecnologias de tratamento.

Ensaos

- Estudos de caracterização e monitorização da qualidade da água:
 - em ETA e ETAR;

- Estudos de avaliação e melhoria do desempenho de ETA e de ETAR, incluindo eficiência energética.

Outros serviços

Consultoria em fase de projeto (construção ou reabilitação), arranque e operação de ETA e ETAR.

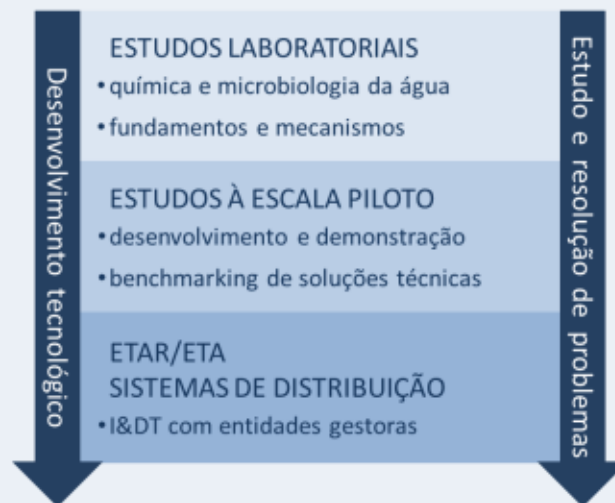
Formação (teses de doutoramento e mestrado, estágios curriculares), cursos de formação e seminários.



Área de atividade

Na UQTA realizam-se de otimização dos tratamentos convencionais, desenvolvimento e implementam-se tratamentos avançados de água potável humano e águas residuais e reutilização.

Destaca-se o desenvolvimento de estratégias para remoção de contaminantes resistentes ao tratamento convencional em estações de tratamento de água (ETA) e de águas residuais (ETAR): matéria orgânica natural e antrópica, substâncias prioritárias e contaminantes emergentes



INDÚSTRIA DA ÁGUA

Desenvolvem-se estudos de demonstração e de avaliação técnico-económica para:

- desenvolvimento de soluções "à medida";

de membranas, adsorção, biofiltros e processo híbridos).

- Campanhas de medição do consumo de energia em ETA e ETAR.

Av. do Brasil 101
1700-066 Lisboa • Portugal
tel. (+351) 21 844 30 00
fax (+351) 21 844 30 11
lneq@lneq.pt

Coordenação
Maria João Rosa
fax: 21 844 30 16
uqta@lneq.pt

www.lneq.pt



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Maria João Rosa | NES/DHA



Instalações



Laboratório de físico-química



Laboratório de microbiologia

Equipamento para ensaios de tratamento de água



Jar test



Sistemas laboratoriais de
adsorção/biofiltração (BAC)



Sistemas laboratoriais de membranas



Sistemas piloto de membranas

Equipamento para ensaios de qualidade nas redes de distribuição



Equipamento para ensaios de decaimento
de cloro



Equipamento para caracterização de
sedimentos acumulados na rede de
distribuição



Equipamentos relevante para análise de águas



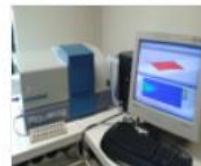
Analizador de carbono orgânico e inorgânico



Cromatógrafo líquido com detetor de fotodiodos (HPLC/PDA)



Espectrofotómetro UV-Vis



Espectrofluorímetro

Equipamentos de campo



Amostrador automático com refrigeração



Analizador de cloro



Udómetro



Sonda multiparamétrica

Obrigada pela atenção

mjrosa@lnec.pt

www.lnec.pt/hidraulica-ambiente/pt/nucleo/nucleo-de-engenharia-sanitaria/apresentacao-1/