

# XX

**silubesa**  
Simpósio Luso-Brasileiro  
de Engenharia Sanitária  
e Ambiental



## Água e Sustentabilidade Ambiental: Desafios e ação

29 junho -1 julho 2022

Universidade de Aveiro

Organização



# LIVRO DE RESUMOS



Photo by Bruno Ferreira on Unsplash

Platina



Gold



Prata



Apoios



Livro de resumos

# XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

## ORGANIZAÇÃO



## PATROCINADORES E APOIANTES

Platina



Gold



Prata



Apoios



APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos  
APESB - Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária  
ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

**Título**

Livro de Resumos do XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

**Local**

Universidade de Aveiro

**Data**

29 junho - 1 julho 2022

**Edição**

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

**ISBN**

978-989-8509-31-4

1ª Edição: Julho de 2022

**Site do evento:** <https://www.aprh.pt/20silubesa/>

**Email APRH:** [aprh@aprh.pt](mailto:aprh@aprh.pt)

## PROPOSTA PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA HÍDRICA NUM PAVILHÃO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Flora SILVA<sup>1,5,6</sup>, Mariana SCHULZE<sup>2</sup>, Mariane KEMPKA<sup>2</sup>,  
Ana Maria ANTÃO-GERALDES<sup>3,5</sup>, António ALBUQUERQUE<sup>4,5,6</sup>

<sup>1</sup> ESTiG - Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, flora@ipb.pt

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Avenida Professora Laura Pacheco Bastos, 800 - Bairro Industrial, CEP 85053-525 Guarapuava - PR, Brasil, marianaschulze.95@gmail.com, marianekempka@utfpr.edu.br

<sup>3</sup> Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, gerald@ipb.pt

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Calçada Fonte do Lameiro, 6201-001 Covilhã, Portugal, antonio.albuquerque@ubi.pt

<sup>5</sup> FibEnTech, Universidade da Beira Interior, Rua Marquês D'Ávila e Bolama, 6201-001 Covilhã, Portugal

<sup>6</sup> GeoBioTec-UBI, Universidade da Beira Interior, Calçada Fonte do Lameiro, 6201-001 Covilhã, Portugal

### RESUMO

O presente estudo surge pela necessidade de melhorar a gestão do consumo de água num pavilhão industrial localizado em Terras de Trás-os-Montes, Portugal. Para isso, são propostas soluções para redução do consumo de água potável no pavilhão, com área de cobertura de cerca de 4638 m<sup>2</sup>, e no qual são produzidos componentes para a indústria automóvel. A solução com maior potencial de redução hídrica é a que propõe o aproveitamento da água da chuva em usos como a lavagem do pavimento do pavilhão e incorporação nas máquinas industriais. Estima-se para esta solução, que um reservatório com capacidade de 60 m<sup>3</sup> permita obter uma poupança de água potável de 62,12%, e consequentemente uma redução dos impactos ambientais da atividade industrial, e uma diminuição do valor da fatura anual de água. Além disso, estão a ser iniciadas pesquisas para avaliar o potencial de utilização de resíduos agroindustriais na remoção de metais pesados encontrados nas águas residuais geradas por máquinas desta indústria.

Palavras-Chave: eficiência hídrica; aproveitamento de águas pluviais; indústria automóvel; metais pesados; resíduos agroindustriais.

### 1. INTRODUÇÃO

Face às recorrentes secas e escassez de recursos hídricos, a preocupação aumenta em relação às aplicações da água para consumo humano. Urge então implementar medidas para o uso sustentável da água. Tais medidas incluem a promoção da redução do consumo, redução de desperdícios e perdas, reutilização e reciclagem de água, e o uso de fontes alternativas de água (Silva *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2017). A captação de água da chuva é uma das fontes alternativas de água mais promissoras, uma vez que pode ser

facilmente captada e utilizada com ou sem tratamento adequado para fins não potáveis (Matos Silva *et al.*, 2015). Na indústria automóvel, a água é usada em muitos processos de fabrico e em todos os pontos do ciclo de vida do veículo (Mueller *et al.*, 2015). No entanto, as águas residuais dessa indústria contêm uma variedade de metais pesados e outros compostos orgânicos e inorgânicos (Zini *et al.*, 2020), que não podem ser lançados diretamente no meio ambiente (Khazaie *et al.*, 2021) através dos convencionais sistemas de drenagem.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi o de analisar o potencial de eficiência hídrica num pavilhão da indústria automóvel, tendo em vista a redução do consumo de água potável. Estão ainda a ser realizados ensaios laboratoriais com vista à remoção de metais pesados (e.g. Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) encontrados nas águas residuais geradas por algumas máquinas industriais, utilizando cascas de amêndoa, noz e castanha, que são resíduos agroindustriais muito abundantes na região transmontana, uma vez que estas culturas têm um peso muito elevado na atividade agrícola da região.

## 2. ENQUADRAMENTO

### 2.1 Consumo de água no pavilhão

O pavilhão localiza-se na Zona Industrial de Mós, Bragança, com atividade iniciada no ano de 2015, contando com 65 trabalhadores (Schulze, 2020). A cobertura do edifício é em chapa metálica, com uma **área** de cerca de 4638 m<sup>2</sup>. A partir da análise das faturas de água dos anos de 2018 e 2019 e de um questionário aplicado aos funcionários do pavilhão, estima-se que o consumo médio anual de água seja de cerca de 1.704 m<sup>3</sup>, distribuído como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa da distribuição do consumo de água no pavilhão.

Dispositivo	Consumo		%
	(m <sup>3</sup> /ano)	(m <sup>3</sup> /mês)	
Autoclismos de bacias de retrete	262,08	21,84	15
Fluxómetros de mictórios	33,84	2,82	2
Torneiras de lavatório	104,00	8,67	6
Torneira de cozinha	115,20	9,60	7
Chuveiros	76,80	6,40	5
Outros usos	1.112,08	92,67	65
Total	1.704,00	142,00	100

Neste sentido, para redução do consumo de água potável no pavilhão, é proposta a solução de aproveitamento de águas pluviais, com quatro cenários. O cenário 1, refere-se à substituição da água da rede pública de abastecimento por águas pluviais, na recarga de autoclismos. O cenário 2, envolve o cenário 1 e acrescenta a recarga de fluxómetros de mictórios, também com águas pluviais. O cenário 3, para além de incluir as medidas do cenário 2, estende-se à utilização das águas pluviais em “outros usos”, ou seja, na

lavagem do pavimento do pavilhão e nas máquinas industriais. No cenário 4, propõe-se o aproveitamento de águas pluviais nos “outros usos”. A fim de comparação, o volume do reservatório para armazenamento de águas pluviais foi dimensionado seguindo a Norma Brasileira NBR 15527 (ABNT NBR 15527:2007, 2019), a qual apresenta no seu anexo seis métodos: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano, e seguindo as disposições técnicas da Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 (ANQIP ETA 0701:2015) e o mapa auxiliar de dimensionamento do sistema (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). Assim, de acordo com a ETA 0701 o volume de água da chuva a aproveitar num determinado período foi determinado pela Eq. 1:

$$V_a = C \cdot P \cdot A \cdot n_f \quad [\text{Eq. 1}]$$

onde:  $V_a$  é o volume anual de água da chuva aproveitável (litros);  $C$  é o coeficiente de escoamento (relação entre o volume captado e o volume total de precipitação num determinado período de tempo, tendo em atenção as retenções, absorções e desvios das primeiras águas) (para coberturas impermeáveis correntes, pode usar-se o valor de 0,8);  $P$  é a altura de precipitação acumulada no período considerado (mm);  $A$  é a área de captação ( $\text{m}^2$ );  $n_f$  é a eficiência hidráulica da filtragem (pode usar-se o valor de 0,9). A precipitação média mensal em Bragança para o período 2010-2019 foi obtida recorrendo ao Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA, s.d.). De referir que para o cálculo da redução do valor da fatura anual de água consultou-se o tarifário em vigor no concelho de Bragança (CMB, 2018). A determinação da concentração de metais pesados presentes na água residual foi determinada por espectroscopia de absorção atômica, de acordo com a norma ISO 15586:2003.

## 2.2 Aproveitamento de águas pluviais no pavilhão

Foram analisados os vários cenários propostos, apresentando-se os resultados obtidos para o cenário 4 (aproveitamento de águas pluviais na lavagem do pavimento do pavilhão e nas máquinas industriais). Neste cenário, estima-se um consumo anual e mensal de água de 1.112,08  $\text{m}^3$  e 92,67  $\text{m}^3$ , respetivamente. Para os métodos de dimensionamento propostos na NBR 15527, os resultados obtidos para o volume do reservatório foram: RIPPL (105  $\text{m}^3$ ), Simulação (90  $\text{m}^3$ ), Azevedo Neto (65  $\text{m}^3$ ), Prático Alemão (67  $\text{m}^3$ ), Prático Inglês (16  $\text{m}^3$ ) e Prático Australiano (90  $\text{m}^3$ ). Para o dimensionamento simplificado presente na ETA 0701 obteve-se o valor de 100  $\text{m}^3$  e utilizando o mapa auxiliar de dimensionamento (Tabela 2) adotou-se o volume de 60  $\text{m}^3$ .

É possível verificar que há divergências entre os volumes calculados pelos diferentes métodos, de forma que a escolha do volume do reservatório pode ser feita com base em aspetos económicos e disponibilidade espacial para suportar o sistema de aproveitamento de águas pluviais. Um reservatório de 60  $\text{m}^3$  seria uma escolha adequada tendo em consideração a análise feita através de todos os métodos, e estimando-se que garanta um aproveitamento de água pluvial total de 1.058,58  $\text{m}^3$  (95,19%), sendo necessária a

utilização de água da rede pública de abastecimento apenas no mês de agosto. A área de captação do pavilhão também se mostra suficiente para suprir as necessidades. Considerando o consumo anual de água dos “outros usos” de 1.112,08 m<sup>3</sup>, depois de aplicadas as medidas espera-se uma poupança de água potável de 62,12% (redução na fatura anual de água de 3.674,42 € em relação ao valor anual inicial de 5.810,76 €). Uma análise da viabilidade técnico-económica seria um trabalho futuro importante a considerar para a determinação do tempo de retorno do investimento da solução proposta para uma possível implementação no local, tal como realizado em estudos que envolvem redução de consumos de água em edifícios (Silva *et al.*, 2021; Abrantes *et al.*, 2018).

De referir ainda, que a categoria “outros usos”, nomeadamente algumas máquinas industriais, gera uma grande quantidade de poluentes, entre os quais se destacam os metais pesados (0,60 mg L<sup>-1</sup> de Cu, 0,45 mg L<sup>-1</sup> de Cr, 1,39 mg L<sup>-1</sup> de Ni, 0,21 mg L<sup>-1</sup> de Pb e 3,30 mg L<sup>-1</sup> de Zn). Como esperado, a maioria das concentrações estão acima do limite recomendado (Dec.-Lei n 236/98 de 1 de agosto). A equipa está a realizar pesquisas para avaliar o uso de resíduos agroindustriais (cascas de amêndoa, noz e castanha) para remoção de metais pesados das águas residuais geradas e possível tratamento no próprio local. Segundo Madela & Skuza (2021), a biossorção parece ser uma potencial alternativa às tecnologias convencionais para remoção ou recuperação de metais pesados de água ou efluentes.

Tabela 2. Dimensionamento do volume do reservatório.

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Volume aproveitável de chuva (m <sup>3</sup> )	Disponibilidade de Consumo (m <sup>3</sup> )	Volume adotado para o reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume de água no fim do mês (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )
outubro	93,33	92,67	311,66	218,99	60,00	60,00	0,00
novembro	102,23	92,67	341,38	248,71		60,00	0,00
dezembro	104,11	92,67	347,66	254,99		60,00	0,00
janeiro	101,10	92,67	337,61	244,94		60,00	0,00
fevereiro	91,45	92,67	305,38	212,71		60,00	0,00
março	77,95	92,67	260,30	167,63		60,00	0,00
abril	81,24	92,67	271,29	178,62		60,00	0,00
maio	51,72	92,67	172,71	80,04		60,00	0,00
junho	37,52	92,67	125,29	32,62		60,00	0,00
julho	10,17	92,67	33,96	-58,71		1,29	0,00
agosto	11,34	92,67	37,88	-54,79		0,00	53,50
setembro	36,10	92,67	120,55	27,88		27,88	0,00
Total	798,26	1.112,08	2.668,69				53,50

### 3. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra que o uso da água da chuva deve ser promovido. As medidas propostas, se implementadas, poderão permitir a redução do consumo de água potável nesta indústria e conseqüentemente dos impactos ambientais da atividade industrial. Também contribuem para minimizar os picos de cheias em períodos de precipitação e os riscos de escassez de água na região.

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi financiado com recurso a fundos nacionais FCT/MCTES ao CIMO (UIDB/00690/2020), ao FibEnTech (UIDB/00195/2020) e ao GeoBioTech-UBI (UIDB/04035/2020).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 15527 (2007) Água de chuva - Aproveitamento de coberturas para fins não potáveis - Requisitos.
- ABNT NBR 15527 (2019) Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos.
- Abrantes S, Silva F, Albuquerque A (2018) Recycling of rainwater in a social and cultural center. *Proceedings*, 2 (20), 1276, <https://doi.org/10.3390/proceedings2201276>
- ANQIP ETA 0701 (2015) Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP). Versão 9.
- CMB (2018) Tarifário de abastecimento de água: Município de Bragança (Edital n.º 63/2018). Disponível em: <<https://www.apfn.com.pt/estudoagua/2018/ficha59.pdf>> Acesso em 6 de abril de 2022.
- Dec.-Lei n 236/98 de 1 de agosto. Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.
- IPMA. Disponível em: <<https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=-1>> Acesso em 6 de abril de 2022.
- ISO 15586 (2003) Water quality. Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace. International Organization for Standardization, Technical Specification, Suíça.
- Khazaie F, Shokrollahzadeh S, Bide Y, Sheshmani S, Shahvelayati A S (2021) High-Flux sodium alginate sulfate draw solution for water recovery from saline waters and wastewaters via forward osmosis. *Chemical Engineering Journal*, 417, 129250, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129250>
- Madeła M, Skuza M (2021) Towards a circular economy: Analysis of the use of biowaste as biosorbent for the removal of heavy metals. *Energies*, 14(17), 5427, <https://doi.org/10.3390/en14175427>
- Matos Silva C, Sousa V, Carvalho N V (2015) Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling* 94, 21-34, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.004>

Mueller S A, Carlile A, Bras B, Niemann T A, Rokosz S M, McKenzie H L, Kim C J, Wallington T J (2015) Requirements for water assessment tools: An automotive industry perspective. *Water Resources and Industry*, 9, 30-44, <https://doi.org/10.1016/j.wri.2014.12.001>

Rodrigues F, Silva-Afonso A, Pinto A, Macedo J, Santos A S, Pimentel-Rodrigues C (2017) Increasing water and energy efficiency in university buildings: a case study. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 4571-4581, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04990-w>

Schulze M (2020) Avaliação do potencial de eficiência hídrica num pavilhão industrial: Soluções de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de águas pluviais (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/22532>

Silva F, Antão-Geraldes A M, Zavattieri C, Afonso M J, Freire F, Albuquerque A (2021) Improving Water Efficiency in a Municipal Indoor Swimming-Pool Complex: A Case Study. *Applied Sciences*, 11 (22), 10530, <https://doi.org/10.3390/app112210530>

Silva-Afonso A, Pimentel-Rodrigues C (2017) Manual de eficiência hídrica em edifícios. ANQIP: Aveiro.

Zini L P, Longhi M, Jonko E, Giovanela M (2020) Treatment of automotive industry wastewater by electrocoagulation using commercial aluminum electrodes. *Process Safety and Environmental Protection*, 142, 272-284, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.06.029>



## Organização



## Patrocinadores

Platina



Gold



Prata



Apoios

