



Para uma política da água em Portugal - o
contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021

ONLINE

UTILIZAÇÃO DE LEITOS FLUTUANTES PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE MASSA DE ÁGUA SUPERFICIAL - O CASO DA RIBEIRA DO ROXO -

Teresa CARVALHOS^{1,4}, Anabela DURÃO², Adelaide ALMEIDA^{1,4}, Ana PARDAL¹, Izabel
PARENTE¹, Valter LOPES³, António PARREIRA³, Carlos MARQUES³

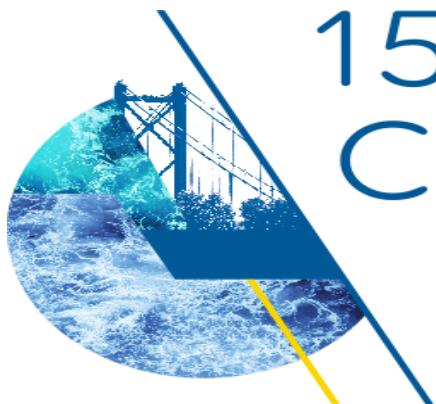


ASSOCIAÇÃO DE
BENEFICIÁRIOS DO
ROXO

1. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior Agrária, Rua Pedro Soares - Campus do IPBeja, 7800-295 Beja, 2. Instituto Politécnico de Beja
2. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Rua Pedro Soares - Campus do IPBeja, 7800-295 Beja:
3. Associação de Beneficiários do Roxo, Estrada Nacional nº383, Montes Velhos
4. FINTECH- Materiais Fibrosos e Tecnologias Ambientais , Rua Marquês de Ávila e Bolama- 6201 Covilhã, Portugal



IPBeja
INSTITUTO POLITÉCNICO
DE BEJA



15º CONGRESSO DA ÁGUA

**Para uma política da água em Portugal - o
contributo da APRH**

**22 a 26 de março de 2021
ONLINE**

- 1. Enquadramento**
- 2. Objetivo**
- 3. Metodologia**
- 4. Resultados e Discussão**
- 5. Conclusões**



15° CONGRESSO DA ÁGUA

Para uma política da água em Portugal - o
contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021

ONLINE

1. Enquadramento

Os resultados do projeto QARSC (Borrvalho& Durão, 2016)

Evidenciaram a má qualidade da água da ribeira do Roxo para a qual contribuem os seus principais afluentes/ actividades limítrofes.



Actividades agrícolas



Exploração mineira existente na bacia hidrográfica



Explorações agro-pecuárias

1. 1. Medidas de Eco-Reabilitação

Os projetos de reabilitação de rios (alternativamente chamados de Eco-reabilitação) têm como objetivo remediar os corpos de água modificados e degradados (United Nations, 2015).

A reabilitação e restauração fluvial abrangem uma grande variedade de medidas (Durão, 2013)

- Galerias ripícolas;
- Estabilidade das margens;
- Zonas húmidas e
- Leitos Flutuantes

1.2. Leitos Flutuantes

- Os leitos flutuantes (LFs) consistem na criação de um meio artificial flutuante (isto é, uma jangada flutuante), à qual foram plantadas macrófitas emergentes com capacidade de fitorremediação.
- Estes são colocados diretamente na superfície da água e as raízes das plantas ficam total ou parcialmente imersas, não devendo ocorrer obstrução do seu crescimento.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

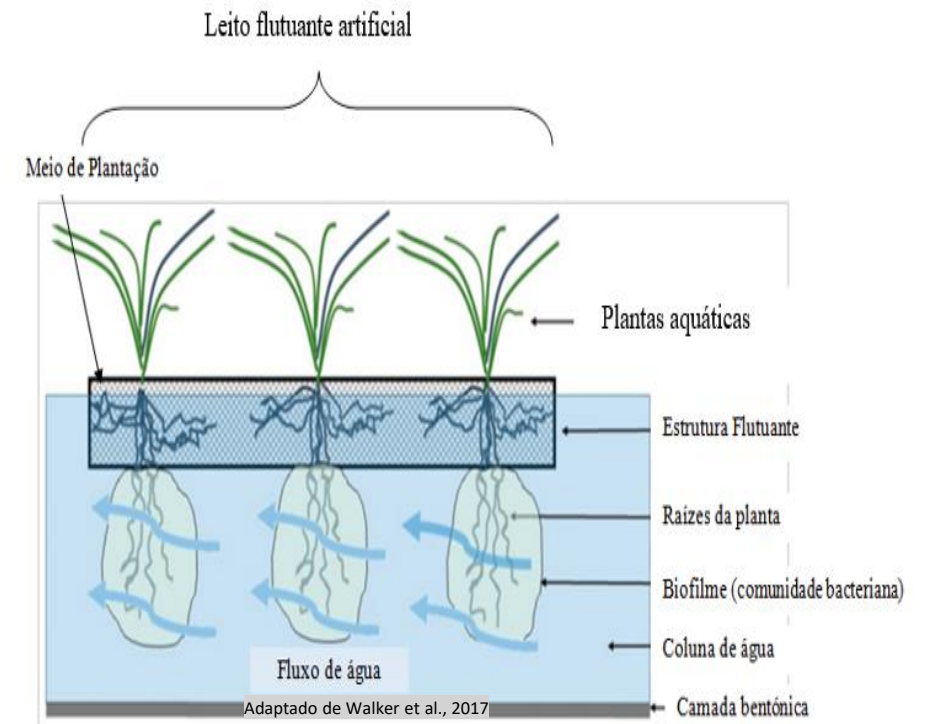


Fig.1. Esquema de um leito flutuante.



Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

2.Objetivo

Testar, à escala piloto, a tecnologia de leitos flutuantes (LFs) utilizando jangadas flutuantes com duas espécies de macrófitas, *Phragmites australis* e *Vetiveria zizanioides*, com a finalidade melhorar a qualidade da água, em especial os metais pesados (Zn, Cu, Fe e Mn) da água da Ribeira do Roxo, contribuindo assim, para a sua melhoria e eventual utilização para rega. **(Projeto GreenEcoRoxo).**



3. Metodologia

- SO_4^{2-} , Cl^- , Salinidade, Cu, Fe e Mn, excedem os valores máximos recomendados (VMR);
- Zn acima do valor máximo admissível (VMA).

Não está apta para rega.

Incumprimento do parâmetro NH_4^+

Estado ecológico mau, quando avaliada apenas para os parâmetros físico-químicos.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

Tabela1. Caracterização físico-química da qualidade da água da Ribeira do Roxo .

Parâmetros	Unidades	Qualidade da Ribeira do Roxo	Qualidade das águas destinadas à rega Decreto-Lei n.º 236/98 (Anexo XVI)		Estado Ecológico Instituto da Água, 2009
			VMR	VMA	
pH	Escala de Sorensen	6,2 ± 1,6	6,5-8,4	4,5-9,0	6-9
T_w	°C	17 ± 2	-	-	-
Eh	mV	522 ± 19	-	-	-
B^{3+}	mg/L	0,2 ± 0,1	0,3	3,75	-
CE	µS/cm 20°C	1 813 ± 117	-	-	-
OD	mg/L	7 ± 1	-	-	≥5
CQO	mg/L O_2	23 ± 3	-	-	-
CBO_5	mg/L O_2	4 ± 0,0	-	-	≤6
PO_4^{3-}	mg/L	0,007 ± 0,001	-	-	-
P_{total}	mg/L	0,01 ± 0,01	-	-	≤0,13
Nkj	mg/L	4 ± 1	-	-	-
NH_4^+	mg/L	2 ± 1	-	-	≤1
NO_3^-	mg/L	7 ± 1	50	-	≤25
SO_4^{2-}	mg/L	826 ± 31	575	-	-
F ⁻	mg/L	1,0 ± 0,0	1,0	15	-
Cl^-	mg/L	700 ± 21	70	-	-
SST	mg/L	19 ± 1	60	-	-
SDT	mg/L	1 238 ± 232	-	-	-
Zn	mg/L	13,0 ± 2,1	2,0	10,0	-
Fe	mg/L	7,7 ± 0,8	5,0	-	-
Cu	mg/L	3,3 ± 0,7	0,20	5,0	-
Mn	mg/L	7,3 ± 1,2	0,20	10	-
SAR	-	2 ± 1	8	-	-

Phragmites australis

Gramínea de natureza cosmopolita, tem sido amplamente estudado, especialmente para a redução da contaminação ambiental (Köbbing et al., 2013).

Algumas das características principais desta planta, são:

- ❖ Tolerante a salinidade moderada (Canais-Seco, Peres, & Bentes, 2008);
- ❖ Resistente a pH entre 2 e 8 (Canais-Seco, Peres, & Bentes, 2008);
- ❖ Resistente a temperaturas entre 6,6°C e 26,6°C (Canais-Seco, Peres, & Bentes, 2008);
- ❖ Alto potencial de remoção de metais (Srivastava et al., 2014);
- ❖ Remove pesticidas organoclorados (Guo et al., 2014) e
- ❖ É considerada como uma macrófita invasora (Uddin & Robinson, 2018).



Adaptado de Remesh et al., 2018

Fig.2. imagem de *Phragmites australis*.

Vetiveria zizanioides

Principais características da planta (Brix., 2003; Almeida., 2017):

- ❖ Grande e profundo sistema radicular;
- ❖ Consegue suportar uma ampla faixa de pH (3,3 a 9,5);
- ❖ Resiste a altos níveis de saturação de Al, Mn e metais pesados;
- ❖ Tem alta eficiência na remoção de nutrientes como azoto e fósforo;
- ❖ Tolerar temperaturas do ar entre -20°C e 60°C e
- ❖ Eficaz na retenção de herbicidas.
- ❖ Tolerar solos sódicos, salinos, alcalinos e
- ❖ Apesar de não ser nativa de Portugal, não é considerada uma espécie invasora segundo o Decreto-Lei n.º 92/2019.



Adaptado de Panja et al., 2018

Fig.3. imagem de *Vetiveria zizanioides*.

3.1. Instalação piloto

- Leito 1 (LF1)- Jangada flutuante com *Phragmites australis* e água da Ribeira do Roxo (800L);
- Leito 2 (LF2)- Jangada flutuante com *Vetivertia zizanioides* e água da Ribeira do Roxo (800L).

3.2. Procedimento experimental

- Ensaios em “Batch”, com renovação mensal de afluente de janeiro a junho 2019 (local de colheita: coordenadas GPS: 37.944685-8.153876).
- Monitorização mensal da qualidade físico-química da água dos leitos (Afluente e Efluentes 1 e 2) e monitorização das plantas (crescimento e produção de biomassa, acumulação dos metais Fe, Zn, Cu e Mn).

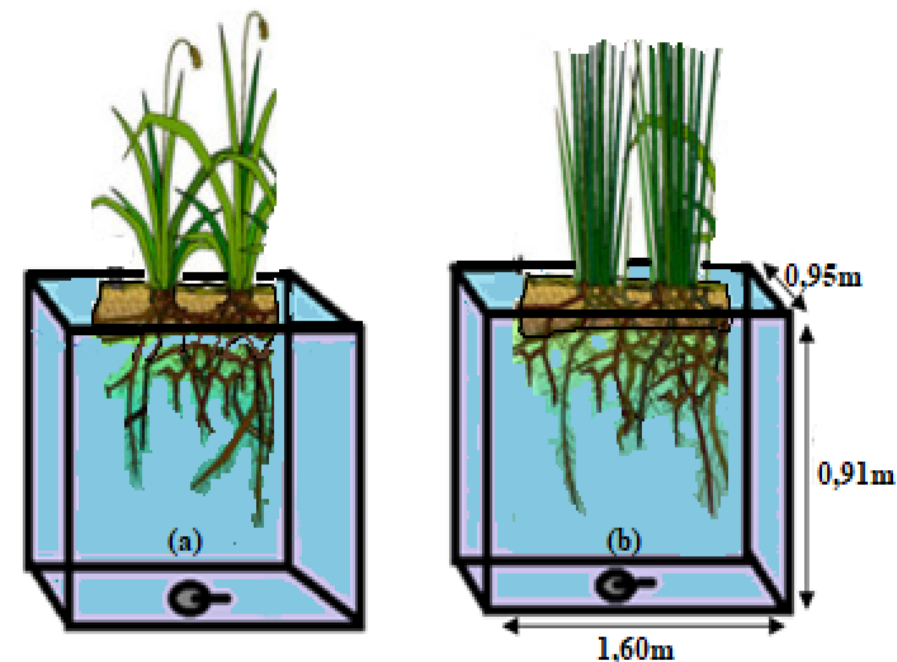


Fig.4. Esquema geral da instalação piloto (a) Leito 1 (LF1) e (b) Leito 2 (LF2).

4. Resultados e Discussão

Eficiência média de remoção de metais

Mn

- 16% - Efluentes 1 (LF1) - *Phragmites australis* consegue remover concentrações elevadas de Mn (Srivastava et al., 2014).
- 14% - Efluentes 2 (LF2)

Todos os valores, se bem que abaixo do VMA, ainda muito distantes do VMR.

Zn

- 17% - Efluentes 1 (LF1) – Valores abaixo do VMA (janeiro, fevereiro e junho)
- 25% - Efluentes 2 (LF2) – Só se verificou excedência do VMA no mês de abril.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021

ONLINE

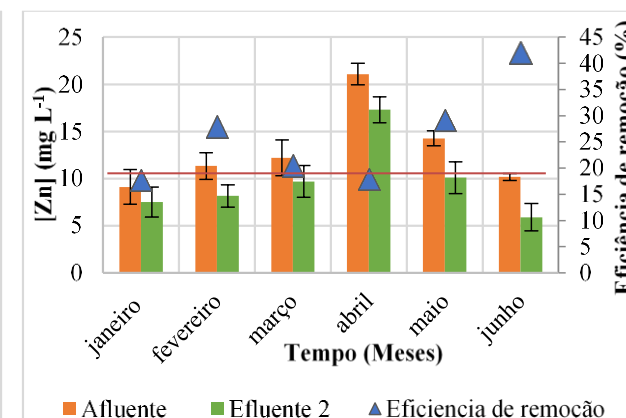
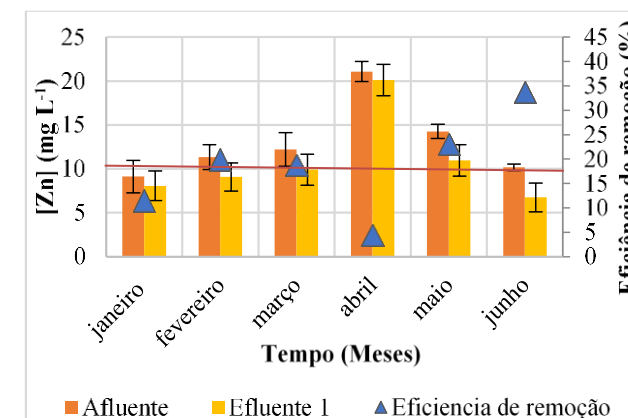
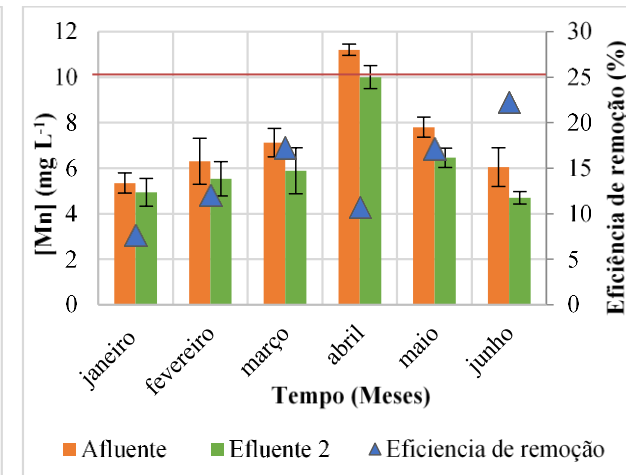
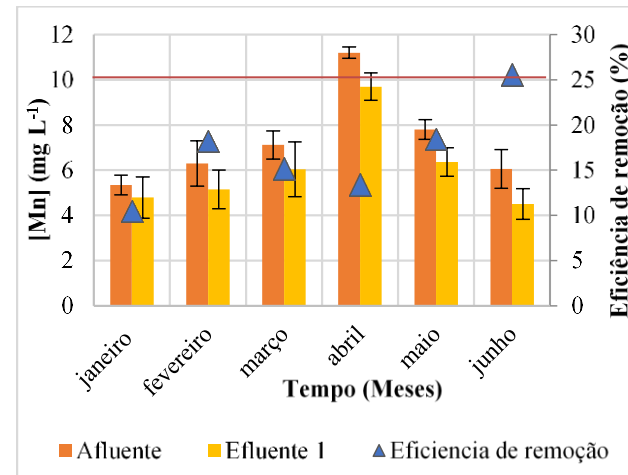


Fig 5. Evolução dos teores de metais Manganês (Mn) e Zinco (Zn) nos Afluentes, Efluentes 1 e Efluentes 2, e respetiva eficiência de remoção, durante o período de monitorização (Média ± D.P.: n=3).

15° CONGRESSO DA ÁGUA

Eficiência média de remoção de metais

Cu

- 6% - Efluentes 1 (LF1)
- 15% - Efluentes 2 (LF2)

Todos os valores foram inferiores ao VMA, à exceção do mês de abril, em ambos os Efluentes.

Fe

- 27% - Efluentes 1 (LF1) – Valores próximos do VMR nos meses de fevereiro, março e maio.
- 40% - Efluentes 2 (LF2) - Só valores superiores ao VMR no mês de abril.

De um modo geral, a remoção deste metal foi a mais eficiente de todos os monitorizados.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

**22 a 26 de março de 2021
ONLINE**

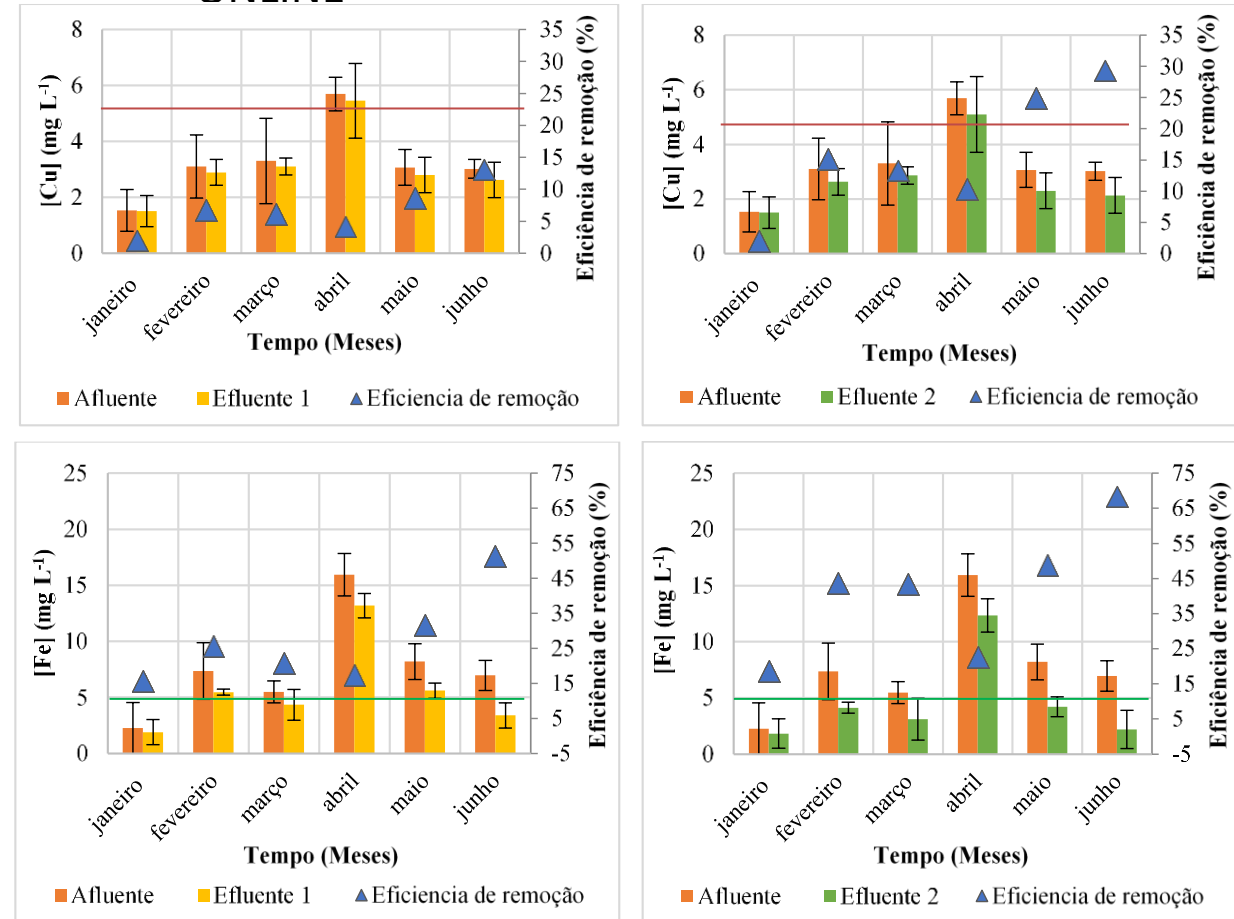


Fig.6. Evolução dos teores de metais Cobre (Cu) e Ferro (Fe) nos Afluentes, Efluentes 1 e Efluentes 2, e respetiva eficiência de remoção, durante o período de monitorização (Média ± D.P.:n=3).



Fitorremediação de metais pesados pelas macrófitas

A concentração de metais é superior nas raízes que na parte aérea (Bonanno, 2011; Suelee et al., 2017).

A ordem de acumulação na *Vetiveria zizanioides* foi de $Fe > Zn > Cu > Mn$ para a biomassa radicular e $Fe > Zn > Mn > Cu$ para a biomassa foliar.

A ordem de acumulação na *Phragmites australis* foi de $Fe > Zn > Mn > Cu$ para a biomassa radicular e $Fe > Mn > Zn > Cu$ para a biomassa foliar.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

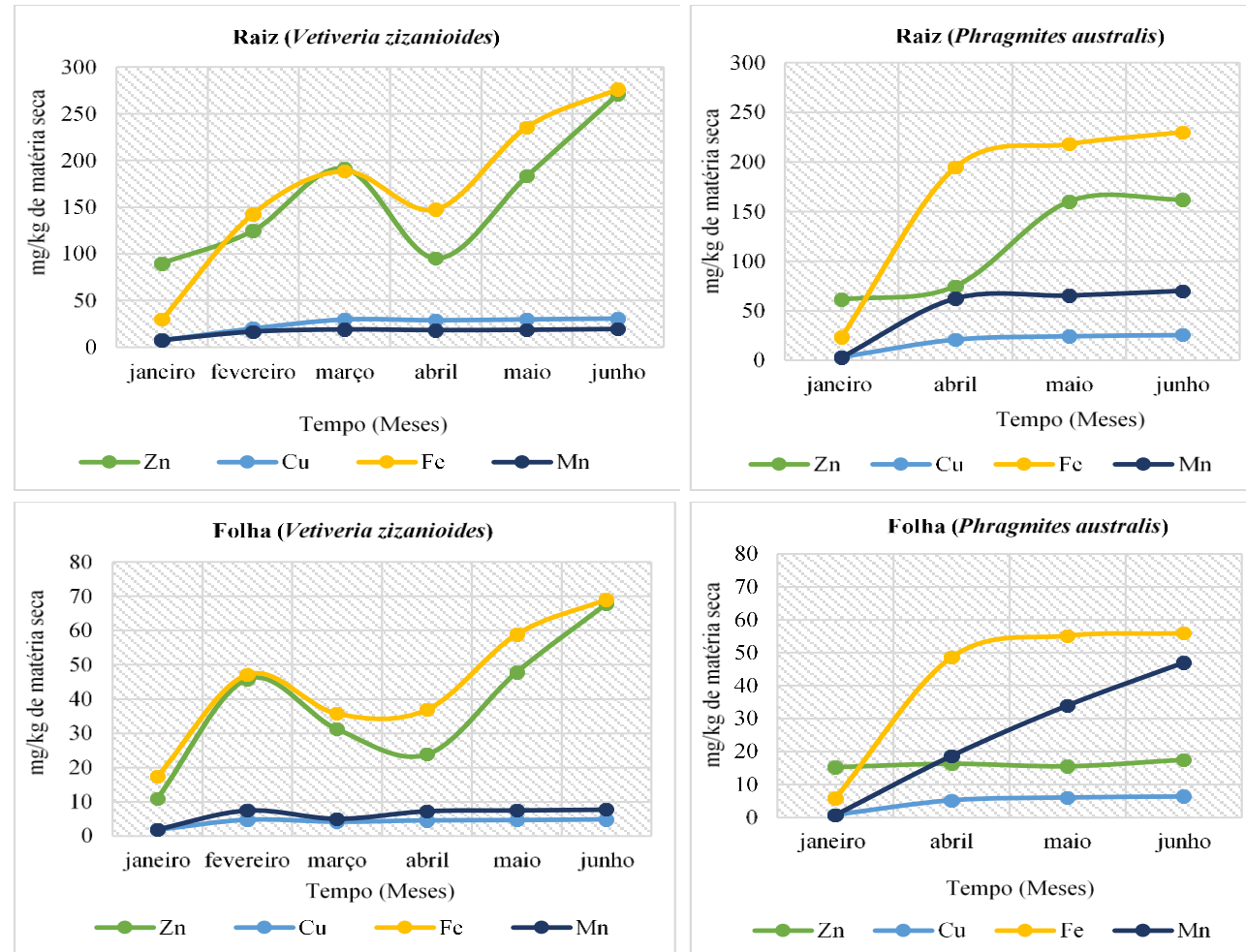


Fig.7. Acumulação de Zn, Cu, Fe e Mn, na zona radicular e foliar de *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis*.

15° CONGRESSO DA ÁGUA

Fator de Bioconcentração
e
Fator de Translocação

Phragmites australis

$FBC > 1$

$FT < 1$

Apta para fitoremediação por rizofiltração.

FBC -Fator de Bioconcentração - Capacidade das plantas para acumular metais em relação à concentração do meio.

FT-Fator de Translocação - Capacidade da planta de extrair metais da raiz para a parte aérea.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021

ONLINE

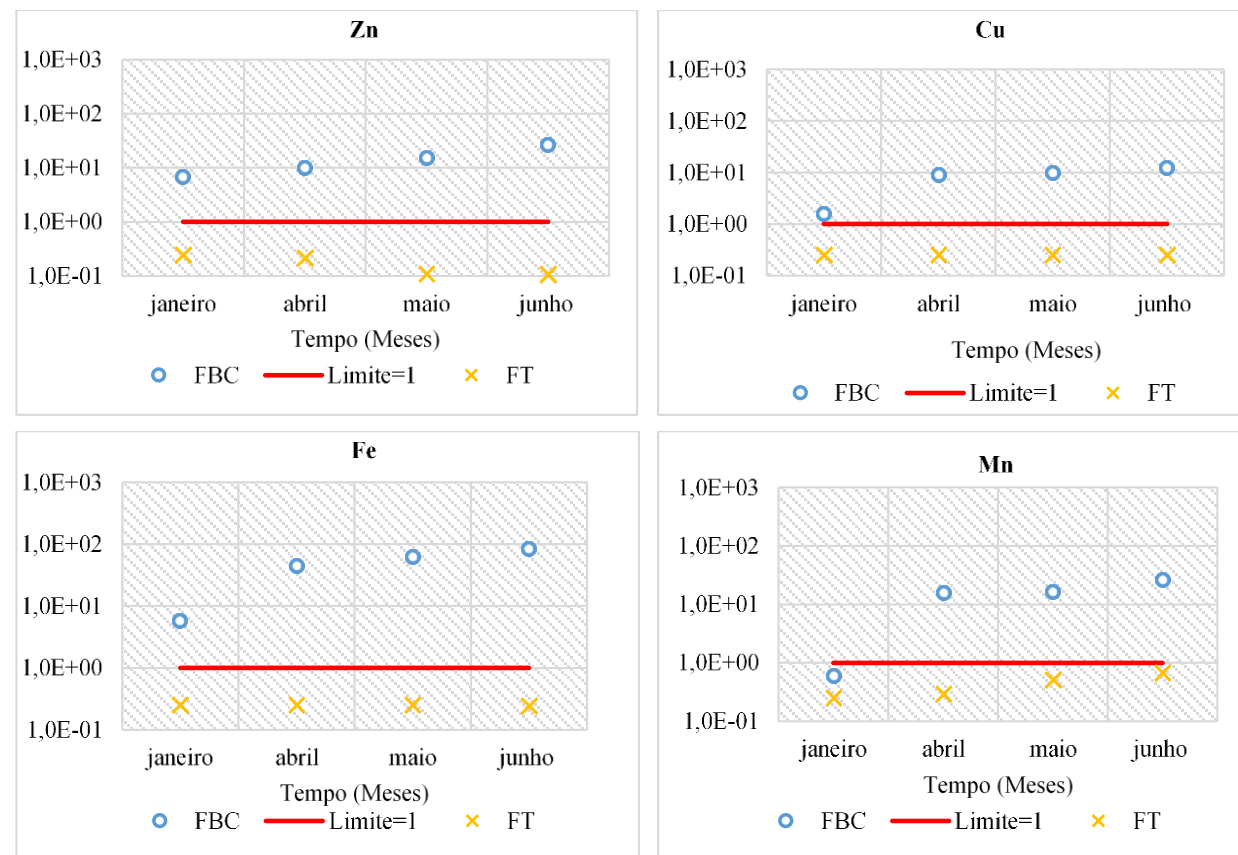


Fig.8. Evolução do Fator de Bioconcentração (FBC) (○) e Fator de Translocação (FT) (×) em *Phragmites australis* para os elementos: Zn, Cu, Fe e Mn.



Fator de Bioconcentração
e
Fator de Translocação

Vetiveria zizanioides

$FBC > 1$

$FT < 1$

Apta para fitoremediação por rizofiltração.

Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

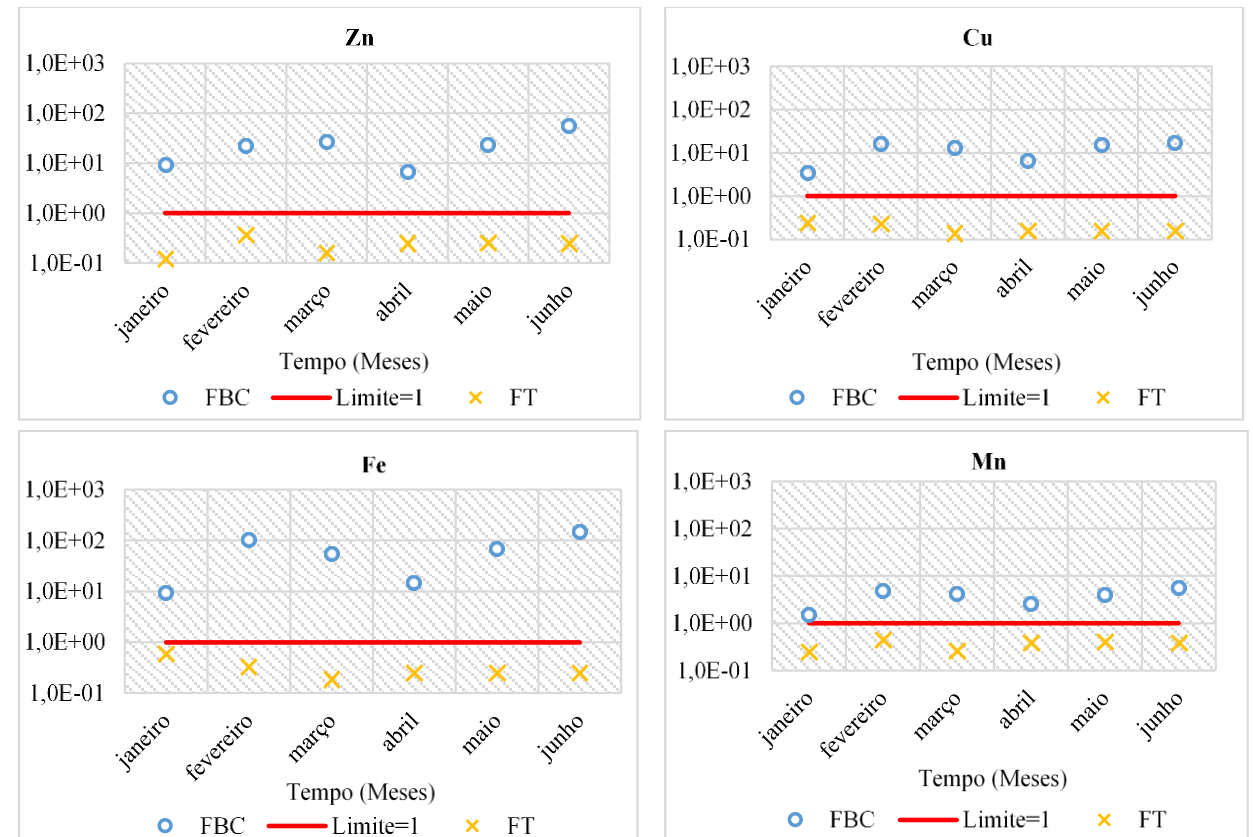


Fig.9. Evolução do Fator de Bioconcentração (FBC) (○) e Fator de Translocação (FT) (x) em *Vetiveria zizanioides* para os elementos: Zn, Cu, Fe e Mn.

Taxa de crescimento e produção de biomassa

Phragmites australis

- taxa de crescimento radicular foi de $4,1 \pm 0,2$ cm/mês e
- taxa de crescimento foliar foi de $2,5 \pm 0,0$ cm/mês.

Vetiveria zizanioides

- taxa de crescimento radicular foi de $3,8 \pm 0,1$ cm/mês e
- taxa de crescimento foliar foi de $7,1 \pm 0,3$ cm/mês.

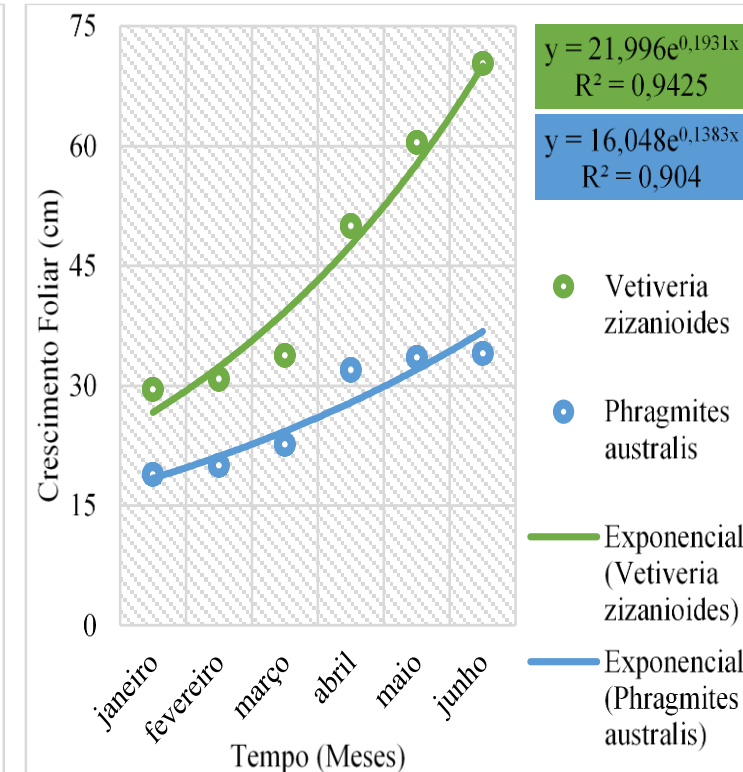
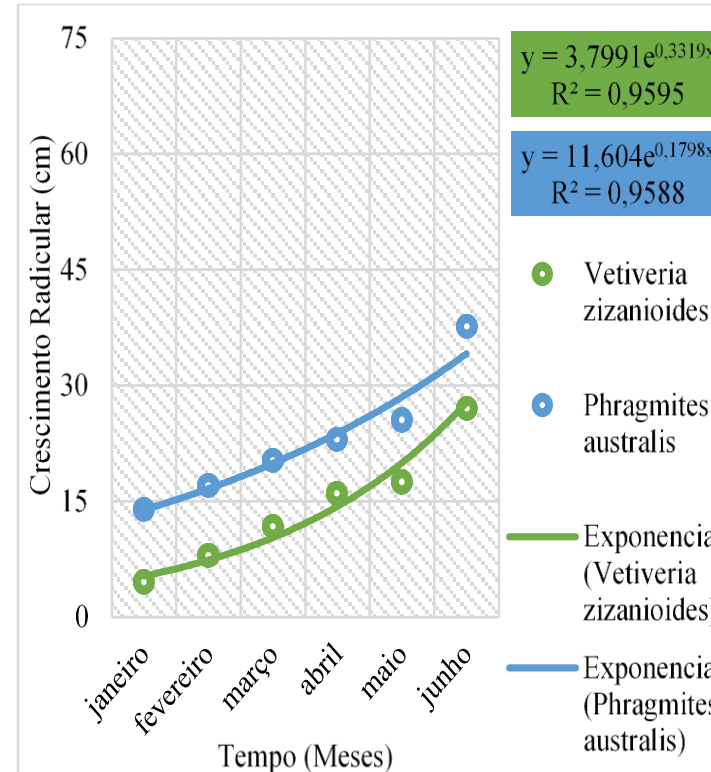


Fig.10. Taxa de crescimento médio da biomassa radicular e foliar *Phragmites australis* e *Vetiveria zizanioides*. (Média $\pm$ D.P.: n=3).



Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

Taxa de crescimento e produção de biomassa

Tabela 2. Produção total de biomassa foliar e radicular (Média $\pm$ D.P:n=6).

Macrófitas					
<i>Phragmites australis</i> (g m ⁻² MS)			<i>Vetiveria zizanioides</i> (g m ⁻² MS)		
Folha	Raiz	Total	Folha	Raiz	Total
515 $\pm$ 74	2 728 $\pm$ 396	3 243 $\pm$ 470	1 041 $\pm$ 248	3 858 $\pm$ 454	4 859 $\pm$ 702

- Produção de biomassa total foi baixa em ambas as plantas, tendo a *Vetiveria zizanioides* obtido valores mais elevados.

A inibição do crescimento e produção de biomassa em ambas as macrófitas pode ser explicado por:

- (i) Temperaturas baixas registadas nos primeiros meses de monitorização,
- (ii) Aparecimento de algas que se fixaram na zona radicular impedindo o crescimento das raízes e das folhas;
- (iii) Teores de nutrientes baixos e
- (iv) Teores de metais elevados.



Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

7. Conclusões

- A Caracterização Físico-Química da água da Ribeira do Roxo demonstrou, entre outros, elevados teores de metais (Fe, Zn, Mn, Cu), sulfatos, cloretos e baixos níveis de nutrientes, estando inapta para rega.
- A qualidade da água dos Efluentes em estudo, mostrou melhorias para o período de monitorização de 6 meses, principalmente na eficiência de remoção de metais pesados, sulfatos e cloreto. No LF 2 (*Vetiveria zizanioides*), Fe=40%; Zn=25%; Cu=15%; Mn=14%, SO_4^{2-} =18% e Cl^- = 11% e no LF1 (*Phragmites australis*), Fe=27%; Zn=17%; Mn=16%; Cu=6%, SO_4^{2-} =10% e Cl^- =5%.
- O crescimento das macrófitas evidenciaram capacidade de sobrevivência neste tipo de meio com baixos teores de nutrientes, sem a ocorrência de dano severo na sua morfologia externa e anatômica, embora com alguma inibição do crescimento.



Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE

- O mecanismo de fitoremediação utilizado por ambas as macrófitas parece ser a rizofiltração.
- Embora tenha ocorrido diminuição em quase todos os parâmetros físico-químicos analisados, ainda não foi possível concluir acerca da eficácia deste tipo de tratamento quando colocado à escala real.



Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

**22 a 26 de março de 2021
ONLINE**

Referências Bibliográficas

- Almeida, A. A. M. (2017). Fitorremediação: uma tecnologia sustentável para remoção de compostos de azoto em águas residuais. Lição apresentada no âmbito das Provas Publicas de Avaliação de Competências Pedagógicas e Tecno-Científicas na área da disciplinar de tecnologia do ambiente, Instituto Politécnico de Beja, 1-187. Obtido a 21 de maio de 2019.
- Borralho, T., Durão, A. (2016). Qualidade da Água da Albufeira do Roxo na Dinâmica dos Solos e Culturas Agrícolas (QARSC). Associação de Regantes do Roxo, Instituto Politécnico de Beja, Universidade de Évora. pp. 25-45.
- Brix, H. (2003). Plants used in constructed wetlands and their functions. 1 St. International Seminar on the Use of Aquatic Macrophites for Wastewater Treatment in Constructed Wetlands, 68(December), 30. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2014.05.01.3>
- Canais-Seco, T., Peres, J. A., & Bentes, I. (2008). Avaliação De Leitões De Macrófitas No Tratamento De Águas Residuais Domésticas Em Portugal: Sistemas De Fluxo Sub-Superficial Horizontal. 9º Congresso Da Água, 14.
- Decreto-Lei n.º 236/98. (1998). Ministério do Ambiente, 1 de Agosto de 1998. Diário Da República I Série A, Nº 178, 3676–3722.
- Durão, A. C. R. (2013). Estratégias para a melhoria da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ardila. Tese elaborada na Universidade de Évora, para a obtenção do grau de doutor em Ciências da Engenharia do Território e Ambiente, Évora. Obtido em 19 de março de 2019.
- Guo, Wei, Zhang, H., & Huo, S. (2014). Organochlorine pesticides in aquatic hydrophyte tissues and surrounding sediments in Baiyangdian wetland, China. *Ecological Engineering*, 67, 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.047>
- Instituto da Água. (2009). Critérios para a classificação do estado das massas de água superficiais. *Ministério Do Ambiente, Ordenamento Do Território e Do Desenvolvimento Regional*.
- Köbbing, J., Thevs, N., & Zerbe, S. (2013). The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat*, 13(01), 1–14.
- Srivastava, J., Kalra, S. J. S., & Naraian, R. (2014). Environmental perspectives of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex. Steudel. *Applied Water Science*, 4(3), 193–202. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0142>

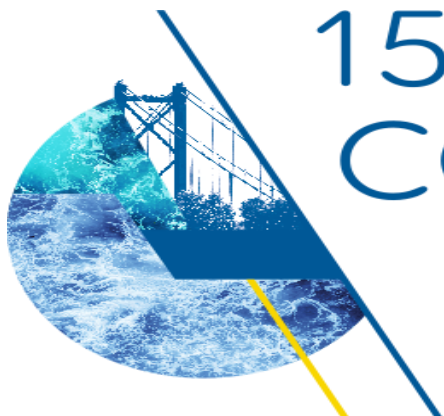


Para uma política da água em Portugal - o contributo da APRH

**22 a 26 de março de 2021
ONLINE**

- Suelee, A. L., Hasan, S. N. M. S., Kusin, F. M., Yusuff, F. M., & Ibrahim, Z. Z. (2017). Phytoremediation Potential of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Treatment of Metal-Contaminated Water. *Water, Air, and Soil Pollution*, 228(4), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3349-x>
- United, N. (2015). International Initiative on Water Quality. International Hydrological Programme.
- Uddin, M. N., & Robinson, R. W. (2018). Can nutrient enrichment influence the invasion of *Phragmites australis*? *Science of the Total Environment*, 613–614, 1449–1459. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.131>
- Walker, C., Tondera, K., & Lucke, T. (2017). Stormwater treatment evaluation of a Constructed Floating Wetland after two years operation in an urban catchment. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su9101687>
- Bonanno, G. (2011). Trace element accumulation and distribution in the organs of *Phragmites australis* (common reed) and biomonitoring applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(4), 1057–1064. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.01.018>
- Panja, S., Sarkar, D., & Datta, R. (2018). Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) is capable of removing insensitive high explosives from munition industry wastewater. *Chemosphere*, 209, 920–927. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.155>

Trabalho enquadrado no P



15º CONGRESSO DA ÁGUA

Para uma política da água em Portugal - o
contributo da APRH

22 a 26 de março de 2021
ONLINE



Muito obrigado pela atenção!!!!

mtcarvalhos@ipbeja.pt