



Relatório Anual de Progresso 2019

Nº do Grupo Operacional: 158

Nº dos Projectos que integram o grupo operacional:

Designação do plano de acção: Utilização de leitos flutuantes para melhoria da qualidade da massa de água superficial. GreenEcoRoxo.

Data de início do plano de acção: 2017-01-09

Data de conclusão do Plano e acção: 2021-12-16

Data do Relatório de progresso: 2020-02-27

Associação de Beneficiários do Roxo

Fase 1: Sistematização da informação existente relativa à qualidade da água e caracterização do sobrenadante existente na massa de água

Fase 1.2. e Fase 1.3. Recolha de amostras de sobrenadante existente na massa de água e sua caracterização analítica:

Esta tarefa, à semelhança de 2018, não foi executada porque o curso de água não apresentou o desenvolvimento de sobrenadante.

Fase 2: Determinação da qualidade da água e sedimentos

- **Recolha de amostras:** As amostras foram recolhidas como calendarizado nos pontos seleccionados inicialmente.

- **Caracterização Analítica:** como nos anos anteriores ficou a cargo do Instituto Politécnico de Beja.

Fase 4. Instalação, manutenção e controlo dos leitos flutuantes à escala real

Os trabalhos executados foram condicionados pelo atraso verificado no início do projecto, reportado anteriormente e pela demora no fornecimento das plantas requeridas. No entanto desde outubro de 2019, data da entrega das mesmas, que participamos no processo de aclimatização das plantas *Vetiveria Zizanioides*, assegurando o transporte grandes volumes de água do leito onde serão colocados à escala real, para o local onde está a decorrer a aclimatização.

Fase 5. Difusão dos Resultados

- Carlos MARQUES, Teresa CARVALHOS (2019). GreenEcoRoxo- Utilização de leitos flutuantes para melhoria da qualidade da massa de água superficial. Agri Cimeira 2019. Ferreira do Alentejo, 23 de Outubro 2019. (Apresentação oral e poster).



-Teresa Borralho, David Gago, Almeida Adelaide (2019). Study of the application of floating beds of macrophytes (*Vetiveria Zizanioides* and *Phragmites Australis*) in pilot scale for removal of heavy metals of Água Forte stream in Alentejo region (Portugal). 9th International Scientific-Technical Conference Environmental Engineering, Photogrammetry, Geoinformatics - Modern Technologies and Development Perspectives. 16-20 September 2019. Lublin (Poland) (Comunicação em Poster).

- Gago; A. Almeida; A. Durão; I. Parente; T. Borralho (2019). Avaliação do desempenho de *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* na remoção de metais pesados em água superficial com características de drenagem mineira ácida. 5º Simpósio Produção e Transformação de Alimentos em Ambiente Sustentável. Escola Superior Agraria do Instituto Politécnico de Beja, 7 de junho de 2019 (Comunicação em Poster).

-Igor MATIA, Adelaide ALMEIDA, Teresa CARVALHOS, Izabel PARENTE, David GAGO, Anabela DURÃO (2019). Comparação dos valores, medidos in situ, na coluna de água de pH, Potencial entre a ribeira de Água Forte e a instalação à escala piloto. Maratona Académica por Moçambique. Instituto Politécnico de Beja, 27 de maio de 2019. (Comunicação em Poster).

Instituto Politécnico de Beja

Fase 1. Sistematização da informação existente relativa à qualidade da água e caracterização do sobrenadante existente na massa de água

A sistematização da informação relativa à qualidade da Água da Ribeira do Roxo continuou a ser atualizada com os dados obtidos em 2019.

Fase 1.2. e Fase 1.3. Recolha de amostras de sobrenadante existente na massa de água e sua caracterização analítica:

Esta tarefa, à semelhança de 2018, não foi executada porque o curso de água não apresentou o desenvolvimento de sobrenadante.

Fase 2. Determinação da qualidade da água e sedimentos

2.1. Recolha de amostras

Continuou-se a executar esta tarefa consolidando assim, a representatividade dos resultados obtidos. Esta tarefa foi executada como previsto.



2.2. Caracterização Analítica

Tabela 1. Caracterização da qualidade da água da Ribeira do Roxo no ano tendo em conta os resultados de 2019.

Parâmetros	Unidades	Qualidade da Ribeira de Água Forte	Qualidade das águas destinadas à rega Decreto-Lei n.º 236/98	
pH		6.6	6.5 - 8.4	4.5 - 9.0
T	°C			
CE	µS/cm (20°C)	454.5		
OD	%	64.3		
CQO	mg O ₂ /L	8.9		
Nkj	mg/L	8.2		
NH ₄ ⁺	mg/L	4.1		
NO ₃ ⁻	mg/L	0.98	50	–
NO ₂ ⁻	mg/L	<LD		
SO ₄ ²⁻	mg/L	391.5	575	–
Cl ⁻	mg/L	287.5	70	–
Na ⁺	mg/L	63.4		
K ⁺	mg/L	7.9		
Ca ²⁺	mg/L	189		
Mg ²⁺	mg/L	76.7		
P total	mg/L	11.6		
P ₂ O ₅	mg/L	1.6		
Zn	mg/L	3.7	2.0	10.0
Fe	mg/L	0.5	5.0	–
Cu	mg/L	0.6	0.2	5.0
Ni	mg/L	0.4	0.5	2.0
Cd	mg/L	<LD	0.01	0.05
Pb	mg/L	<LD	5.0	20
Mn	mg/L	2.2	0.2	10
SAR	meq/L	2	8	–

No ano de 2019 a água da Ribeira do Roxo manteve a classificação de ser imprópria para rega tendo apresentado como principais problemas os teores elevados de cloretos (Cl⁻) e metais pesados, nomeadamente: Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Manganês (Mn). Os níveis de oxigénio dissolvido (OD) são também relativamente baixos. O nível de nutrientes mantém-se baixos, se bem que os compostos de fósforo mostrem tendência para aumento comparativamente a anos anteriores. Este facto merece atenção pois estes, juntamente com os compostos azotados são potenciadores de processos de eutrofização de massas de água.

A caracterização da qualidade da água da Ribeira de Água Forte efectuada em 2019 (Tabela 2) é muito semelhante à de 2018. Assim, verifica-se que os parâmetros pH, Cl⁻, SO₄²⁻ e metais pesados



não cumprem os valores máximos recomendados (VMR) do ANEXO XVI (Decreto-Lei 236/98, de 1 de agosto). Os parâmetros problemáticos são os mesmos da Ribeira do Roxo (excepto o pH, SAR e Zn), mas com valores paramétricos mais elevados o que mostra a importância deste afluente na degradação da qualidade daquela. Tabela

Tabela 2. Resultados da monitorização da qualidade da água da Ribeira da Água Forte no ano 2019.

Parâmetros	Unidades	Qualidade da Ribeira de Água Forte	Qualidade das águas destinadas à rega Decreto-Lei n.º 236/98		Estado Ecológico Instituto da Água, 2009
			VMR	VMA	
pH	Escala de Sorensen	3,2 ± 0,1	6,5-8,4	4,5-9	6-9
T _w	°C	17 ± 2	-	-	-
Eh	mV	522 ± 19	-	-	-
B ³⁺	mg/L	0,3 ± 0,1	0,3	3,75	-
CE	µS/cm 20°C	1 813 ± 117	-	-	-
HCO ₃ ⁻	-	0 ± 0,0	-	-	-
CO ₃ ⁻	-	0 ± 0,0	-	-	-
OD	mg/L	7 ± 1	-	-	≥5
OD	% saturação de O ₂	81 ± 1	-	-	60-120
CQO	mg/L O ₂	30 ± 3	-	-	-
CBO ₅	mg/L O ₂	4 ± 0,0	-	-	≤6
PO ₄ ³⁻	mg/L	0,007 ± 0,001	-	-	-
P _{total}	mg/L	0,009 ± 0,001	-	-	≤0,13
N _{kj}	mg/L	11 ± 0,0	-	-	-
NO ₂ ⁻	mg/L	0,03 ± 0,0	-	-	-
NH ₄ ⁺	mg/L	9 ± 2	-	-	≤1
NO ₃ ⁻	mg/L	7 ± 1	50	-	≤25
S ⁻²	mg/L	2 ± 0,0	-	-	-
SO ₃ ²⁻	mg/L	15 ± 3	-	-	-
S ₂ O ₃ ²⁻	mg/L	4 ± 0,0	-	-	-
SO ₄ ²⁻	mg/L	826 ± 31	575	-	-
F ⁻	mg/L	1 ± 0,0	1	15	-
Cl ⁻	mg/L	208 ± 21	70	-	-
SST	mg/L	17 ± 1	60	-	-
SDT	mg/L	1 238 ± 232	-	-	-
Na ⁺	mg/L	102 ± 16	-	-	-
K ⁺	mg/L	11 ± 2	-	-	-
Ca ²⁺	mg/L	109 ± 19	-	-	-
Mg ²⁺	mg/L	76 ± 8	-	-	-
Zn	mg/L	13 ± 2	2	10	-
Fe	mg/L	8 ± 0,0	5	-	-
Cu	mg/L	3 ± 0,0	0,20	5	-
Mn	mg/L	7 ± 1	0,20	10	-
SAR	-	15 ± 3	8	-	-

Fase 3. Instalação, manutenção e controlo dos leitos flutuantes à escala piloto

3.1. Manutenção e controlo dos leitos flutuantes

Prosseguiram os ensaios de monitorização do desempenho das macrófitas *Vetiveria zizanioides* e da *Phragmites australis*, na instalação piloto e testaram-se dois tipos de jangada flutuante ambas contruídas com materiais recicláveis: jangada de manta orgânica, (Figura 1), e jangada de madeira, (Figura 2) Este teste teve como finalidade escolher a que apresentava melhores condições de resistência não pondo em causa a capacidade depurativa das macrófitas.

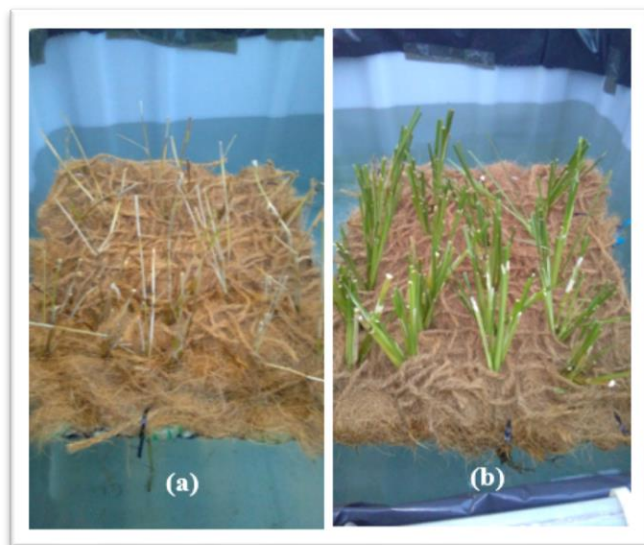


Figura 1. Leitos flutuantes com jangada de manta orgânica contendo *Vetiver Zizanioides* (b) e *Phragmites Australis* (a) da Instalação Piloto.

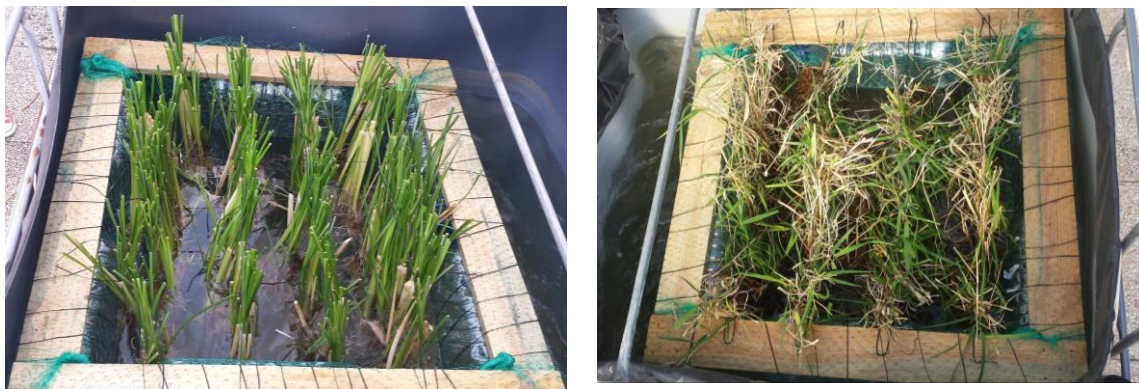


Figura 2. Leitos flutuantes com jangada de madeira contendo *Vetiver Zizanioides* (imagem da esquerda) e *Phragmites Australis* (imagem da direita) da Instalação Piloto.

Durante o período de monitorização, verificou-se que o plástico de revestimento e a manta orgânica que compõem a jangada flutuante denominada de “manta orgânica” não mostraram sinais de desgaste e de deterioração, evidenciando resistência às características da água em estudo. Na fase inicial, pareceu ocorrer uma certa dificuldade dos novos rebentos penetrarem na manta, situação que foi ultrapassada com o seu crescimento.



Por seu turno, a jangada flutuante de madeira mostrou libertar menos detritos para a coluna de água, facilitando assim a medição do comprimento das macrófitas, relativamente à jangada com manta orgânica. Porém, a proliferação de algas no período quente do ano, pareceu interferir mais no desenvolvimento das plantas comparativamente à primeira referida, sendo, assim, esta última escolhida para os ensaios à escala real.

3.1.1. Controlo da qualidade da água nos leitos

O controlo da qualidade da água nos leitos demonstrou que os parâmetros físico-químicos dos mesmos não sofreram grande alteração, concretamente os parâmetros problemáticos, como sejam, os cloretos e os sulfatos. Na figura 3 mostra-se a variação dos diferentes parâmetros físico-químicos ao longo de 2019.

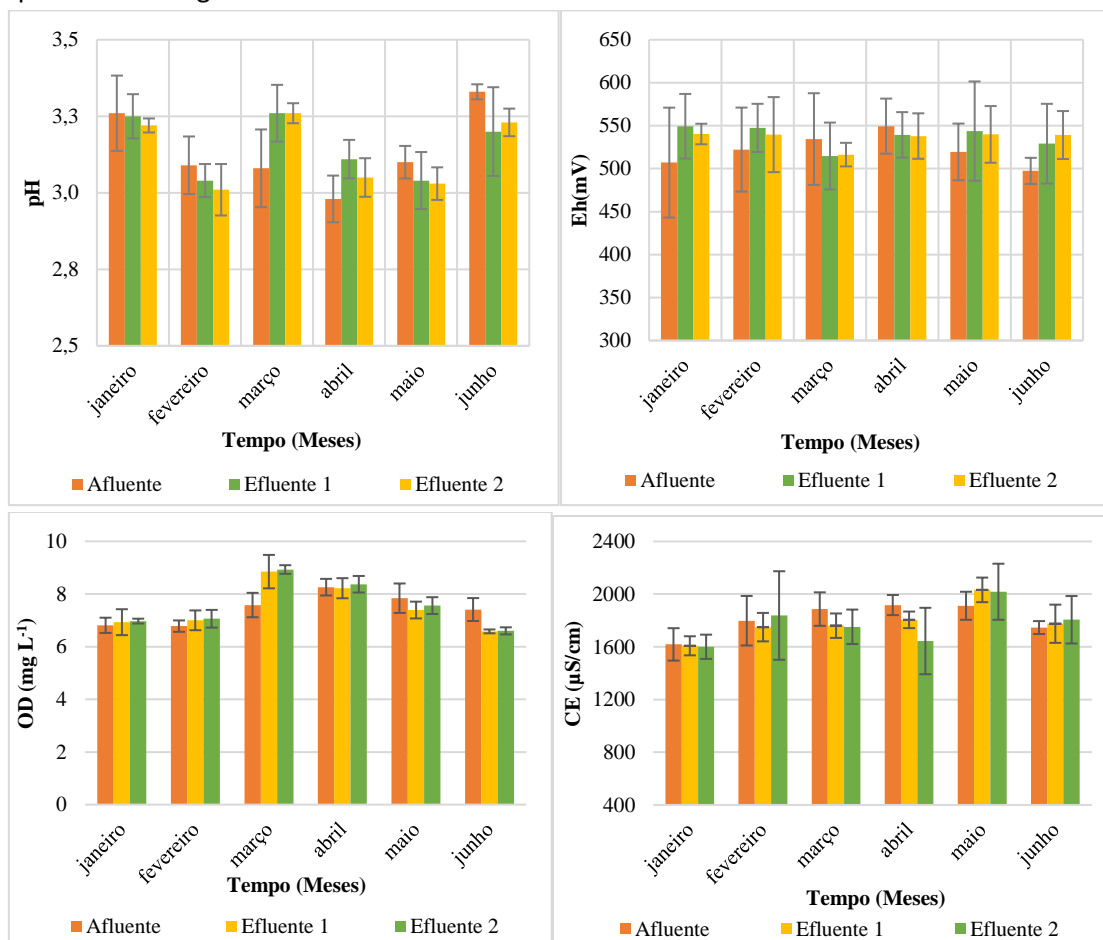
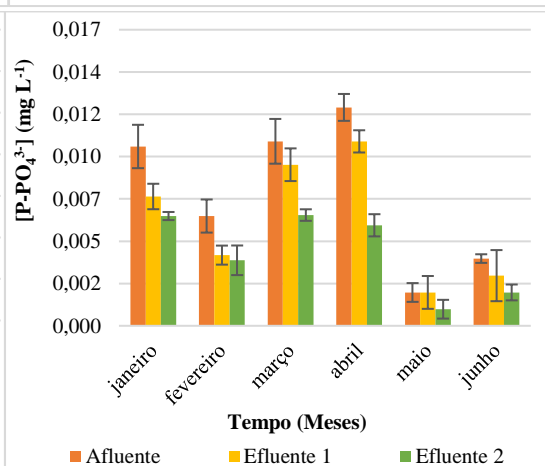
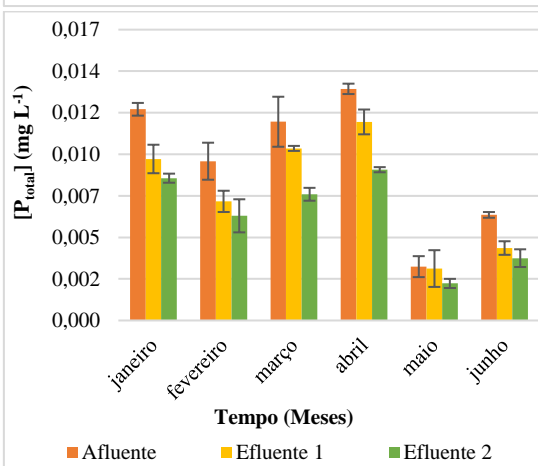
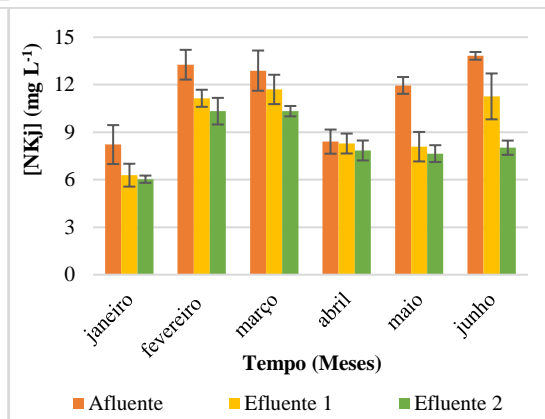
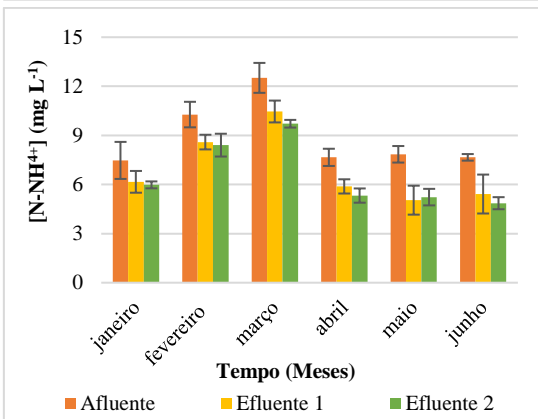
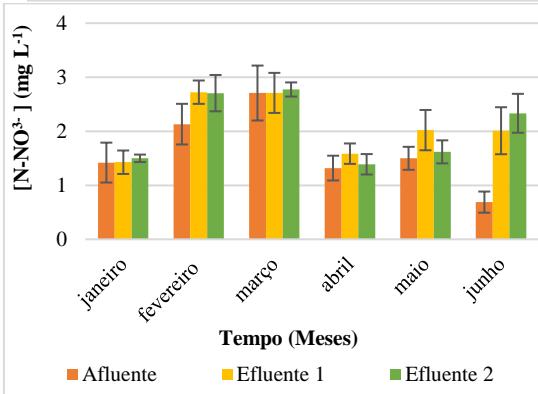
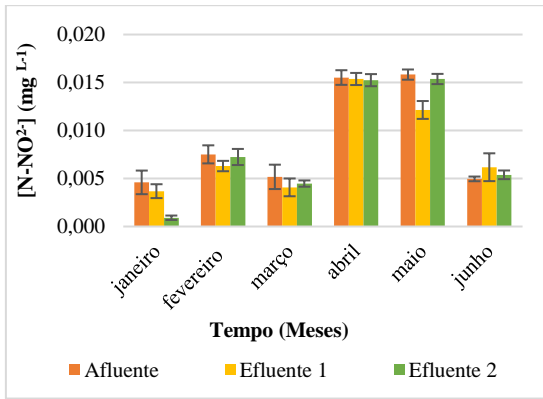


Figura 3. -Evolução do ião Boro (B³⁺) e do ião Cloreto (Cl⁻) nos Afluentes, Efluentes 1 e Efluentes 2.



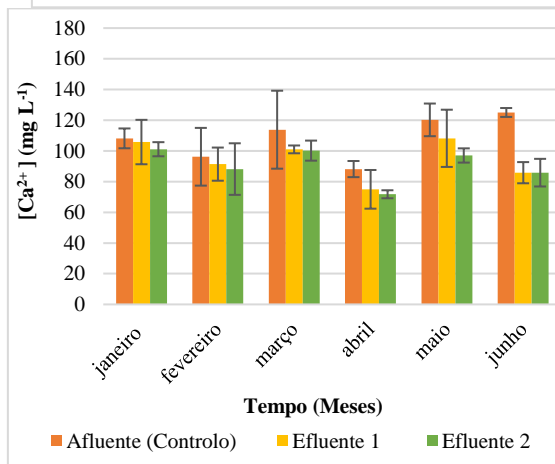
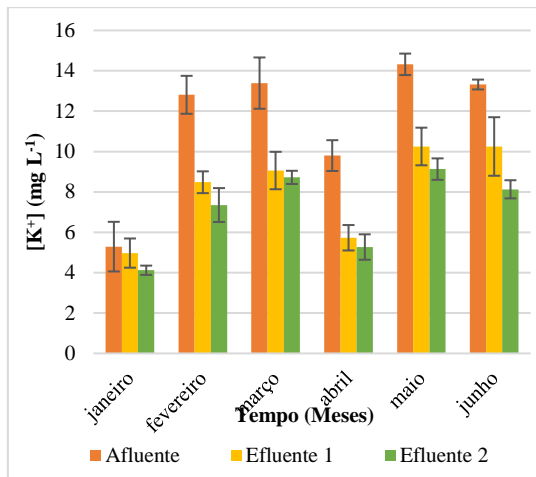
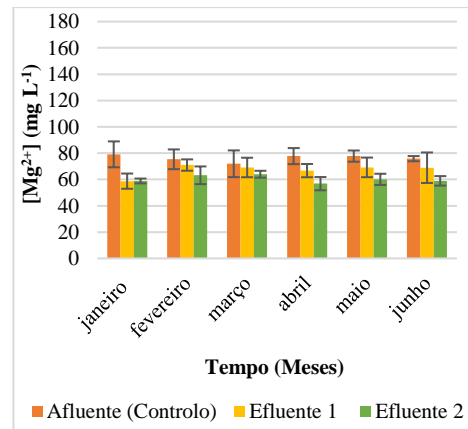
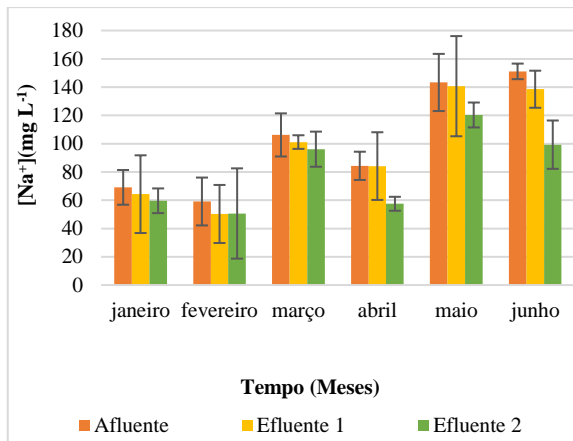


Figura 3 (cont.)-Evolução do ião Boro (B^{3+}) e do ião Cloreto (Cl^-) nos Afluentes, Efluentes 1 e Efluentes 2.



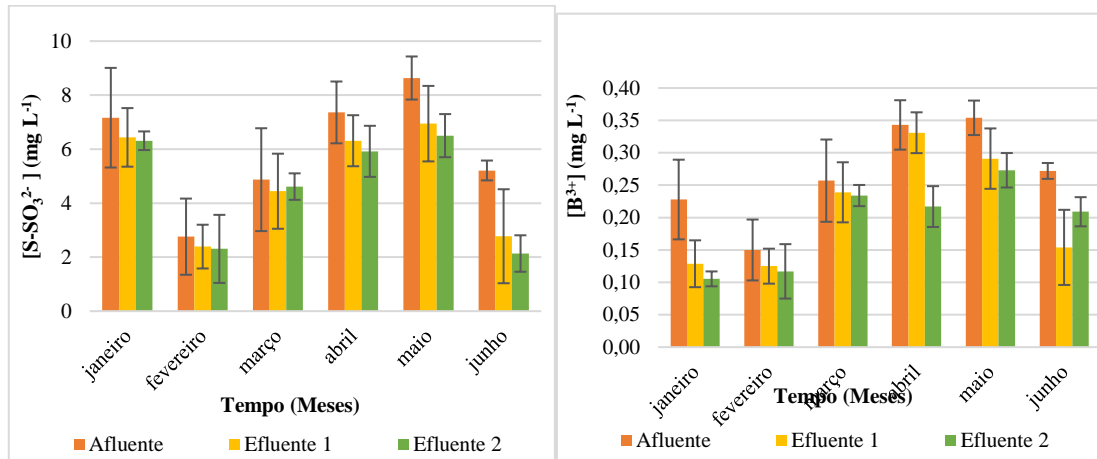


Figura 3 (cont) -Evolução do ião Boro (B^{3+}) e do ião Cloreto (Cl^-) nos Afluentes, Efluente 1 e Efluente 2.

Porém, os metais pesados apresentaram alterações relevantes com diminuição mais significativa. Obtiveram-se taxas médias de remoção dos metais pesados na água do leito flutuante da *Vetiveria zizanioides* (Efluente 2) e do leito da *Phragmites australis* (Efluente 1), de Fe=40%; Zn=25%; Cu=15%; Mn=14% e Fe=27%; Zn=17%; Mn=16%; Cu=6%; respetivamente (Figura 4).

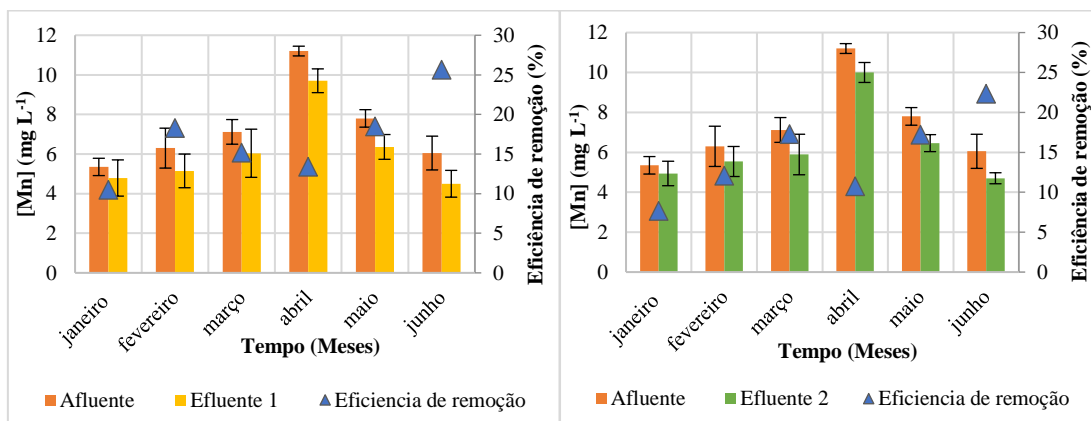
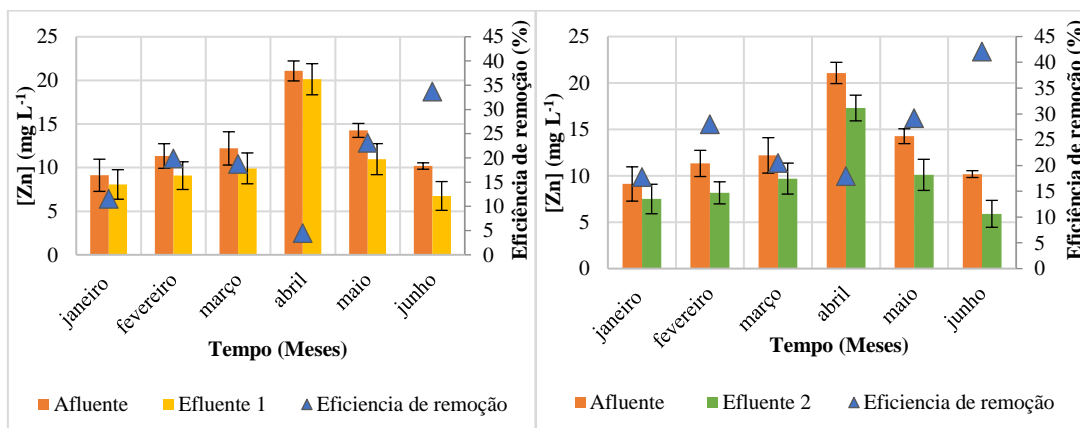


Figura 4.- Evolução dos teores de metais Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Ferro (Fe) no Afluentes, Efluente 1 e Efluente 2, e respetiva eficiência de remoção



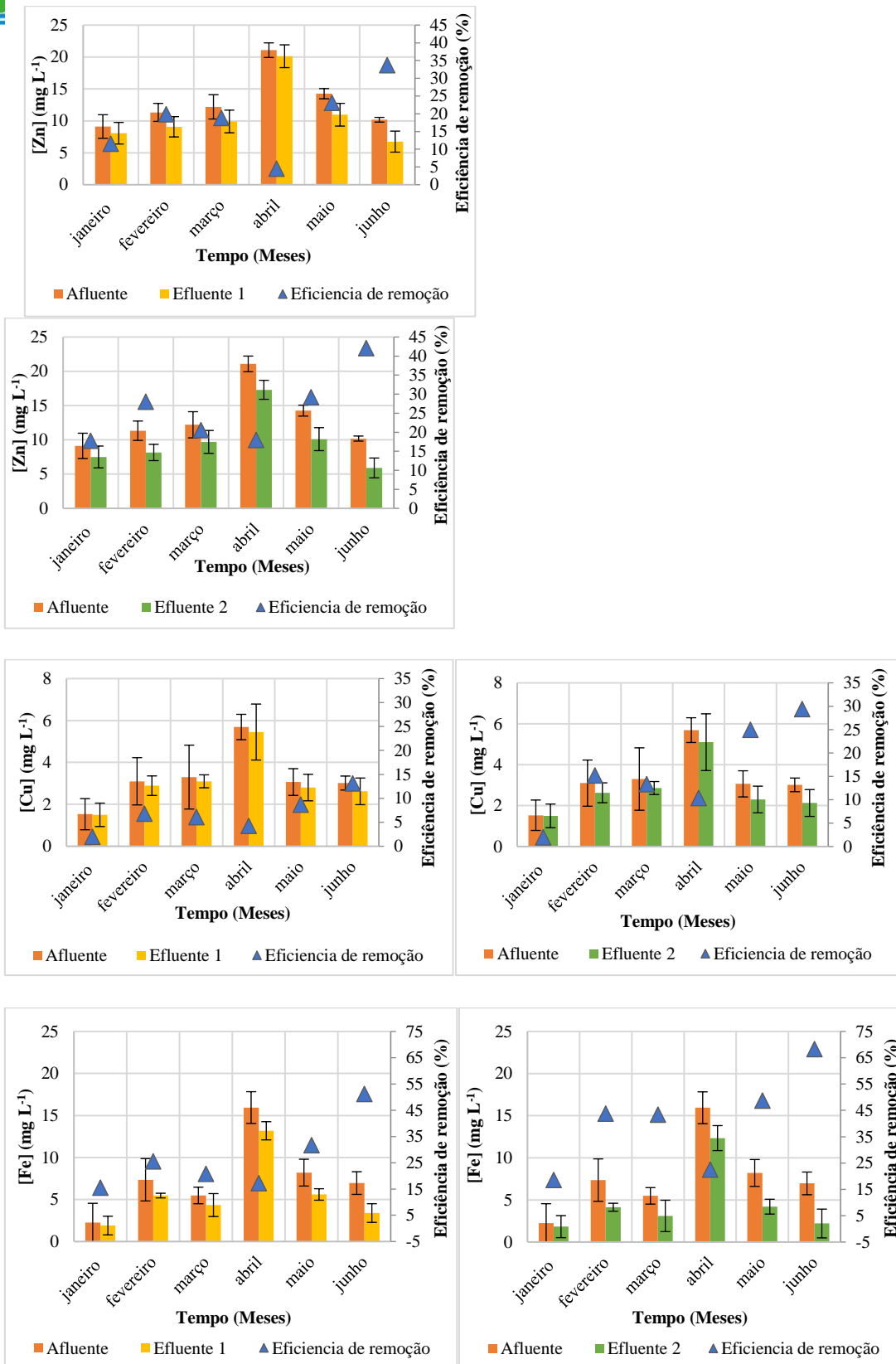


Figura 4 (cont.)- Evolução dos teores de metais Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Ferro (Fe) no Afluentes, Efluentes 1 e Efluentes 2, e respetiva eficiência de remoção.



3.1.2. Controlo das plantas nos leitos

A monitorização do desempenho da *Vetiveria zizanioides* e da *Phragmites australis* nos leitos foi feito de acordo com o previsto e pode-se concluir qual a que apresentava melhor “performance” sendo pois, feita a escolha para os ensaios à escala real.

Apresentam-se, na tabela 3., o teor total de metais acumulados nas raízes e nas folhas ($\text{mg kg}^{-1} \text{MS}$) da *Vetiveria zizanioides* e da *Phragmites australis*, durante o período de monitorização.

Tabela 3.- Teor total de metais acumulados nas raízes e nas folhas ($\text{mg kg}^{-1} \text{MS}$) da *Vetiveria zizanioides* e da *Phragmites australis*.

	<i>Vetiveria zizanioides</i> ¹			<i>Phragmites australis</i> ¹		
	Raiz	Folha	Total	Raiz	Folha	Total
Zn	955 ± 86	227 ± 25	1 182 ± 111	458 ± 54	65 ± 1	523 ± 55
Cu	147 ± 11	25 ± 2	172 ± 13	74 ± 10	19 ± 3	93 ± 13
Fe	1 020 ± 108	265 ± 23	1 285 ± 132	666 ± 97	166 ± 24	832 ± 120
Mn	100 ± 6	37 ± 3	137 ± 8	201 ± 32	101 ± 20	302 ± 52

A ordem de acumulação de metais pesados na biomassa total da *Vetiveria zizanioides* foi de $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mn}$ e na *Phragmites australis* foi de $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$.

Os valores obtidos são, de um modo geral inferiores aos referidos na literatura, tendo, contudo, a *Vetiveria zizanioides* apresentado melhor performance.

O crescimento das plantas também foi monitorizado, tendo-se calculado as respetivas taxas de crescimento (radicular e foliar).

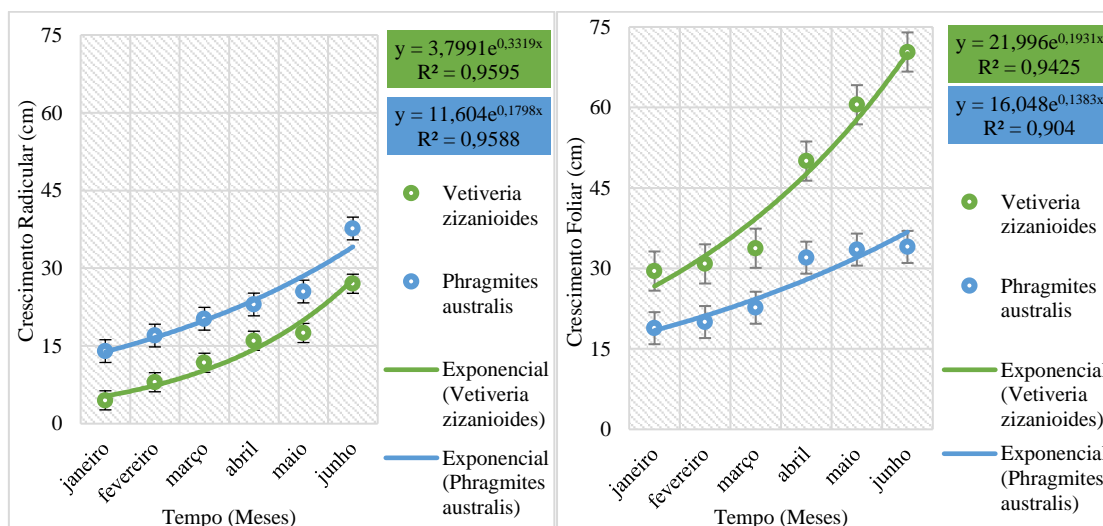


Figura 5.-Taxa de crescimento médio da biomassa radicular e foliar da *Vetiveria zizanioides* e de *Phragmites australis*.



O crescimento da *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* na biomassa foliar foi de $7,1 \pm 0,3$ cm/mês e $2,5 \pm 0,0$ cm/mês e na biomassa radicular $3,8 \pm 0,1$ cm/mês e $4,1 \pm 0,2$ cm/mês, respetivamente.

Durante os primeiros três meses de monitorização a biomassa foliar da *Phragmites australis* manteve-se mais ou menos constante e a biomassa radicular cresceu significativamente em comparação com a *Vetiveria zizanioides*. Observaram-se os primeiros rebentos foliares da *Phragmites australis* no final de março, o que coincidiu com o final do período de dormência da planta.

Foram, também, monitorizados os pigmentos fotossintéticos das macrófitas, (Figura 6,) visto serem um indicador do estado de vigor das mesmas. Assim, verificou-se uma ligeira tendência, em ambas as macrófitas para a diminuição dos níveis de clorofila total. Tal pode ter ocorrido devido ao stress causado pela agressividade do meio (pH ácido) e pela excessiva exposição a metais pesados, o que foi particularmente evidente no mês de abril. Quando as plantas aquáticas são expostas a metais pesados, como o Fe, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni e Pb, ocorre a redução dos níveis de pigmentos fotossintéticos, incluindo clorofila a (Cl_a) e clorofila b (Cl_b) e carotenoides (C_x+C_c). Quando ocorre a redução de clorofila nas folhas das plantas e subsequentemente a redução da fotossíntese, a produção de biomassa diminui.

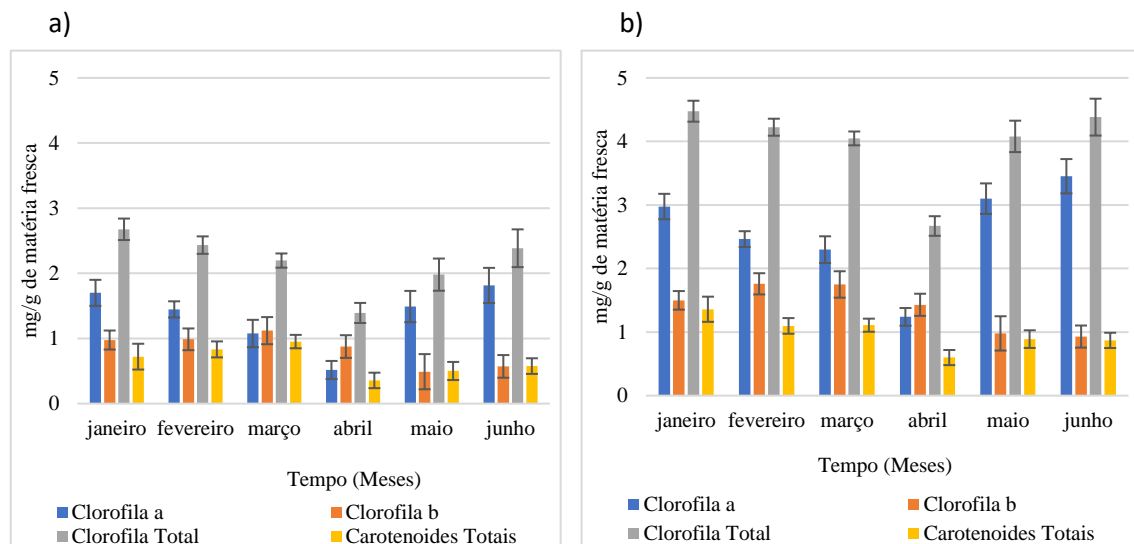


Figura 6.-Conteúdo de pigmentos fotossintéticos: clorofila a (Cl_a), clorofila b (Cl_b), clorofila total (Cl_a+Cl_b) e carotenoides (C_x+C_c) totais nas folhas a) *Phragmites australis* e b) *Vetiveria zizanioides*.

Pode-se, pois concluir que ambas as macrófitas evidenciaram capacidade de sobrevivência neste tipo de meio sem a ocorrência de dano severo na sua morfologia externa e anatómica, embora com alguma inibição do crescimento.

Porém, a comparação do desempenho das duas macrófitas mostrou que *Vetiveria zizanioides*, apresentou melhores resultados de um modo geral, o que também foi corroborado pelos valores do do Fator de Bioconcentração (FBC) e Factor de Translocação (FT) calculados que foram mais elevados (não apresentados) e que mostram a sua maior capacidade de fitoestabilização em relação à macrófita *Phragmites Australis*.



Perante estes resultados ficou já selecionada, como sendo a macrófita a utilizar à escala real bem como o tipo de jangada a utilizar.

Fase 4. Instalação, manutenção e controlo dos leitos flutuantes à escala real

A instalação dos leitos flutuantes à escala real ainda não se realizou, como estava previsto no cronograma do projeto. Tal é devido ao facto da execução do projeto estar com o atraso referido em relatórios anteriores e também pela indisponibilidade de fornecimento das plantas *Vetiveria Zizanioides* na quantidade requerida. Porém, foram já foram adquiridas, a empresa espanhola, e desde outubro de 2019 encontram-se em processo de aclimação nas Instalações do IPBeja, a fim de os leitos serem colocados à escala real com a macrófita em condições radiculares e foliares optimizadas. Por seu turno a encomenda da jangada já foi efetuada.

Fase 5. Difusão dos Resultados

- Carlos MARQUES, Teresa CARVALHOS (2019). GreenEcoRoxo- Utilização de leitos flutuantes para melhoria da qualidade da massa de água superficial. Agri Cimeira 2019. Ferreira do Alentejo, 23 de Outubro 2019. (Apresentação oral e poster).

-Teresa Borralho, David Gago, Almeida Adelaide (2019). Study of the application of floating beds of macrophytes (*Vetiveria Zizanioides* and *Phragmites Australis*) in pilot scale for removal of heavy metals of Água Forte stream in Alentejo region (Portugal). 9th International Scientific-Technical Conference Environmental Engineering, Photogrammetry, Geoinformatics -Modern Technologies and Development Perspectives. 16-20 September 2019. Lublin (Poland) (Comunicação em Poster).

- Gago; A. Almeida; A. Durão; I. Parente; T. Borralho (2019). Avaliação do desempenho de *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* na remoção de metais pesados em água superficial com características de drenagem mineira ácida. 5º Simpósio Produção e Transformação de Alimentos em Ambiente Sustentável. Escola Superior Agraria do Instituto Politécnico de Beja, 7 de junho de 2019 Comunicação em Poster).

-Igor MATIA, Adelaide ALMEIDA, Teresa CARVALHOS, Isabel PARENTE, David GAGO, Anabela DURÃO (2019). Comparação dos valores, medidos in situ, na coluna de água de pH, Potencial entre a ribeira de Água Forte e a instalação à escala piloto. Maratona Académica por Moçambique. Instituto Politécnico de Beja, 27 de maio de 2019. (Comunicação em Poster).

Constrangimentos e riscos sentidos até à data do relatório

Os principais constrangimentos prendem-se com o impacto do atraso inicial relativo a 2017 (decisão de aprovação final (retificação dos fundamentos da elegibilidade da despesa) da candidatura ter sido só conhecida a 19/07/2017 e somente se ter submetido o termo de aceitação a 02/11/2017. Esta situação penalizou toda a execução dos trabalhos, tendo-se perdido, sensivelmente um ano e meio de projeto. do projeto, pois a equipa constituinte da parceria IPBeja do projeto só esteve completa no 2º semestre de 2018. Acresce a isto o fato da burocracia



associada à aquisição de Equipamentos, etc, no Instituto Politécnico de Beja seja muito pesada o que dificulta a execução do projeto.

Os riscos associados ao bom desenvolvimento das tarefas previstas no plano de acção passam pela dificuldade em prever/controlar o comportamento das plantas utilizadas bem como a sua disponibilidade no mercado a fim de serem adquiridas.

António Manuel Rocha Parreira

Fase 4. Instalação, manutenção e controlo dos leitos flutuantes à escala real

Os atrasos verificados, primeiro no início do projecto e depois na entrega do material vegetativo condicionou as tarefas previstas para esta fase, pelo que colaboramos activamente na definição do melhor local do leito da ribeira para a instalação à escala real das *Vetiveria Zizanioides*.

Fase 5. Difusão dos Resultados

- Carlos MARQUES, Teresa CARVALHOS (2019). GreenEcoRoxo- Utilização de leitos flutuantes para melhoria da qualidade da massa de água superficial. Agri Cimeira 2019. Ferreira do Alentejo, 23 de Outubro 2019. (Apresentação oral e poster).

-Teresa Borralho, David Gago, Almeida Adelaide (2019). Study of the application of floating beds of macrophytes (*Vetiveria Zizanioides* and *Phragmites Australis*) in pilot scale for removal of heavy metals of Água Forte stream in Alentejo region (Portugal). 9th International Scientific-Technical Conference Environmental Engineering, Photogrammetry, Geoinformtics -Modern Technologies and Development Perspectives. 16-20 September 2019. Lublin (Poland) (Comunicação em Poster).

- Gago; A. Almeida; A. Durão; I. Parente; T. Borralho (2019). Avaliação do desempenho de *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* na remoção de metais pesados em água superficial com características de drenagem mineira ácida. 5º Simpósio Produção e Transformação de Alimentos em Ambiente Sustentável. Escola Superior Agraria do Instituto Politécnico de Beja, 7 de junho de 2019 Comunicação em Poster).

-Igor MATIA, Adelaide ALMEIDA, Teresa CARVALHOS, Isabel PARENTE, David GAGO, Anabela DURÃO (2019). Comparação dos valores, medidos in situ, na coluna de água de pH, Potencial entre a ribeira de Água Forte e a instalação à escala piloto. Maratona Académica por Moçambique. Instituto Politécnico de Beja, 27 de maio de 2019. (Comunicação em Poster).



Execução Financeira do projeto

Tabela 3. Resumo da execução financeira do projeto.

Designação da Entidade	Investimento Elegível Aprovado (€)	Investimento Elegível Realizado (€)	Taxa de Execução (%)
Associação de Beneficiários do Roxo	204 851.18€	77 552,35€	37,85%
Instituto Politécnico de Beja	174 966.57€	87.850, 60€	50,21%
António Manuel Rocha Parreira	18 738.24€	4 781,91€	25,51€