

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 15 (4)

April 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15420221483>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1483>



# Remoção de fosfatos e reutilização de água: atividades para o ensino e aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação Ambiental

## Phosphate removal and water reuse: activities for teaching and learning Science from an Environmental Education perspective

Corresponding author

**Mafalda Mendes Nunes Vaz**

Clube Ciência Viva na Escola, Tomar (Portugal)

[mafalda.mafalda.vaz@gmail.com](mailto:mafalda.mafalda.vaz@gmail.com)

**Resumo.** A Educação para a água é essencial para a sua preservação, pois o consumo deste recurso aumentou bastante nos últimos anos, especialmente na agricultura. As águas residuais tratadas podem ser reutilizadas na rega agrícola, o que permite rentabilizá-la e reciclar os nutrientes que permanecem após o seu tratamento, diminuindo-se também a necessidade de fertilizantes sintéticos, cuja escassez irá aumentar nos próximos anos. Neste contexto, e envolvendo os alunos na construção do seu conhecimento e na reflexão sobre estes temas, desenvolveu-se um projeto com atividades laboratoriais sobre fitorremediação e reutilização da água. Participaram cinquenta e oito alunos do Ensino Básico e a recolha de dados sobre os seus conhecimentos e progressos fez-se através de interações verbais diretas e através da aplicação de um inquérito, antes e após a realização das atividades. Conclui-se que o projeto teve um impacto bastante positivo na sensibilização e no nível de conhecimento dos alunos sobre os temas abordados.

**Palavras-chave:** Educação Ambiental. Reutilização da água. Águas residuais. Fitorremediação. Zonas húmidas construídas.

**Abstract.** Education for water is essential for its preservation, since the consumption of this resource has increased considerably in recent years, especially in agriculture. The treated wastewater can be reused in agricultural irrigation, which allows it to be profitable and to recycle the nutrients that remain after its treatment, reducing the need for synthetic fertilizers, whose shortage will increase in the coming years. In this context, and involving the students in the construction of their knowledge and in the reflection on these themes, a project was developed with laboratory activities on phytoremediation and water reuse. Fifty-eight Basic Education students participated and data collection on their knowledge and progress was made through direct verbal interactions and through the application of an inquiry, before and after the activities were carried out. It is concluded that the project had a very positive impact on the awareness and level of knowledge of the students on the topics addressed.

**Keywords:** Environmental Education. Water reuse. Wastewater. Phytoremediation. Constructed wetlands.

### Introdução

A água é um recurso essencial à vida e ao desenvolvimento de diversas atividades humanas. O seu consumo tem aumentado bastante nos últimos anos, devido ao aumento da população mundial e à necessidade de produção de alimentos para essa população. A agricultura é responsável pelo consumo de cerca de 70% do total de água doce gasta em todo o mundo e pode atingir os 90% em alguns países (Bdour; et al., 2009; Palese et al., 2009).

De toda a água existente no nosso planeta, só cerca de 2,5% é água doce e a maior parte encontra-se na forma de gelo. Apenas cerca de 0,77% do total é água líquida, que se encontra nos aquíferos, nos rios e nos lagos. Apenas esta fração está acessível para consumo (Grassi et al., 2001).

Cerca de 40% da população mundial vive com escassez de água, em alguns casos durante a maior parte do ano e não apenas nas estações secas, e espera-se que este número aumente (Adewumi et al., 2010). Assim, são essenciais as estratégias de conservação e rentabilização da

água. A reutilização de águas residuais tratadas na rega agrícola poderá ser uma forma de rentabilizar os recursos hídricos existentes, (Bdour et al., 2009; Palese et al., 2009). Para além da reutilização da água, também a utilização de tecnologias ecológicas e sustentáveis para o tratamento de águas residuais, como é o caso da fitorremediação, podem contribuir para a rentabilização dos recursos naturais.

Assim, a informação sobre estas tecnologias e a Educação Ambiental são fundamentais para a tomada de consciência e para o desenvolvimento de comportamentos e ações conducentes a uma sociedade mais justa e sustentável, o que só será possível com cidadãos esclarecidos quanto às questões científicas, tecnológicas, sociais e económicas envolvidas, pelo que a Escola os educadores têm um papel fundamental (Valentim & Santana, 2010), assim como o desenvolvimento de projetos educativos nestas temáticas.

Neste contexto apresenta-se um projeto escolar cujos principais objetivos foram a sensibilização dos alunos para a poupança e reutilização de água e a melhoria dos seus conhecimentos relativamente à tecnologia de tratamento baseada nas zonas húmidas construídas e na fitorremediação.

## Métodos

O projeto realizou-se entre março e maio (Primavera) e envolveu 58 alunos, com idades compreendidas entre os 12 e os 15 anos. O projeto desenvolveu-se em várias etapas, que estão indicadas na Quadro 1.

### Inquérito

Foi aplicado um inquérito aos alunos antes e depois da realização das atividades experimentais (Etapa 2 e Etapa 6). Antes da aplicação do inquérito foi verificado oralmente se todos os alunos participantes conheciam o significado do acrónimo ETAR. As questões aplicadas foram as seguintes:

Questão 1: "O que é uma ETAR de plantas, baseada na fitorremediação?"

Questão 2: "Alguns países têm falta de água e utilizam a água tratada nas ETAR para a rega agrícola. Achas que isto é uma boa estratégia?"

### Montagens experimentais

Mini-ETAR: estações de tratamento à escala laboratorial

Foram construídas seis Mini-ETAR baseadas na tecnologia das zonas húmidas

construídas, reutilizando garrações de plástico (PET) e fragmentos de calcário, de tijolo, de cascas de ovo e de conchas, como materiais de enchimento (figura 1). Os fragmentos de tijolo são ricos em alumínio e os restantes materiais são ricos em cálcio. Tanto o alumínio como o cálcio favorecem a remoção de fosfatos devido à formação de precipitados insolúveis e sendo utilizados fragmentos que são resíduos de atividades diversas, constituem meios de enchimento mais económicos e sustentáveis do que outros materiais produzidos especificamente para o efeito, como é o caso de algumas argilas expandidas (Guan et al., 2009; Vohla et al., 2011).

As cascas de ovos foram previamente tratadas com água oxigenada, para eliminação de resíduos de material orgânico. Os restantes materiais foram utilizados sem qualquer tratamento prévio. Os materiais foram colocados nos garrações, correspondendo aproximadamente ao mesmo volume, e em alguns foi também plantado caniço (*Phragmites australis*). O caniço é uma das plantas mais utilizadas em fitorremediação (Kadlec & Wallace, 2009). Na tabela 2 encontram-se indicadas as Mini-ETAR que foram preparadas.

Durante as duas primeiras semanas, as Mini-ETAR foram cheias com água da torneira, para permitir a adaptação das plantas de caniço, e só depois se utilizou o efluente sintético e se iniciou a monitorização da remoção de fosfatos.

As Mini-ETAR funcionaram em descontinuo, sendo a totalidade do efluente retirado e repostado por alimentação fresca, duas vezes por mês. Por cada reposição de efluente, foram recolhidas amostras de alimentação fresca e de efluente à saída das Mini-ETAR e determinou-se a concentração de fosfatos.

### Percentagem de remoção de fosfatos

As amostras foram analisadas quanto à concentração de fosfatos, pelo método do ácido ascórbico e quantificação por espectrofotometria (APHA, 2005). A partir das concentrações de fosfato obtidas antes e após o tratamento do efluente calcularam-se as percentagens de remoção de fosfato (%Rem) em cada Mini-ETAR, através da equação (1), em que  $C_i$  é a concentração inicial de fosfatos, antes do tratamento nas Mini-ETAR, e  $C_f$  é a concentração final de fosfatos, após o tratamento.

$$\% \text{ Rem} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\% \quad (1)$$

### Horta vertical

Foi construída uma horta vertical utilizando garrafas de plástico (PET) reutilizadas como vasos de cultura (figura 1).

**Quadro 1.** Atividades e objetivos das várias etapas do projeto

Etapas	Atividades	Objetivos
Etapa 1	Reunião conjunta com a professora responsável pelo projeto, alunos e respetivos encarregados de educação;	Apresentação do projeto e esclarecimento de dúvidas; Solicitação de autorização, por escrito, para a participação dos alunos nas atividades.
Etapa 2	Discussão com os alunos sobre a escassez e a importância de se poupar água e de se tratarem as águas residuais antes de serem rejeitadas no meio ambiente; Aplicação de inquérito aos alunos e tratamento dos dados recolhidos; Discussão dos resultados com os alunos;	Fazer um diagnóstico dos conhecimentos e opiniões dos alunos relativamente à poluição, tratamento e reutilização das águas residuais. Esclarecimento de dúvidas e clarificação de conceitos associados às questões do inquérito.
Etapa 3	Discussão com os alunos sobre as possibilidades de atividades experimentais a realizar no Laboratório de Química;	Selecionar atividades adequadas à melhoria do conhecimento dos alunos relativamente aos assuntos focados e às dúvidas diagnosticadas no inquérito. Elaboração de uma lista de material necessário para as montagens experimentais selecionadas (estação de tratamento de águas baseada na fitorremediação e horta vertical).
Etapa 4	Instalação das montagens experimentais no Laboratório e respetiva manutenção e monitorização, realizadas pelos alunos; Preparação de uma solução aquosa com nitratos e fosfatos, para simular a água residual a ser tratada nas estações laboratoriais de tratamento (Mini-ETAR); Determinação da quantidade de fosfatos removidos (Mini-ETAR); Manutenção da horta vertical (rega e eliminação de plantas daninhas) plantada com alfaces e morangueiros; Avaliação do estado de desenvolvimento das plantas, por inspeção visual;	Conhecer os princípios básicos de funcionamento da fitorremediação e reconhecer que é uma técnica de tratamento de efluentes ecológica. Avaliar a eficiência de remoção de poluentes/fosfatos em estações de tratamento baseadas na fitorremediação. Reconhecer que a utilização de águas residuais tratadas na rega agrícola pode ser uma alternativa à utilização de água potável e na agricultura e representa uma poupança e rentabilização dos recursos hídricos.
Etapa 5	Apanha das alfaces e determinação da massa;	Reconhecer que os fosfatos e nitratos existentes nas águas residuais tratadas que são utilizadas na rega agrícola favorecem o desenvolvimento das plantas e evitam a utilização de fertilizantes sintéticos.
Etapa 6	Nova aplicação de inquérito aos alunos e conclusão do projeto;	Avaliação da melhoria de conhecimentos dos alunos relativamente aos temas abordados. Avaliação global do projeto.



**Figura 1.** Construções das Mini-ETAR (à esquerda) e horta vertical (ao centro e à direita). Horta vertical em abril (ao centro) e em maio (à direita).

**Tabela 2.** Materiais de enchimento utilizado nas mini-estações de tratamento.

Materiais	Mini-ETAR 1	Mini-ETAR 2	Mini-ETAR 3	Mini-ETAR 4	Mini-ETAR 5	Mini-ETAR 6
Calcário					X	X
Tijolo	X	X	X			
Casca de ovo			X			
Conchas				X		
Plantas de caniço		X		X	X	

Na horta vertical, as plantas foram regadas regularmente de dois em dois dias, exceto durante os fins de semana, e utilizando cerca de 100 ml de água de rega para cada vaso.

As alfaces foram colhidas ao fim de 30 dias após a plantação, para determinação da sua massa. As alfaces foram retiradas dos vasos de cultivo, lavaram-se e secaram-se as raízes com papel absorvente e só depois se determinou a sua massa.

## Resultados e discussão

### Inquéritos

Os alunos responderam ao mesmo inquérito antes e depois da realização do projeto, com o objetivo de se avaliarem os seus progressos relativamente às questões abordadas.

### Questão 1

Relativamente à Questão 1, antes da realização das experiências, a maioria dos alunos não respondeu, referiu que não sabia ou respondeu erradamente. Apenas 4 alunos referiram alguns aspetos corretos nas suas respostas. As respostas apresentadas por estes alunos foram as seguintes:

*“São ETAR em que se utilizam plantas para tratar as águas em vez de se utilizarem produtos químicos.” (1 aluno)*

*“São plantas que filtram/limpam a água.” (2 alunos)*

*“É a limpeza da água dos esgotos com plantas.” (1 aluno)*

Após a realização das experiências, a quantidade e qualidade de respostas corretas melhorou significativamente. Apenas 26 alunos continuaram a responder erradamente, a não responder ou a referir que não sabiam. Os restantes 32 alunos deram respostas com elementos corretos. As respostas dadas por estes alunos foram analisadas relativamente ao seu conteúdo e inseridas nas categorias seguintes:

*“É uma estação de tratamento que utiliza plantas para tratar a água em vez de produtos químicos” (13 alunos).*

*“São estações de tratamento que utilizam plantas para tratar e/ou purificar as águas” (11 alunos)*

*“As plantas absorvem as impurezas que as águas tiverem para se alimentarem e a água fica tratada” (5 alunos).*

*“São estações de tratamento que têm sólidos e plantas que absorvem o fósforo e o azoto através das raízes e tratam as águas” (3 alunos).*

### Questão 2

Relativamente à Questão 2, antes da realização das experiências, 15 alunos não responderam ou responderam que não sabiam. Dos restantes 43 alunos, 18 responderam que a reutilização da água residual tratada na agricultura era uma boa estratégia e 25 alunos responderam que não era uma boa estratégia. As justificações apresentadas pelos alunos foram analisadas relativamente ao seu conteúdo e inseridas nas categorias seguintes:

*“Sim, porque poupa-se água.” (11 alunos)*

*“Sim, porque essa água serve para regar as plantas e assim não se gasta na agricultura a água que é boa para beber.” (7 alunos)*

*“Não, porque os micróbios/poluentes que ficam na água vão para os alimentos/vão contaminar os alimentos que serão depois ingeridos pelo ser humano.” (20 alunos)*

*“Não, porque essas águas podem poluir os solos e as águas subterrâneas.” (5 alunos)*

Após a realização das experiências, 12 alunos continuaram a não responder ou a responder que não sabiam. Dos restantes 46 alunos, 30 acharam que a reutilização da água residual tratada era uma boa estratégia, e 16 alunos acharam que não era uma boa estratégia. As justificações apresentadas pelos alunos foram analisadas relativamente ao seu conteúdo e inseridas nas categorias seguintes:

*“Sim, porque poupa-se mais água e os rios não ficam poluídos com as descargas de efluentes.” (12 alunos)*

*“Sim, porque a água é reutilizada e por isso poupa-se água/não se desperdiça água.” (11 alunos)*

*“Sim, porque essa água serve para regar e assim não se gasta água potável na agricultura.” (5 alunos)*

*“Sim, porque poupa-se água e não se poluem as águas limpas e como têm alguns fosfatos desenvolve mais as plantas.” (2 alunos)*

*“Não, porque os organismos e poluentes que ficam na água vão para os alimentos/vão contaminar os alimentos que serão ingeridos pelo ser humano.” (9 alunos)*

*“Não, porque essas águas podem poluir os solos e/ou os lençóis de água.” (7 alunos)*

A partir dos resultados do inquérito e da sua discussão com os alunos concluiu-se que a maioria dos alunos mostrava algum desconhecimento e desconfiança relativamente à reutilização das águas residuais tratadas na rega agrícola. De modo geral não concordavam com esta prática referindo que as águas residuais saem das estações de tratamento ainda com alguma poluição e com vários produtos químicos que são utilizados para tratar a água e por isso não estão em condições de serem utilizadas.

Para além disso, a maioria dos alunos não conhecia a fitorremediação ou a ETAR de plantas para tratamento de águas residuais, embora alguns referissem que já tinham ouvido que as plantas podem ser utilizadas para tratar as águas poluídas, mas não sabiam que espécies de plantas eram nem como era feito o tratamento das águas residuais.

De um modo geral, os alunos sabiam que a maior parte do consumo de água se deve à agricultura e que se utilizam grandes quantidades de fertilizantes sintéticos para aumentar a produtividade das culturas. No entanto, a maioria dos alunos que participaram no projeto desconhecia que as escorrências agropecuárias, devido ao seu teor em nitratos e fosfatos, aumentam os riscos de eutrofização das águas naturais e constituem uma ameaça à preservação dos recursos hídricos.

### Eficiência das Mini- ETAR

As percentagens médias de remoção de fosfatos obtidas nas Mini-ETAR durante o período de realização do projeto variaram entre 80% e 98%,

concluindo-se que os materiais de enchimento utilizados, e a tecnologia de tratamento baseada nas zonas húmidas construídas são eficazes na remoção de fosfatos das águas residuais e podem ser utilizadas no seu tratamento. Verificou-se uma maior eficácia nas Mini-ETAR que tinham enchimentos de fragmentos de tijolo, com valores entre 92% e 98%. A maior eficácia verificou-se na Mini-ETAR com enchimento de cascas de ovo misturados com fragmentos de tijolo. A presença de plantas de caniço também favoreceu a remoção de fosfatos, obtendo-se uma percentagem de remoção um pouco superior em relação às Mini-ETAR que não tinham plantas.

Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura consultada (Kadlec & Wallace, 2009).

#### Massa das alfaces produzidas

Em relação às plantas cultivadas na horta vertical, verificou-se que as alfaces regadas com a água residual tratada nas Mini-ETAR apresentaram maior massa em relação às alfaces regadas com água da torneira. A massa média das alfaces regadas com água tratada nas Mini-ETAR foi de  $42,50 \pm 4,61$  g e a massa média das alfaces regadas com água da rede pública de abastecimento foi de  $37,91 \pm 3,75$  g, o que corresponde a uma produtividade cerca de 12% superior nas alfaces regadas com água das Mini-ETAR.

#### **Considerações finais**

Em termos pedagógicos o projeto foi bastante importante e proveitoso no sentido de alertar para a necessidade de preservação dos recursos naturais e de se procurarem novas estratégias para rentabilização desses mesmos recursos.

A água é um dos recursos mais focados em termos de Educação Ambiental. No entanto, este tema é por vezes abordado de forma bastante teórica e descritiva e muitas vezes limita-se à comemoração de dias especiais, como é o caso do Dia da Água. O mesmo se verifica com o Dia do Ambiente e o Dia da Árvore.

Nestas comemorações realizam-se iniciativas que informam e fomentam comportamentos ecologicamente corretos, mas passadas as comemorações, os temas discutidos são normalmente esquecidos e não se dá continuidade aos trabalhos, pelo que as iniciativas são pouco consequentes e não há uma mudança de pensamento e atitudes em relação ao Ambiente (Leite & Rodrigues, 2011).

A Educação Ambiental deve ser crítica e transformadora de comportamentos, tanto dentro como fora da escola, mas para esta transformação ocorrer, as aprendizagens devem ser significativas para os alunos, envolvendo-os ativa e diretamente no seu processo educativo e na construção de conhecimento (Valentim & Santana, 2010).

Uma participação ativa e direta dos alunos, com uma construção do conhecimento apoiada no trabalho experimental e em resultados por eles obtidos traduz-se em efeitos mais duradouros e aprendizagens mais significativas para os alunos, apresentando vantagens relativamente aos métodos de ensino mais expositivos (Derenvenskaia, 2014; Leite & Rodrigues, 2011).

As ETAR de plantas, também conhecidas como zonas húmidas construídas, leitos construídos ou alagados construídos, são sistemas de tratamento de águas residuais que utilizam tecnologias ancestrais e inovadoras ao mesmo tempo. Ancestrais, pois simulam os processos existentes nas zonas húmidas naturais e inovadoras pois ainda não estão tão desenvolvidas e implementadas como outras tecnologias de tratamento de águas residuais. Com o projeto escolar desenvolvido procurou divulgar-se um pouco mais esta tecnologia ecológica e sustentável. As ETAR de Plantas, tanto em escala laboratorial como em escala real, constituem recursos didáticos que sublinham a possibilidade, e a necessidade, de se aliar a Ciência e a Tecnologia para o desenvolvimento de uma Sociedade mais sustentável e alertam para a importância ambiental das zonas húmidas naturais e para a necessidade de preservação destes ecossistemas.

Um outro aspeto muito importante é a reutilização das águas residuais. Esta reutilização na rega agrícola, florestal ou na lavagem de pavimentos é uma estratégia de rentabilização deste recurso e que deve ser encarada como uma alternativa. No contexto atual de escassez de água não é razoável utilizar água potável para a lavagem de pavimentos, contentores de lixo, etc., pelo que é preciso que os cidadãos, e em especial os alunos mais novos, tomem consciência disto e melhorem os seus comportamentos face ao ambiente.

A manutenção de uma horta vertical, em parte regada com água residual tratada foi uma estratégia didática para sensibilizar os alunos para esta questão. Os próprios materiais utilizados nas montagens experimentais constituem uma lição de sustentabilidade.

A reutilização de garrafas e garrafões de plástico PET assim como desperdícios de calcário, de tijolo, de casca de ovos e de conchas ilustram algumas possibilidades de materiais que temos disponíveis e que muitas vezes não são explorados.

O desenvolvimento do projeto que se apresenta permitiu uma abordagem mais atrativa e participativa ao tema da educação para a água, tendo-se observado grande entusiasmo e trabalho de equipa por parte dos alunos envolvidos, assim como uma maior sensibilização e melhoria de conhecimentos sobre os assuntos abordados.

#### **Referências**

Adewumi, J. R., Illemobade, A. A. & Van Zil, J. E. (2010). Treated wastewater reuse in South Africa: Overview, potential and challenges. Resources, Conservation and Recycling, 55, 221-231.

APHA (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washington, USA : American Public Health Association.

Bdour, A. N., Handi, M. R. e Tarawneh, Z. (2009). Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, 237, 162-174.

Derevenskaia, O. (2014). Active Learning Methods In Environmental Education of Students. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 131, 101-104.

Grassi, M. T. (2001). Águas do planeta Terra. *Química Nova na Escola*, edição especial de Maio, 31-40.

Guan, B., Yao, X., Jiang, J., Tian, Z. & An, S. (2009). Phosphorus removal ability of three inexpensive substrates: Physicochemical properties and application. *Ecological Engineering*, 35, 576-581.

Kadlec, R. H. & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*. 2 ed. Boca Raton: CRC Press.

Leite, R. F. & Rodrigues, M. A. (2001). Environmental Education: considerations about the practice of Chemistry teachers group. *Ciência & Educação*, 17(1), 145-161.

Palese, A. M., Pasquale, V., Celano, G., Figliuolo, G., Masi, S. & Xiloyannis, C. (2009). Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: Effects on microbiological quality of soils and fruits. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 43-51.

Valentim, L. & Santana, L. C. (2010). Teachers' conceptions and practices on environmental education in a public school. *Ciência & Educação*, 16(2), 387-399.

Vohla, C., Kõiv, M., Bavor, H.J., Chazarenc, F. & Mander, Ü. (2011). Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands-A review. *Ecological Engineering*, 37, 70-89.