

Projeto ValorBio

*Tratamento de Águas
Residuais por Zonas
Húmidas Construídas
Modulares*



***Uma contribuição
para a economia circular***

Coordenação

Henrique J. O. Pinho e Dina M. R. Mateus



Projeto VALORBIO

Tratamento de Águas Residuais por Zonas Húmidas Construídas Modulares

Uma contribuição para a economia circular



PROGRAMA OPERACIONAL COMPETITIVIDADE E INOVAÇÃO



UNIÃO EUROPEIA

Fundos Europeus Estruturais
e de Investimento

Ficha técnica

Titulo

Projeto VALORBIO

Tratamento de Águas Residuais por Zonas Húmidas
Construídas Modulares.

Uma contribuição para a economia circular

Coordenação

Henrique J. O. Pinho

Dina M. R. Mateus

Edição

Instituto Politécnico de Tomar

Data

janeiro de 2019

Design

Gabinete de Comunicação e Imagem - Instituto Politécnico de Tomar

Impressão

Europress

ISBN

978-989-8840-27-1

Tiragem

150



Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os que contribuíram para a redação do presente texto, e também:

Ao Programa FEDER, que cofinanciou os trabalhos experimentais (ref^a de projeto POCI-01-0145-FEDER-23314 VALORBIO);

Ao Instituto Politécnico de Tomar (IPT) e à sua Presidência, pelo cofinanciamento do projeto e por todo o apoio prestado através da sua estrutura organizacional;

Aos copromotores do projeto: Instituto Politécnico de Coimbra; Instituto Politécnico de Portalegre; Palsar – Bioenergia e Paletes, Lda.;

Aos serviços e colaboradores do IPT, designadamente a todos os colaboradores do Gabinete de Gestão de Projetos, da Direção Financeira e Patrimonial, do Gabinete de Comunicação e Imagem e do Secretariado dos Projetos;

Ao LAB.IPT, particularmente aos Técnicos Alcino Serras, Isabel Silva, Pedro Costa e Vítor Gaspar;

Aos técnicos do Gabinete de Estudos Técnicos e Manutenção do IPT, em particular a Orlando Fonseca e Carlos Ferreira;

A todos os alunos que colaboraram nos trabalhos experimentais, em particular ao Joel Nunes, e à Ana Batista e restantes alunos do Mestrado em Tecnologia Química, à Carolina Masseno, da Universidade Fluminense, Brasil, em mobilidade ao abrigo do programa Santander na Licenciatura em Engenharia Química e Bioquímica, à Marwa Amri, aluna do programa Doutoral em Ciências Geológicas, da Faculté des Sciences de Bizerte, Tunisia, em mobilidade ao abrigo do protocolo de colaboração entre o IPT e a Université Jendouba, e ao André Farinha, Carolina Parra e Luís Santos, do Curso Superior Profissional em Qualidade Ambiental;

Às gerências e colaboradores das empresas que apoiaram os trabalhos, designadamente através da disponibilização de amostras de materiais e de água residual: Alberstone, Unipessoal, Lda.; Amorim Isolamentos, S.A.; Ferreira Gomes & Filhos, Lda.; Pegop – Energia Elétrica, S.A.; Sociedade Lusitana de Destilação, S.A.;

E, por fim, mas não menos importante, à Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Autoridade Gestora do projeto VALORBIO.





Coordenadores/Autores

Henrique J. O. Pinho, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorado em Engenharia Química, Membro integrado e Coordenador do Centro de Investigação em Cidades Inteligentes, do Instituto Politécnico de Tomar

Dina M. R. Mateus, Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorada em Biotecnologia, Membro integrado do Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes, do Instituto Politécnico de Tomar

Autores

Ana M. P. Alves, Bolseira de Investigação do Instituto Politécnico de Tomar, Mestre em Tecnologia Química

Eliseu L. M. Monteiro, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Portalegre, Doutorado em Engenharia Mecânica, Membro integrado do Centro de Investigação para a Valorização de Recursos Endógenos, do Instituto Politécnico de Portalegre

Isabel M. D. P. Nogueira, Professora Coordenadora do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorada em Engenharia Mecânica, Membro integrado do Centro de Investigação em Cidades Inteligentes, do Instituto Politécnico de Tomar

Luiz F. F. T. Rodrigues, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Portalegre, Doutorado em Engenharia Química

Manuel A. N. Rosa, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorado em Ciências do Ambiente, Membro integrado do Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes, do Instituto Politécnico de Tomar

Marco A. M. Cartaxo, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorado em Química, Membro integrado do Centro de Investigação em Cidades Inteligentes, do Instituto Politécnico de Tomar

Nuno A. J. Graça, Bolseiro de Investigação do Instituto Politécnico de Tomar, Mestre em Tecnologia Química

Paulo J. R. Isabel, Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Coimbra, Doutorado em Química

Paulo S. D. Brito, Professor Coordenador com Agregação do Instituto Politécnico de Portalegre, Doutorado em Engenharia Química, Membro integrado e Coordenador do Centro de Investigação para a Valorização de Recursos Endógenos, do Instituto Politécnico de Portalegre

Valentim M. B. Nunes, Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Tomar, Doutorado em Química, Membro integrado do Centro de Investigação em Cidades Inteligentes, do Instituto Politécnico de Tomar





Índice

Capítulo 1 // Descrição e objetivos do projeto VALORBIO	9
Capítulo 2 // Zonas Húmidas Construídas	15
Capítulo 3 // Avaliação de resíduos sólidos como enchimento	19
Capítulo 4 // Eficiência de tratamento de águas residuais	31
Capítulo 5 // Valorização da água tratada	41
Capítulo 6 // Valorização da biomassa sólida	49
Capítulo 7 // Zonas Húmidas Construídas modulares	59
Capítulo 8 // Conclusões e perspetivas para o futuro	65





Capítulo 1 – Descrição e objetivos do projeto VALORBIO

Henrique J. O. Pinho, Dina M. R. Mateus

O projeto VALORBIO, Valorização de resíduos através de zonas húmidas construídas modulares usadas para tratamento de águas residuais, foi cofinanciando por fundos FEDER (POCI-01-0145-FEDER-23314) e pelos quatro copromotores, tendo os trabalhos de índole prática aplicada sido desenvolvidos com recursos das quatro instituições:

- INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR, proponente, através do Laboratório de Bioenergia e Biotecnologia Aplicada (BIOTEC.ipt);
- INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA, copromotor, através do Instituto de Investigação Aplicada (i2A);
- INSTITUTO POLITÉCNICO DE PORTALEGRE, copromotor, através da Coordenação Interdisciplinar Investigação Inovação (C3i);
- PALSER – BIOENERGIA E PALETES, Lda., empresa com sede na Sertã.

O projeto foi desenvolvido durante 18 meses, entre julho de 2017 e janeiro de 2019, e visou o tratamento de águas residuais através de Zonas Húmidas Construídas (ZHCs), que consistem em sistemas biológicos baseados em plantas, também designados por fito-ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais baseadas em plantas) ou Leitões de Macrófitas (as macrófitas aquáticas são plantas que se desenvolvem em meios alagados), e que serão descritos em pormenor no Capítulo 2.

Os principais objetivos, propostos inicialmente e integralmente cumpridos, foram:

- Conceber, construir e testar um sistema de ZHCs modulares, usando materiais da fileira florestal para a estrutura, de modo a aumentar a sustentabilidade das ZHCs, diminuir o seu impacto nos Ecossistemas e permitir valorizar as estruturas quando atingirem o seu fim de vida;
- Testar, como enchimento das ZHCs modulares, materiais residuais e subprodutos gerados na região, como por exemplo fragmentos de rochas e outros materiais usados na construção civil, escórias geradas na queima de carvão nas centrais termoelétricas, desperdícios das atividades das fileiras florestal, agropecuária e agroalimentar, entre outros;



- Avaliar a qualidade das águas após tratamento pelas ZHCs, e definir as condições em que podem ser reaproveitadas ou valorizadas, por exemplo para rega, para lavagem de pavimentos, ou para produção de algas, permitindo reduzir os consumos de água e proteger os recursos hídricos;
- Avaliar a potencialidade e as condições de valorização da biomassa vegetal produzida nas ZHCs (resultante das podas regulares das partes emergentes das macrófitas), designadamente como fonte de energia renovável.

A Figura 1 representa, esquematicamente, a relação entre os principais objetivos do projeto. As ZHCs desenvolvidas no projeto são constituídas por estruturas de madeira, cheias com materiais residuais sólidos e plantadas com macrófitas (1), são usadas para tratar diferentes tipos de águas residuais (2), procedendo-se à avaliação do potencial de valorização da água tratada (3). As podas das plantas (4) foram usadas para avaliar o seu potencial como fonte de energia, e, no futuro, quando as ZHCs atingirem o seu fim de vida, tanto o material de enchimento como as estruturas de madeira poderão ser também valorizadas.

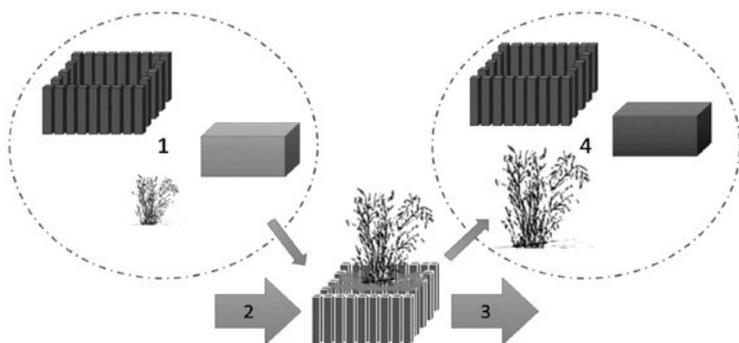


Figura 1 – Esquema geral dos objetivos do projeto VALORBIO: O significado da numeração está descrito no texto.

O projeto, e os seus objetivos, enquadra-se nos paradigmas da Economia Circular (Figura 2), da Bioeconomia e da Sustentabilidade, e explora e desenvolve o conceito de “Resíduos para Tratar Resíduos”.

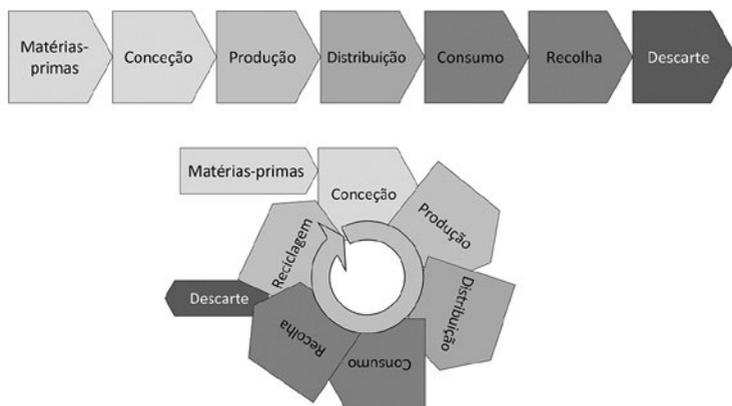


Figura 2 – Paradigma de Economia Circular (esquema em baixo), face à lógica convencional, e não sustentável, de economia linear (esquema em cima).

A demonstração da funcionalidade das ZHCs modulares, com enchimento de materiais residuais, e a potencialidade de se valorizar a água tratada e a biomassa vegetal produzida, contribui para vários Objetivos de Crescimento Sustentável propostos pela ONU:

- Água potável e saneamento;
- Energias renováveis acessíveis;
- Indústria, inovação e infraestruturas;
- Cidades e comunidades sustentáveis;
- Produção e consumo sustentáveis;
- Ação climática;
- Proteger a vida marítima;
- Proteger a vida terrestre;
- Parcerias para a implementação dos objetivos.

Os resultados obtidos também contribuem para dar resposta a vários Desafios Societais:

- Segurança alimentar, agricultura e silvicultura sustentáveis, investigação marinha e marítima e nas águas interiores, e bioeconomia;



- Energia segura, não poluente e eficiente;
- Ação climática, ambiente, eficiência de recursos e matérias-primas.

e enquadram-se em sete dos Domínios Prioritários de Especialização Inteligente:

- Agro-alimentar;
- Água e ambiente;
- Energia;
- Floresta;
- Materiais e matérias-primas;
- Tecnologias de produção e indústrias de processo;
- Tecnologias de produção e indústrias de produto.

Os trabalhos, de investigação aplicada, envolveram uma equipa alargada de investigadores, constituída por docentes e técnicos dos três Institutos Politécnicos, e pela gerência e colaboradores da empresa, cujo consórcio foi a base do projeto. A participação de vários alunos dos cursos conferentes de grau, e não conferentes de grau, ministrados nos Institutos Politécnicos parceiros, constituiu também um contributo muito importante para a obtenção dos objetivos do projeto.

O projeto consistiu em 10 atividades, descritas de seguida de modo muito sumário:

1. Organização e planificação das tarefas do projeto, para colocar em prática o conjunto de atividades de foro experimental;
2. Estudos preliminares à escala laboratorial, em que se avaliou o potencial de diversos materiais residuais para poderem ser usados como enchimento das ZHCs;
3. Avaliação do desempenho de ZHCs de pequena escala (sub-piloto), para avaliar o desempenho dos materiais selecionados na atividade 2, em termos de contribuição para o tratamento de águas residuais e para o bom desenvolvimento das plantas macrófitas;
4. Conceção e construção de ZHCs modulares, em que a estrutura é construída em madeira;



5. Monitorização do funcionamento de uma ZHC modular, cujo enchimento é constituído por materiais residuais selecionados na atividade 3, em termos da capacidade de tratamento de águas residuais;
6. Monitorização de uma ZHC convencional, para efeitos de comparação com o desempenho da ZHC modular monitorizada na atividade 5;
7. Avaliação da possibilidade de se usar a água residual, após tratada pelas ZHCs, para aplicações como rega, lavagem e cultivo de algas;
8. Avaliação da potencialidade de valorização das partes emergentes (caules e folhas) das macrófitas crescidas nas ZHC, designadamente para produção de energia (bioenergia);
9. Análise de resultados, obtenção de conclusões e proposta de trabalhos futuros;
10. Ações de divulgação do projeto e dos resultados obtidos, que, além do presente trabalho, incluíram a organização e participação em *Workshops*, a participação e a publicação de artigos e painéis em Conferências Nacionais e Internacionais.

Os capítulos seguintes incluem uma breve descrição dos trabalhos desenvolvidos nas atividades 2 a 8.



