

Recursos Hídricos

VOLUME 43, Nº 2 | dezembro 2022



**ASSOCIAÇÃO
PORTUGUESA DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Título

Revista Recursos Hídricos

Data de publicação

12 de dezembro de 2023

Data do número

Dezembro de 2022

Proprietário

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Diretora

Susana Neto

Subdirector

Rui Rodrigues

Diretores Associados

Cláudia Brandão

Amparo Sereno

José Maria Santos

Conselho Editorial

António Betâmio de Almeida

António Guerreiro de Brito

António Pinheiro

Bernardo Silva

Catarina Roseta Palma

Dália Loureiro

Fernando Veloso Gomes

Francisco Ferreira

Francisco Nunes Correia

Francisco Taveira Pinto

Jaime Melo Baptista

João Pedroso de Lima

Jorge Matos

José Manuel Ginçalves

José Maria Santos

José Matos

Manuela Moreira da Silva

Maria José Vale

Maria Paula Mendesa

Paulo Canelas de Castro

Rafaela Matos

Rodrigo Maia

Rodrigo Oliveira

Rui Ferreira

Teresa Ferreira

Membros da Comissão Diretiva

Jorge Cardoso Gonçalves (Presidente)

Ana Estela Barbosa (Vice-Presidente)

Carla Rolo Antunes (Vice-Presidente)

Carina Almeida (Vogal)

Tiago Ferradosa (Vogal)

Secretariado

Ana Estêvão

André Cardoso

Conceição Martins

Redação, Administração e Sede do editor

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

a/c LNEC

Av. do Brasil, 101

1700-066 Lisboa

PORTUGAL

Telefone 21 844 34 28 Fax 21 844 30 17

NIF n.º 501063706

Design

Ana Rosária Gonçalves

Periodicidade

Semestral

Edição digital gratuita**Estatuto Editorial**

<http://www.aprh.pt/rh/estatuto-editorial.html>

Os artigos publicados na Recursos Hídricos são identificados com DOI (Digital Object Identifier).

Registo de Pessoa Colectiva n.º 501063706

Registo na ERC n.º 125584

ISSN 0870-1741

INDÍCE

EDITORIAL	5
<i>A nova Equipa da Revista RH, os desafios atuais em Portugal e os contributos da comunidade APRH</i>	
Susana Neto, Rui Rodrigues, Cláudia Brandão, Amparo Sereno, José Maria Santos	5
EM DESTAQUE	7
<i>XX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental</i>	
Jorge Cardoso Gonçalves	9
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	11
<i>Eficiência do Uso da Água em Ambiente Escolar - Envolver os Jovens num Laboratório Vivo para a Eco-Eficiência</i>	
Anabela Cordeiro, Manuela Moreira da Silva	13
<i>Opções de gestão pública dos recursos água e solo na Agricultura Portuguesa</i>	
Ricardo Serralheiro, Mário de Carvalho, Teresa Pinto Correia, António Chambel	25
<i>Participação nos Conselhos de Bacias Hidrográficas: uma análise textual das atas dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré e do Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu</i>	
Heitor Menezes Gomes, Carolina de Albuquerque, Celso Maran de Oliveira	45
<i>Detecção de bactérias na água tratada e armazenada em reservatórios domésticos utilizando citometria de fluxo</i>	
Leandro Manoel Afonso Mendes, Hugo Sarmento	53
ACQUAJURIS OPINIÃO	63
<i>Os 25 anos da Convenção de Albufeira e a proposta espanhola para a “compra” de 100 Hm³ de água de Alqueva</i>	
Amparo Sereno	65
COMISSÕES ESPECIALIZADAS EM AÇÃO	69
<i>Editorial da Comissão Especializada da Qualidade Ecológica da Água (CEQAE)</i>	
<i>Jornadas de Restauro Fluvial da APRH: um contributo para a disseminação do restauro e reabilitação fluvial em Portugal</i>	
José Maria Santos	71
ENTREVISTA	73
<i>Mensagem do Diretor para a Biodiversidade, DG Ambiente, Comissão Europeia, ao 16.º Congresso da Água com o tema “Viver com a Água”</i>	
Humberto Delgado Rosa	75
COLABORADORES	79

A NOVA EQUIPA DA REVISTA RH, OS DESAFIOS ATUAIS EM PORTUGAL E OS CONTRIBUTOS DA COMUNIDADE APRH

Temos a honra de tomar em mãos a sequência do trabalho desenvolvido pelo Professor António Gonçalves Henriques a sua Equipa por mais de uma década (2016-2022). A nova equipa redatorial da Revista Recursos Hídricos é composta por Susana Neto, Rui Rodrigues, Cláudia Brandão, Amparo Sereno e José Maria Santos. Sempre em prol de uma APRH interveniente e que procura contribuir em várias frentes para uma melhor gestão, política e governança da água.

Entre 2022 e o corrente ano, houve mudanças significativas no contexto que influencia de forma muito relevante as condições de ocorrência e utilização dos recursos Hídricos em Portugal. A situação extrema de seca meteorológica foi agravada pelos abaixamentos históricos nas reservas de água superficial, tendo sido atingido um período superior a um ano inteiro (entre outubro de 2021 e meados de dezembro de 2022) onde o volume armazenado na totalidade das albufeiras do País esteve sempre abaixo dos 65 % (algo só equiparado durante a seca de 2005). A escassez de recursos hídricos teve impactos na agricultura e chamou a atenção para a falta de planos de gestão de secas detalhados e incorporados nas regras de exploração das albufeiras. Em paralelo, o diálogo com Espanha não ofereceu soluções satisfatórias quanto à partilha de recursos hídricos em tempos de crise extrema e sob as pressões de utilizações adicionais por parte de Espanha - no meio da falta de informação técnica sobre os pontos de controlo do protocolo adicional (regime de caudais) da Convenção de Albufeira.

Numa era em que a sustentabilidade se tornou uma prioridade global, é imperativo pensar, não esquecendo que a agricultura é naturalmente o maior utilizador da água, as nossas práticas agrícolas para garantir um uso mais eficiente e inteligente da água. Devemos promover técnicas agrícolas inovadoras e gestão inteligente dos recursos naturais ao seu dispor que minimizem o desperdício e maximizem o rendimento, enquanto protegem os recursos hídricos para as gerações futuras. Para responder a estes desafios, a agricultura terá de continuar a investir na educação e na sensibilização, que são fundamentais para garantir a adesão generalizada a práticas agrícolas sustentáveis.

A fragmentação dos rios decorrente da instalação de barreiras hidráulicas transversais – Portugal conta com mais de 250 barragens e 8000 pequenos

obstáculos transversais – de origem antrópica, tem causado o declínio ou mesmo extinção local de diversos organismos aquáticos, nomeadamente de populações piscícolas, incapazes de se dispersarem eficazmente entre habitats. Mitigar os impactos da fragmentação fluvial nos movimentos piscícolas através da implementação de dispositivos específicos para transposição piscícola tem sido um foco importante nos esforços de manutenção da conectividade longitudinal, ações estas que também servem para Portugal cumprir os objetivos estabelecidos a nível europeu, nomeadamente os da Diretiva Quadro da Água (DQA) e da Estratégia para a Biodiversidade 2030.

Para além disso, a implementação de regimes de caudais ecológicos em sistemas fluviais regularizados nunca foi tão urgente como agora. A nível mundial, o crescimento populacional e as atividades humanas estão a colocar uma pressão crescente sobre os recursos aquáticos dulçaquícolas, exacerbando a competição pela água que é cada vez mais escassa e sobrealocada. Juntamente com as alterações climáticas e o aumento da incidência de secas e inundações, estas mudanças nos padrões de utilização e distribuição da água têm impactado severamente as magnitudes, durações e tempos de permanência do caudal nos sistemas fluviais não só em Portugal, mas também a nível global, e contribuído para a degradação generalizada da biodiversidade aquática e do estado ecológico de rios e ribeiras.

Cumpre-se este ano o 25º aniversário da Convenção de Albufeira (CA) de 1998 – sobre cooperação para a Proteção e Uso Sustentável das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas – facto de que devemos congratular-nos, pois foi sem dúvida o momento mais alto no relacionamento bilateral em matéria de águas internacionais. No momento presente, a última notícia sobre o relacionamento bilateral é, precisamente, sobre Alqueva. A “Comunidad Autónoma” de Andaluzia pretende “comprar” água desta albufeira. Será que Portugal deve conceder esse pedido? Na Secção Acquajuris esta questão é debatida. Passados estes 25 anos sobre a assinatura da Convenção de Albufeira, justifica-se fazer um balanço sério sobre o seu percurso e o que é necessário empreender neste domínio de diplomacia para que situações de crise que serão cada vez mais frequentes estejam melhor enquadradas pelos dois países.

A Revista RH irá sendo estruturada como anteriormente, contendo artigos revistos por painel académico e outras peças de opinião, homenagens ou destaques de temas ou atividades relevantes. As Comissões Especializadas foram convidadas a

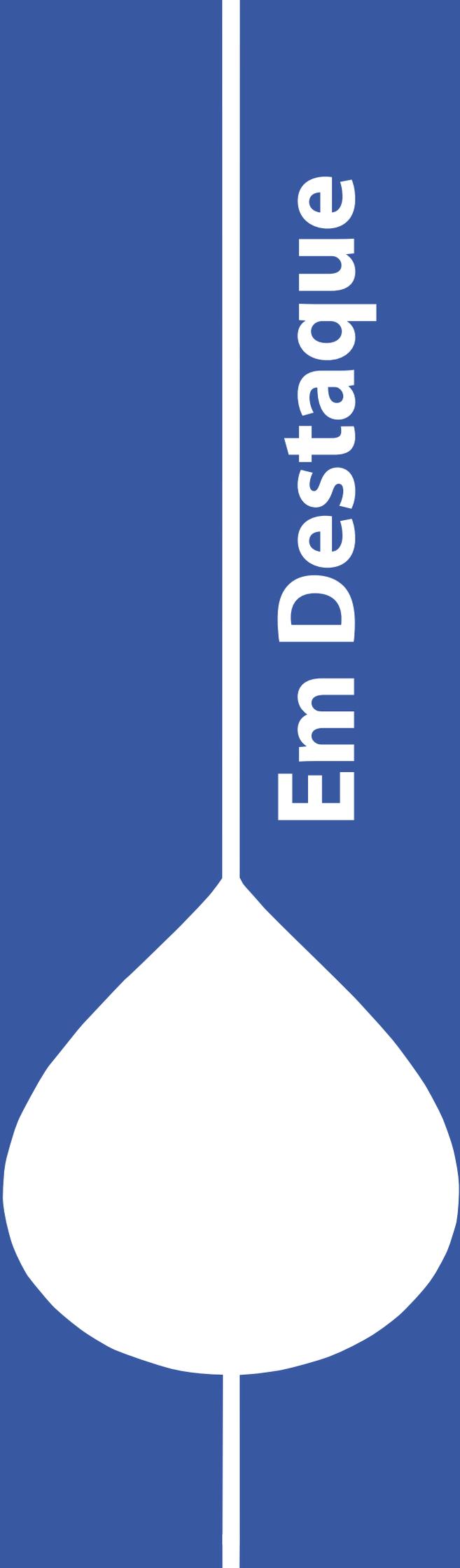
integrar o Conselho Editorial e ficarão responsáveis por angariar artigos científicos e participar na revisão de acordo com as suas respetivas áreas temáticas. As CE irão igualmente ser convidadas a publicar peças editoriais com alguns trabalhos de relevo que estejam a desenvolver. Iniciamos nesta edição da revista esta secção com o valioso contributo da CE da Qualidade da Água e dos Ecossistemas (CEQAE) que apresenta uma síntese do trabalho desenvolvido por esta CE nos últimos anos. Esperamos desta forma que a renovação do Conselho Editorial entre os anteriores membros e os novos venha também impulsionar a capacidade e celeridade nas publicações que valorizam a Revista RH.

Este vol. 43, n.º 2, da RH retoma a edição de 2022 que por diversas razões sofreu atrasos e vem agora dar a conhecer os artigos que estavam em revisão. Temos o gosto de destacar a inclusão neste número de quatro artigos revistos pelo nosso painel científico de revisores e que abordam, nomeadamente, a *Eficiência do Uso da Água em Ambiente Escolar - A Escola como um Laboratório Vivo para a Eco-Eficiência*, por Anabela Cordeiro e Manuela Moreira da Silva; as *Opções de Gestão Pública dos Recursos Água e Solo na Agricultura Portuguesa*, por Ricardo Serralheiro, Mário de Carvalho, Teresa Pinto Correia e António Chambel; a *Participação nos Conselhos de Bacias Hidrográficas: uma análise textual das Atas dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré e do Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu*, por Heitor Menezes Gomes, Carolina de Albuquerque e Celso Maran de Oliveira; e, finalmente, a *Detecção de Bactérias na Água Tratada e Armazenada em Reservatórios Domésticos utilizando Citometria de Fluxo*, por Leandro Manoel Afonso Mendes e Hugo Sarmento.

Esperamos que este número e o nosso trabalho futuro continuem a colher o interesse e apoio de todos os Associados da APRH e possamos difundir esta frente de forma mais alargada a outras audiências.

Com as nossas melhores saudações associativas e editoriais,

**Susana Neto | Rui Rodrigues | Cláudia Brandão |
Amparo Sereno | José Maria Santos**



Em Destaque

XX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

O XX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, organizado pela APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, pela APESB – Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental e pela ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, e cuja primeira edição se realizou a setembro de 1984 em Lisboa, foi acolhido pela Universidade de Aveiro entre 29 de junho e 1 de julho de 2022. O formato híbrido (presencial e online) pretendeu responder ao contexto sanitário global (pandemia) e projetar o evento a nível internacional, em particular junto da comunidade técnico-científica do Brasil.

Este Simpósio foi repleto de momentos de partilha de conhecimento e de experiências, enriquecedores do ponto de vista técnico e científico, e que constituíram um importante contributo para a discussão do tema “Água e Sustentabilidade Ambiental: Desafios e Ação”, alinhado com a Agenda 2030 da ONU – Organização das Nações Unidas e com os seus ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Nesta jornada de trabalho foram debatidos/as desafios e oportunidades relacionados/as com o “Futuro da Água”, nomeadamente o “Impacto das Alterações Climáticas no Ciclo Urbano da Água e nas Regiões Costeiras”, a “Eficiência Hídrica”, os “Edifícios Zero Água”, a “Drenagem Urbana Sustentável”, o “Nexo Água-Energia-Alimentação”, a “Recuperação de Nutrientes”, a “Engenharia Sanitária e Saúde Pública” e a “Reutilização e Reciclagem de Resíduos”.

Esta edição do SILUBESA foi, também, um espaço de reencontros para profissionais, colegas e amigos, que juntos e em ambiente de partilha, trouxeram mais de duas centenas de trabalhos, participaram em mesas redondas e aproximaram instituições de ensino, centros de investigação, institutos técnico-científicos e empresas do setor da água (entidades gestoras, fabricantes e consultores).

Jorge Cardoso Gonçalves

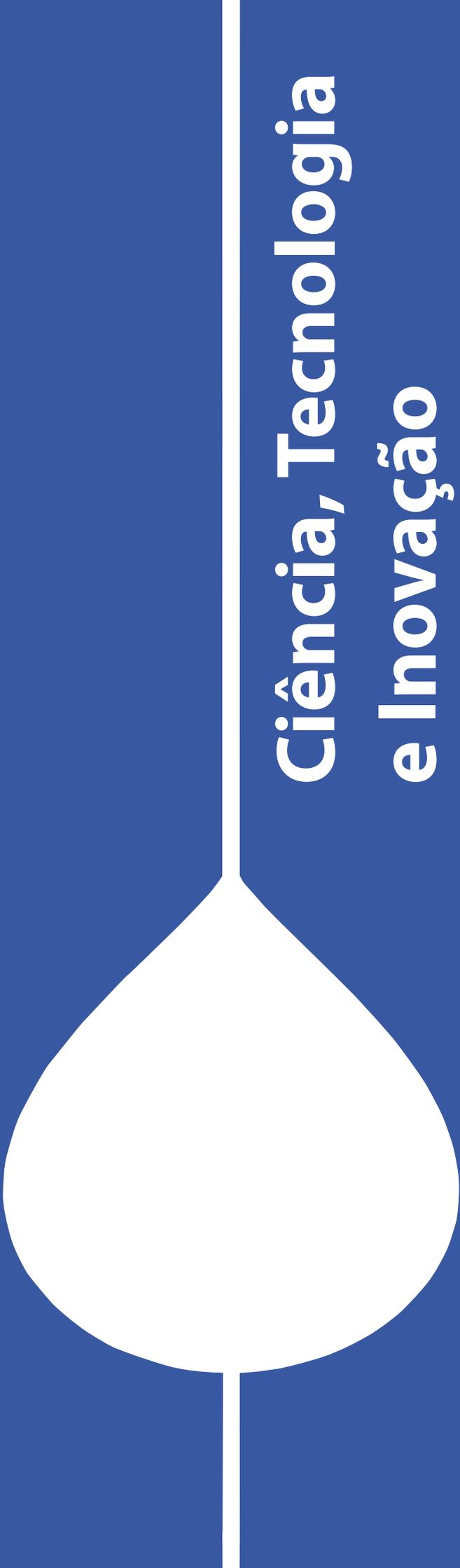
Presidente da Comissão Diretiva da APRH

Membro da Comissão Organizadora do XX SILUBESA



Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 43, N.º 2, 9 - dezembro de 2022.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh43n2-destaque



Ciência, Tecnologia e Inovação

Eficiência do Uso da Água em Ambiente Escolar - Envolver os Jovens num Laboratório Vivo para a Eco-Eficiência

Efficiency of Water Use in School Environment - Engaging Young People in a Living Lab for Ecoefficiency

Anabela Cordeiro¹*, Manuela Moreira da Silva²

* Autor para a correspondência: anabela.assuncao@gmail.com

¹ Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia, Faro, Portugal. Mestre em Ciclo Urbano da Água.

² Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia, Faro, Portugal. CIMA-ARNET; CEiIA, Colab Smart and Sustainable Living. msanti@ualg.pt. Sócia APRH nº 1774

RESUMO: A crescente pressão sobre os recursos naturais do planeta, nomeadamente da água, associada ao crescimento demográfico e aos atuais padrões de consumo, exige práticas de gestão mais eficientes, que permitam sustentar a biocapacidade do planeta. A educação é uma ferramenta muito poderosa para transformar comportamentos atuais e futuros, determinantes para enfrentarmos períodos de seca cada vez mais prolongados, sobretudo em regiões onde os efeitos das alterações climáticas têm sido mais severos. Este é o caso do Algarve, onde este estudo se realizou durante 2021, com o objetivo de envolver os jovens na melhoria da eco-eficiência da sua escola, família e cidade. Para isso utilizou-se o ambiente de uma Escola Básica como se fosse um laboratório vivo, com jovens entre os 12 e os 18 anos, e considerando-se as variáveis: água, energia, gás propano, resíduos plásticos e balanço de carbono. Foram promovidas várias ações pedagógicas interativas com recurso a TIC, envolvendo-se diversos stakeholders (Universidade do Algarve, Município de Olhão e Águas do Algarve) e explorando a importância do uso eficiente da água, da redução da Pegada Hídrica (PH), do consumo de água da torneira e da redução dos resíduos plásticos. Caracterizaram-se os espaços exteriores do recinto, nomeadamente a vegetação, tendo-se para tal procedido à identificação, medição e contagem de árvores e arbustos. Estimaram-se as emissões de carbono relacionadas com os consumos de água, energia e gás e o potencial de sequestro da vegetação existente no recinto escolar. A PH dos jovens foi de 279 L. Detetaram-se várias fugas de água no edifício no período 2017-20, e com as medidas definidas devem ser poupados 270 L/min água nas torneiras e 16 L/min nos chuveiros. O funcionamento desta escola representa a emissão de 31 t CO₂/ano, sendo que a sua vegetação apenas sequestra 16 % dessas emissões. Durante este período, cerca de 580 pessoas (jovens e adultos) definiram medidas de melhoria em ambiente escolar, que ao serem transportadas para a família, permitem disseminar alterações comportamentais verdadeiramente promotoras da eco-eficiência urbana. Estas melhorias irão permitir o uso mais eficiente da água e a integração da Natureza em espaços urbanos, promovendo serviços ecossistémicos fundamentais para a qualidade de vida, e em particular, a melhoria do sequestro de carbono, contribuindo para se atingir a meta da neutralidade carbónica imposta para 2050 pelo Estado Português.

Palavras-Chave: Educação Ambiental; Escassez de Água; Resíduos Plásticos; Balanço de Carbono; Natureza Urbana.

ABSTRACT: The population growth and current consumption patterns, are increasing the pressure on the planet's natural resources, that require practices of more efficient management for sustaining the planet's biocapacity. The water abstraction and its multiple uses are one of the main problems to planet sustainability. Education is a very powerful tool for transforming current and future behaviors, that can be useful to face increasingly long drought periods, especially in regions where the climate change effects have been more severe. This is the case of the Algarve, where this study was carried out during 2021, with the aim of engage young people in improving the eco-efficiency of their school, family and city. For this, the environment of a Basic School was used as a living lab, with students between 12 and 18 years old, and considering the consumption of water, energy and propane gas, the use of plastic water bottles and the calculation of the carbon balance in the school environment. Several activities were promoted using ICT with stakeholder's collaboration (University of the Algarve, Municipality of Olhão and Águas do Algarve) to explore the importance of the efficient use of water, to reduce the Water Footprint (WF), to promote the consumption of tap water and reduce the plastics use. The external green spaces of the school building were characterized identifying and counting trees and shrubs. The carbon emissions related to the consumption of water, energy and propane gas in the school building were quantified and the carbon sequestration by plants was estimated. The WF of students was about 279 L. Between 2017-21 several water losses were detected in the school building. Besides the proposed measures will save 270 L/min of water in the taps and 16 L/min in the showers. This school is responsible for the emission of 31 t CO₂/year, and vegetation only sequesters around 16 % of that emissions. During this study, around 580 young students and adults defined improvement measures at the school environment, which were carried to home engaging families and transforming behaviors that will contribute to improve the urban eco-efficiency. This improvement includes a decrease on water consumption and an increase of green areas, promoting ecosystem services that are vital to the urban community, particularly the carbon sequestration, contributing to achieve the goal of carbon neutrality defined to 2050 by the Portuguese State.

Keywords: Environmental Education; Water Scarcity; Plastic Waste; Carbon Balance; Urban Nature

Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 43, N.º 2, 13-24 - dezembro de 2022.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh43n2-cti1

1. INTRODUÇÃO

A capacidade do planeta para suportar as necessidades da humanidade não é inesgotável e considera-se que já foi amplamente ultrapassada (Gali *et al.*, 2020; Sterner *et al.*, 2019; UNPD, 2018), devido em grande parte às cidades que alojavam 55 % da população mundial em 2017, e se prevê virem a alojar 70 % em 2050 (UNPD, 2018; UNDP, 2023). As cidades contribuem com 80 % para o PIB mundial, emitem 75 % dos gases com efeito de estufa e devem ser encaradas como sistemas complexos e adaptáveis ao longo do tempo (Bettencourt, 2021; Hardiman *et al.*, 2017; Tang *et al.*, 2016). Na Agenda 2030 e nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável é muito claro que a eficiência na gestão dos recursos naturais, e da água em particular, para além dos desafios científicos e tecnológicos que envolve no atual mundo digital, carece da transformação comportamental dos cidadãos, que têm que ser capacitados para inverter as atuais práticas de consumismo exacerbado. A educação ambiental, centrada no equilíbrio entre a qualidade de vida das pessoas e a preservação dos ecossistemas naturais, representa uma ferramenta estratégica, que poderá envolver os jovens de forma inclusiva, na definição de comportamentos que garantam o não esgotamento dos recursos fundamentais à vida na Terra. Esta educação participativa pode significar a base para sociedades mais capacitadas, sustentáveis, inclusivas e pacíficas (Ferreira & Li, 2023; Leal Filho *et al.*, 2019; García-González *et al.*, 2020; Tasdemir & Gazo, 2020; UNESCO, 2021). A eco-eficiência traduz-se na otimização da produtividade e na redução de custos com base na implementação de processos e de práticas que promovam a reutilização e reciclagem de materiais, e que minimizem o consumo dos recursos naturais, nomeadamente de água e energia (Burnett & Hansen, 2008). Nos últimos anos em diversos países, incluindo em Portugal, o conceito de eco-eficiência começa a ser estendido ao ambiente escolar, envolvendo jovens, professores e familiares nos desafios da sustentabilidade, incluindo em ações para redução das emissões de carbono (Valdiviezo, 2019; Lizana *et al.*, 2021).

O ciclo urbano da água deve assumir que o recurso água, sendo essencial à vida apresenta um valor intangível nas suas dimensões ambiental, social e económica. A interação da cidade com o ciclo natural da água, é feita numa lógica equilibrada de prosperidade, promovendo o uso de várias origens (água da chuva, água do mar dessalinizada, água para reutilização- ApR, etc.) e protegendo os habitats naturais e a biodiversidade. Os espaços

verdes urbanos são essenciais porque recolhem, purificam e usam a água da chuva, assegurando diversos serviços ecossistémicos às comunidades, para além de promoverem a beleza e harmonia da paisagem urbana (Galafassi *et al.*, 2020). No atual cenário com períodos de seca cada vez mais prolongados e severos (IPCC, 2021), impera a necessidade de se melhorar a eficiência do uso da água, isto é, de se otimizarem os consumos de água e as respetivas origens, garantindo que se cumprem os requisitos de quantidade e qualidade necessários. O uso eficiente da água, pressupõe a garantia de que se consome a quantidade mínima possível de água, para cumprir eficazmente a(s) funcionalidade(s) a que se destina, sejam elas tarefas, processos ou serviços (Freire-González, 2019). Este conceito centra-se na redução do desperdício de água, e não na restrição do seu uso. Para o uso eficiente contribuem pequenas-grandes mudanças tecnológicas, mas sobretudo comportamentais, por parte dos consumidores, reduzindo desperdícios de água e/ou optando pela aquisição de produtos/serviços mais eficientes. O conceito de PH (Ercin & Hoekstra, 2012) representa o volume de água consumida por dia, por indivíduo ou organização, ou o volume de água necessário à produção de um bem ou à garantia de um serviço. Nos últimos anos a PH tem sido utilizada como uma ferramenta para se consciencializar a população, sobretudo os mais jovens, para a necessidade do uso eficiente da água (Venckute *et al.*, 2017; Neto *et al.*, 2020).

Para além dos recursos naturais que consomem, as cidades são responsáveis pela produção de grandes quantidades de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) que vão esgotando a capacidade de carga dos ecossistemas naturais (Gali *et al.*, 2020) e ameaçando a saúde pública (WHO, 2021). Entre os vários Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) os resíduos plásticos são considerados uma ameaça emergente para habitats, vida selvagem e humanidade (Galafassi *et al.*, 2019; Peixoto *et al.*, 2019). Em 2020, Portugal produziu 5,3 t de RSU, sendo que o elevado consumo de água engarrafada em embalagens plásticas, as transformou num dos principais RSU produzidos (APA, 2021). Apesar de 99 % da água tratada para consumo humano e distribuída até à torneira do consumidor ser considerada segura (ERSAR, 2021), muitas pessoas preferem consumir água mineral comercializada em embalagens plásticas, alegando que a presença de cloro (desinfetante residual presente na água) altera as suas propriedades organolépticas, principalmente o seu sabor. Em termos de emissões gasosas, as diversas atividades antrópicas associadas ao

desenvolvimento tecnológico, à urbanização e à mobilidade, suportados por elevados consumos energéticos e de combustíveis fósseis, têm sido responsáveis pela emissão de diferentes gases com efeito de estufa nomeadamente, CO, SO₂, O₃, NOx, CH₄, C₆H₆, entre outros. A par disso, em média as cidades têm capacidade para sequestrar através da vegetação urbana menos de 30 % das suas emissões (McPherson *et al.*, 2013). À medida que as cidades se tornam mais densamente povoadas, a área disponível para a Natureza e para os seus serviços ecossistémicos tende a diminuir (Kuittinen *et al.*, 2016). A quantidade de parques, jardins públicos, florestas urbanas e outros espaços verdes dentro da cidade sofreram uma diminuição com o aumento da densidade populacional, e perderam-se serviços ecossistémicos, nomeadamente os de regulação, que contribuem para a mitigação local dos efeitos das alterações climáticas. Em concreto, com a existência de menos vegetação urbana, principalmente de árvores e arbustos, diminuiu-se a retenção de água na cidade, perdeu-se capacidade para amortizar os picos extremos de temperatura, e reduzindo-se o potencial de sequestro de carbono na biomassa vegetal (Fry *et al.*, 2018).

Este estudo realizou-se na escola Básica 2º e 3º Ciclos João da Rosa – Olhão, e teve como principal objetivo utilizar este ambiente escolar como um laboratório vivo, onde jovens e docentes trabalharam em equipa com outros *stakeholders* (Universidade do Algarve, Município de Olhão, Agência Portuguesa do Ambiente e Águas do Algarve, S.A.) para se estudar a sua eco-eficiência. Quantificaram-se os principais recursos consumidos (água, energia e gás propano) para o normal funcionamento pedagógico deste edifício, no período de 2017 a 2020 e estimaram-

se as emissões médias anuais de CO₂ e associadas, bem como a capacidade de sequestro de CO₂ pela vegetação do respetivo recinto, de forma a calcular-se o balanço de carbono. Alinhando-se pelo New European Bauhaus, que aponta para a criação de soluções que integrem a sustentabilidade, a inclusão e a beleza, desenvolveu-se uma atividade artística de pintura, para ligar os jovens à ameaça que os resíduos plásticos constituem para os ecossistemas naturais.

2. METODOLOGIA

Este estudo se realizou-se durante ano letivo 2020/21, quando a Escola Básica 2,3 João da Rosa (Figura 1) tinha 488 alunos com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos, 66 docentes e 20 assistentes operacionais. Localizada na cidade algarvia de Olhão esta escola está rodeada por bairros carenciados com dificuldades de integração social, e onde o desinteresse familiar pelo percurso escolar dos jovens é uma realidade frequente.

Consideraram-se os recursos consumidos (água, energia e gás propano) para o normal funcionamento escolar. Na análise de dados, estimaram-se os valores mensais médios, analisando-se isoladamente o ano de 2020, para se avaliarem eventuais diferenças no consumo de recursos, relacionadas com o funcionamento atípico da escola devido à pandemia Covid-19.

Sensibilização dos Jovens para a Eco-Eficiência

Uso Eficiente da Água

Para se introduzir a temática utilizou-se o Dia Mundial da Água com uma apresentação audiovisual



Figura 1. Escola Básica 2,3 João da Rosa, Olhão (adapt. Google Earth).

(https://www.youtube.com/watch?v=cABhd_nrsSl&t=2s) no final da qual 271 alunos dos 7º, 8º e 9º anos calcularam a sua PH utilizando para o efeito a Calculadora da PH disponibilizada online pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (<https://ech2o.aprh.pt/peghidrica/pt/>), de forma a tomarem consciência dos seus consumos individuais diários de água, diretos e indiretos.

Consumo de Água da Torneira e Redução de Embalagens Plásticas

Promoveu-se o consumo de água tratada da torneira, em colaboração com os vários stakeholders, apresentando-se materiais audiovisuais ajustados a esta faixa etária, com evidências dos avanços do ciclo urbano da água em Portugal nas últimas décadas, e da segurança da água da torneira. Distribuíram-se cantis a todos os jovens para serem cheios, em detrimento do consumo de água comercializada engarrafada (Figura 2).



Figura 2. Distribuição de cantis e interação com os stakeholders para promoção do consumo de água da torneira.

Apresentaram-se de diversos vídeos sobre a problemática dos resíduos plásticos, nomeadamente das garrafas de água, com explicação detalhada das consequências para os ecossistemas naturais do seu mau encaminhamento, da sua persistência no ambiente devido à formação de micro- e nanoplásticos, e da sua bioacumulação ao longo das cadeias tróficas. (ex. <https://www.youtube.com/watch?v=6xINyWppB8&t=42s>).

A Arte e a Proteção da Natureza

Atendendo à proximidade desta escola à Ria Formosa e ao mar, e no sentido de se dar continuidade aos conteúdos explorados sobre o ciclo urbano da água, organizou-se uma atividade artística de pintura das sarjetas do recinto escolar. Numa abordagem multidisciplinar e integrando novamente a colaboração dos stakeholders

explorou-se a importância da gestão adequada dos resíduos plásticos e dos seus impactos negativos quando estes entram nas sarjetas e atingem os ecossistemas costeiros (Figura 3).



Figura 3. Pintura das sarjetas da Escola Básica 2,3 João da Rosa, Olhão.

Diagnóstico dos Recursos Consumidos para o Funcionamento Escolar

Foram considerados os diversos locais dentro do edifício escolar onde existe consumo de água (casas de banho, refeitório, bar, salas laboratoriais e salas de educação visual), e medidos por alunos e docentes os caudais das respetivas torneiras e chuveiros quando existentes, não sendo possível intervir nos autoclismos por se encontrarem embutidos nas paredes. Procedeu-se à inventariação dos consumos mensais de água na escola entre 2017 e 2020 com base nos registos das leituras do respetivo contador, sendo que a única origem de água utilizada foi a tratada para consumo humano, captada, tratada e distribuída em alta pela Águas do Algarve – Grupo Águas de Portugal, e distribuída em baixa pela AmbiOlhão. Acedeu-se aos consumos energéticos mensais do edifício escolar e do gás propano utilizado na cozinha para confeção das refeições.

Balanço de Carbono

Emissões de CO₂e

Foram consideradas as emissões de carbono relacionadas com os consumos de energia, de gás propano e de água. Os consumos energéticos reportados de 2017 a 2020 foram convertidos em emissões de CO₂e utilizando-se os fatores de emissão recomendados (DGEG, 2021): 2017 de 298 g CO₂/kWh; 2018 de 247 g CO₂/kWh; 2019 de 249 g CO₂/kWh; 2020 de 200 g CO₂/kWh. Para se estimar as emissões de CO₂e associadas ao consumo de gás propano no mesmo período temporal, considerou-se o fator de emissão (FE) de 63,1 Kg CO₂e/ GJ e o Poder Calorífico Inferior (PCI) de 46,3 MJ/ Kg (DGEG, 2008), de forma a calcular

Eficiência (GJ) = Massa de gás consumido x PCI

Emissões (Kg CO₂e) = Eficiência x FE

Para o cálculo das emissões de carbono associadas aos consumos de água considerou-se que, por cada m³ de água tratada que chega à torneira dos consumidores Portugueses são gastos 0,88 kWh, e que por cada m³ de água drenada e tratada em ETAR se consomem 0,81 kWh (ERSAR, 2016). De seguida converteram-se esses consumos energéticos associados à água gasta no edifício escolar no período em análise, em emissões de carbono utilizando os fatores de emissão da DGEG já referidos.

Potencial de Sequestro de CO₂

Para se estimar a capacidade de sequestro de carbono pela biomassa vegetal dos espaços verdes da referida escola, caracterizaram-se os espaços exteriores quantificando-se áreas permeáveis e impermeáveis. Nas áreas vegetadas, contaram-se e identificaram-se as árvores e arbustos, e mediu-se a área ocupada por vegetação herbácea espontânea. Nesta primeira estimativa, utilizaram-se fatores de sequestro de carbono validados em estudos anteriores, com as mesmas espécies vegetais e considerando indivíduos de idade equivalente no ambiente urbano de Barcelona (Chaparro & Terrada, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

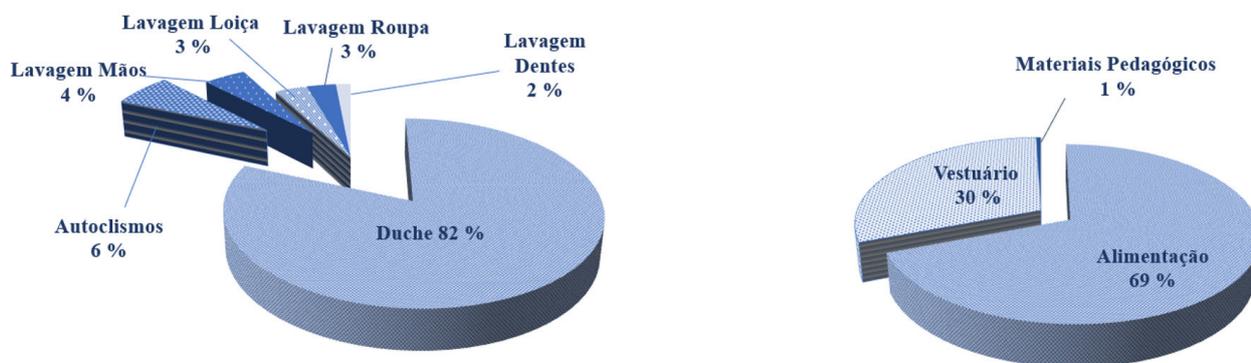
Uso Eficiente da Água

Pegada Hídrica

Os resultados obtidos para os 262 inquéritos considerados válidos, apontam para uma PH direta entre 50 e 116 L, em média de 279±182 L, portanto superior ao consumo de água potável *per capita* no Algarve em 2019, estimado em 189 L (ERSAR, 2019).

Esta PH média é ligeiramente superior à obtida anteriormente para uma comunidade multietária da grande Lisboa, correspondente a 255±126 L (Neto *et al.*, 2020). Para os jovens da Escola Básica 2,3 João da Rosa os duches representam 82 % do total da água consumida diretamente (Figura 4), cerca do dobro anteriormente referido por Muller *et al.* (2021), seguindo-se as descargas dos autoclismos (6 %) cerca de 4 vezes inferior ao referido no mesmo estudo. Quando os jovens foram confrontados com o consumo demasiado elevado de água nos duches, referiam repetidamente a necessidade de se manter a água sempre a correr para não sentirem frio, o que reflete as dificuldades destas famílias para aquecerem as suas habitações. Por outro lado, estes jovens apresentam menores consumos de água nas lavagens de loiça, roupa e dos dentes, mas consomem o dobro na lavagem das mãos comparativamente aos mesmos estudos anteriores. Estes resultados sugerem que o elevado consumo de água nas lavagens das mãos pode estar associado ao cenário de pandemia Covid-19 vivenciado em 2020-2021.

Tal como se esperava, a PH indireta foi cerca de 10 vezes mais elevada (2678±1093 L) do que a direta, reforçando resultados já obtidos anteriormente para jovens estudantes do ensino secundário em Faro (Venckute *et al.*, 2017). Verificou-se que a alimentação é responsável pela maior parte da PH indireta (69 %), seguindo-se o vestuário (30 %) e os materiais pedagógicos apenas representaram 1 %. De notar que Muller *et al.* (2021), na comunidade multietária que estudou na grande Lisboa obteve consumos mais elevados para a alimentação (95 %) e significativamente inferiores para o vestuário (4 %), reforçando a importância da idade e do enquadramento social nos padrões de consumo de água, neste caso nos indiretos.



a) Pegada Hídrica Direta

b) Pegada Hídrica Indireta

Figura 4. Contributos para a PH direta (a) e para PH indireta (b) dos jovens estudantes.

Consumos de Água no Edifício Escolar

Os consumos médios mensais de água na Escola Básica 2, 3 João da Rosa entre 2017 e 2020, apresentam-se na Tabela 1 e apontam para a existência de algumas perdas de água, particularmente evidentes nos meses de, abril e maio de 2017, setembro de 2018 e julho de 2019, que excedem significativamente os respetivos consumos médios mensais desses três anos, e estão associados a elevados desvios padrão (SD). Se estes meses em que houve perdas de água forem excluídos, considerando-se as médias mensais de 2017 a 2019, abril corresponde ao mês de menor consumo (a 144 m³, excluído abril de 2017 em que terá havido uma fuga de água), e janeiro ao mês de maior consumo (291 m³), seguindo-se novembro (221 m³). Estes consumos mais elevados em janeiro e novembro, estarão provavelmente associados a duchas mais longas, que os estudantes tomam nestes meses mais frios.

O mês de julho de 2019, apresenta um consumo de água 60 % mais elevado comparativamente à média dos meses de julho de 2017, 2018 e 2020 (Figura 5). Não havendo justificação no funcionamento do edifício para este consumo anómalo, significa que é uma perda de cerca de 181 m³, o que corresponde ao que 957 pessoas residentes no Algarve gastaram por dia em 2019 (ERSAR, 2019).

No ano de 2020, entre 13 de março e o início das férias de verão (final junho), as aulas funcionaram em regime de ensino à distância, mas ao contrário do esperado, os consumos de água no interior do edifício escolar aumentaram. Também nos meses de julho e agosto de 2020, apesar das férias escolares os consumos de água excederam as respetivas médias mensais dos três anos anteriores (2017 a 2019). Os meses de outubro, novembro e dezembro de 2020, foram os que apresentaram consumos mais elevados, correspondendo respetivamente a aumentos de 39 %, 40 % e 36 %, comparativamente às médias mensais dos três anos anteriores.

Tabela 1. Consumos mensais de água (m³) entre 2017 e 2020 na Escola Básica 2, 3 João da Rosa.

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Anual
2017	338	176	160	305	357	174	190	150	155	216	247	216	2684
2018	200	165	150	123	158	181	161	155	331	172	185	205	2186
2019	335	189	162	165	182	207	454	157	138	191	230	200	2610
Média	291	177	157	198	232	187	268	154	208	193	221	207	2493
DesvPad	79	12	6	95	109	17	161	4	107	22	32	8	269
2020	238	214	204	212	212	310	192	264	202	314	369	325	3056

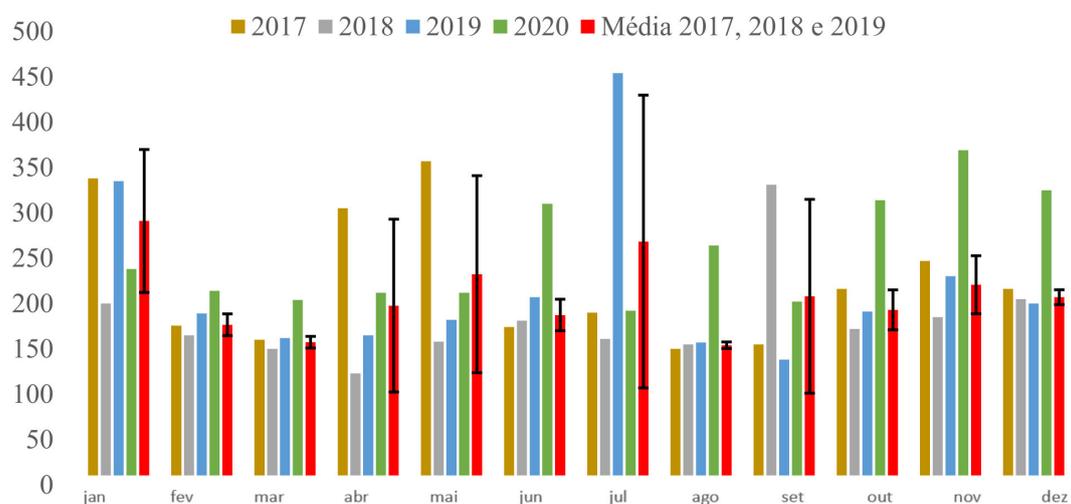


Figura 5. Consumos mensais de água (m³) na Escola Básica 2, 3 João da Rosa, Olhão entre 2017 e 2020, média mensal dos três anos sem influência da situação pandémica e desvio padrão.

Em 2020 no cenário da pandemia Covid-19, este edifício escolar consumiu mais 18 % de água que nos três anos anteriores, provavelmente devido às práticas de higiene pessoal e de limpeza do edifício e respetivos equipamentos. Este facto realça a importância social que a água tem para a saúde pública, particularmente em momentos críticos, como o da pandemia Covid-19.

Intervindo-se nos equipamentos monitorizados que se referem na Tabela 2, através da substituição de torneiras danificadas e da colocação de redutores de caudal, consegue-se uma poupança global de 270 L/min, dos quais 203 L/min serão nos WC, 3 L/min no bar, 40 L/min no refeitório e 24 L/min nas salas de aulas. Nos chuveiros poderão poupar-se 16 L/min. Portanto, com o mesmo nível de conforto para estudantes e funcionários desta escola, só nos WC serão poupados cerca de 219 L/min.

Este valor é bem ilustrativo da oportunidade existente para se corrigirem desperdícios e se melhorar a eficiência hídrica em edifícios escolares como este. De notar que, na região do Algarve e no país em geral, existem a funcionar escolas dos diversos níveis de ensino, em estados de conservação muito distintos o que se deve refletir

em eficiências muito distintas no uso dos recursos necessários ao seu funcionamento, nomeadamente em termos de consumos de água. Assim sendo, é muito pertinente a recolha periódica deste tipo de dados e a sua análise crítica de forma a garantir-se uma monitorização que permita a redução dos desperdícios de água em ambiente escolar.

Consumos Energéticos no Edifício Escolar

Os consumos energéticos mensais de 2017 excederam significativamente os consumos médios mensais dos três anos (2017, 2018 e 2019), tendo-se verificado uma diminuição acentuada dos consumos entre 2017 e 2018 (Figura 6), provavelmente associada à substituição dos sistemas de iluminação, e à avaria reportada pelos funcionários de alguns equipamentos/máquinas na cozinha que ainda não foram substituídos. Os consumos energéticos diminuíram em 2020 em cenário de pandemia Covid-19, com confinamento iniciado em meados de março e atividade presencial retomada a partir de meados de setembro. Esta diminuição de consumos energéticos é bem visível nos meses de março a agosto de 2020

Tabela 2. Caudais monitorizados nos equipamentos escolares, incluindo 66 torneiras e 16 chuveiros.

	Nº total Torneiras	Nº torneiras a Substituir	Nº torneiras a colocar Redutor	Caudal Médio Atual (L/min)	Caudal Médio Pretendido (L/min)
WC	29	18	11	11±4	4
Bar	3	1	2	10±1	9
Cozinha	10	9	1	13±3	9
Salas aula	24	2	8	9±2	8
Total	66	30	22	10±3	8±2
	Nº total Chuveiros	Nº Chuveiros a Substituir	Nº Chuveiros a colocar Redutor	Caudal Médio Atual (L/min)	Caudal Médio Pretendido (L/min)
WC	16	16	0	9±4	8

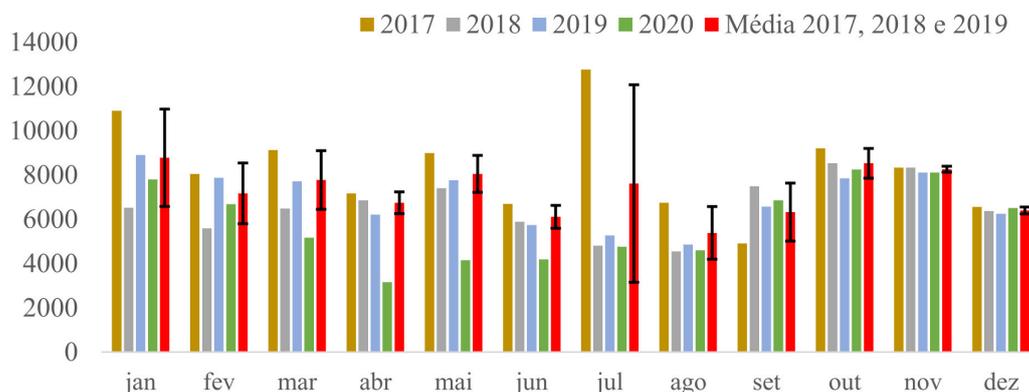


Figura 6. Consumos mensais de energia (kWh) na Escola Básica 2, 3 João da Rosa, Olhão entre 2017 e 2020, média mensal dos três anos sem influência da situação pandémica e desvio padrão.

Consumos de Gás Propano no Edifício Escolar

Nesta escola o gás propano é utilizado exclusivamente para a confeção das refeições na cozinha e correspondeu a um consumo de 1523 kg em 2017, 2420 kg em 2018, 2886 kg em 2019, diminuindo para 1208 kg em 2020, ano em que devido à situação pandémica houve uma diminuição significativa da quantidade de refeições confeccionadas na escola.

Emissões de Carbono Associadas aos Recursos Consumidos

Atendendo aos recursos consumidos entre 2017 e 2019, o funcionamento desta escola foi responsável por uma emissão anual média de 31,046 t CO₂e (Figura 7) sendo que os consumos energéticos representam entre 68 a 84% das emissões, os de gás propano entre 13 a 28 % e os de água os restantes 3 a 6 %. À semelhança do reportado para outros setores da sociedade (Silva *et al.*, 2020; Lobato *et al.*, 2021) a pandemia Covid-19 terá provocado uma diminuição das emissões de carbono desta escola em 2020, quantificadas em cerca de 60% da média dos três anos anteriores.

Potencial de Sequestro de CO₂

O recinto exterior desta escola tem uma área de 12 852 m² sendo que 10 426 m² se encontram impermeabilizados e 2 426 m² são permeáveis. Na área permeável 1 665 m² não apresentam vegetação

e 419 m² correspondem a espaços cobertos por árvores e 342 m² cobertos por arbustos. A vegetação herbácea que existe é espontânea e sem expressão na maioria dos meses do ano. Assim sendo, para o cálculo do potencial de sequestro de carbono apenas se considerou a vegetação arbórea e arbustiva, que foi caracterizada tal como se apresenta na Tabela 3.

Os dados apresentados permitem estimar um sequestro anual de carbono pela vegetação arbórea de 2 946 kg CO₂/ano e pela arbustiva de 885 kg CO₂/ano, de acordo com estudos anteriores previamente realizados para estas espécies, com indivíduos de idade equivalente, no ambiente urbano de Barcelona (Chaparro & Terrada, 2009). Assim sendo, nesta primeira estimativa, a vegetação existente nos espaços exteriores da Escola Básica 2,3 João da Rosa parece ter capacidade para sequestrar cerca de 3 831 kg CO₂/ano, sendo que, a espécie que mais contribuiu para o sequestro foi o pinheiro australiano (*Casuarina cunninghamiana*), que não sendo autóctone, está há muito tempo distribuída e implementado em regiões muito afastadas da Austrália, de onde é nativa. Apresenta uma grande resistência a ventos fortes e à salinidade, sendo muito frequente em zonas costeiras onde se adapta bem a diferentes condições edafoclimáticas e apresenta crescimento rápido (Zong *et al.*, 2020), o que se traduz na sua elevada capacidade para sequestro de carbono.

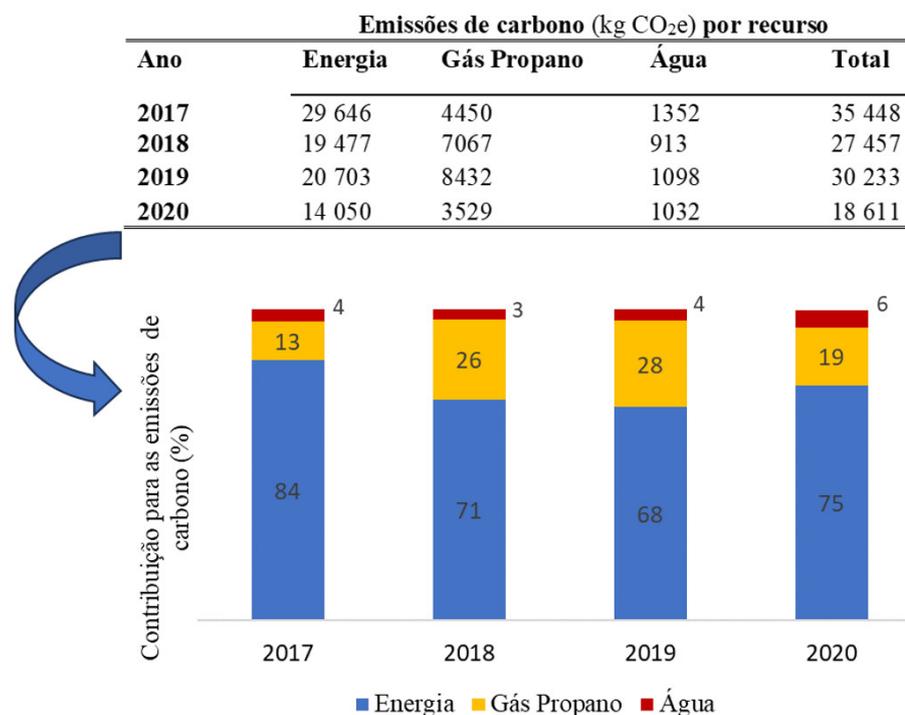


Figura 7. Emissões de carbono associadas aos recursos consumidos na Escola Básica 2, 3 João da Rosa, Olhão entre 2017 e 2020.

Tabela 3. Caracterização da vegetação existente no recinto exterior da Escola Básica 2,3 João da Rosa e fator de sequestro anual por espécime (Chaparro & Terrada, 2009)

	Nº de Individuos	Kg CO ₂ / ind
Árvores		
Amendoeira (<i>Prunus dulcis</i>)	2	8,59
Amoreira Negra (<i>Morus nigra</i>)	1	35,30
Oliveira (<i>Olea europaea</i>)	5	17,58
Jacaranda (<i>Jacaranda mimosifolia</i>)	1	25,32
Grevílea (<i>Grevillea robusta</i>)	4	--
Árvore da Borracha (<i>Ficus elástica</i>)	1	11,16
Álamo Negro (<i>Populus nigra</i>)	7	-7,707
Pinheiro Manso (<i>Pinus pinea</i>)	1	9,06
Árvore de Judas (<i>Cercis siliquastrum</i>)	2	12,70
Acer Negundo (<i>Acer negundo</i>)	1	19,01
Pinheiro Australiano (<i>Casuarina cunninghamiana</i>)	54	40,63
Figueira (<i>Ficus carica</i>)	1	9,87
Cinamomo (<i>Melia azedarach</i>)	22	25,73
Arbustos		
Roseira (<i>Rosa gállica</i>)	1	--
Oleandro (<i>Nerium oleander</i>)	80	10,94
Mióporo (<i>Myoporum laetum</i>)	2	--
Camara (<i>Lantana camara</i>)	1	--
Alfostigueiro (<i>Pistacia lentiscus</i>)	1	9,58

Balço de Carbono da Escola Básica 2,3 João da Rosa

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, para o funcionamento desta escola, em média são emitidos anualmente 31,046 t CO₂e (não considerando o ano de 2020 para a média anual) e a vegetação dos seus espaços exteriores conseguirá sequestrar cerca de 3 873 kg CO₂, isto é cerca de 12,5 %.

Assim, calculando-se o balanço de carbono podemos concluir que esta escola contribui com a emissão para a atmosfera de aproximadamente 27 t CO₂/ano. Há portanto, um conjunto de medidas relacionadas com o usos eficiente dos recursos (sobretudo da energia) que devem ser implementadas, bem como, ponderar-se aumentar a densidade de espécies autóctones arbóreas (pinheiro manso, figueira, oliveira, alfarrobeira, etc.) e arbustivas (ex. o medronheiro), que não

necessitem de ser regadas para não aumentar as necessidades de água, e que assegurem sombra e temperaturas mais amenas neste espaço escolar exterior, enquanto sequestram carbono.

CONCLUSÕES

Neste estudo realizado no Algarve, envolveram-se mais de 500 pessoas num ambiente escolar socialmente carenciado, sobretudo jovens estudantes entre os 12 e 18 anos, no desafio de se melhorar o uso da água e a eco-eficiência. A escola funcionou como um laboratório vivo, onde se mediram consumos de água individuais (PH) e os da comunidade escolar, evidenciando-se diversas situações de perdas e desperdícios de água, apesar do atual cenário de escassez na região. Trabalharam-se alterações comportamentais e medidas concretas para se melhorar a eficiência hídrica da escola, corrigindo-se em simultâneo, ações diárias individuais e coletivas. Os jovens conversaram com técnicos e investigadores, e adotaram práticas de consumo de água da torneira recorrendo a cantis, em vez de comprarem água engarrafada, diminuindo o consumo de embalagens plásticas. Cumprindo os pressupostos do New European Bauhaus, trabalhou-se a proteção ambiental através da arte, e com uma atividade de pintura promoveu-se a ligação afetiva à biodiversidade da Ria Formosa. O papel da Natureza em ambiente escolar e na cidade de Olhão, foi explorado por jovens e professores, que identificaram as espécies vegetais do seu recinto escolar e lhes reconheceram funções ecossistémicas, importantes para a qualidade de vida na escola e na cidade de Olhão, nomeadamente relacionadas com o sequestro de carbono. Disseminar este tipo de estudos a outras escolas do país e a outras organizações públicas e privadas, poderá ser um contributo relevante, não apenas para a sua performance ambiental, mas para servir de base ao desempenho das cidades, contribuindo para a qualidade de vida das gerações presentes e futuras. É necessário continuar-se a desenvolver esforços para se intensificar este tipo de estudos com os jovens, incluindo para além dos indicadores relacionados com água, gás e energia, outros que afetam significativamente as emissões de carbono em ambiente urbano, nomeadamente ligados à mobilidade e à produção de RSU. É importante replicar esta metodologia, para se alertar e envolver o maior número possível de cidadãos e de organizações, promovendo parcerias e partilhando experiências e conhecimento nos diversos domínios, incluindo o social, científico e tecnológico. Atualmente estão em curso, estudos para se melhorar a quantificação do potencial de

sequestro de carbono pela biomassa vegetal, que serão relevantes para se poder atingir a neutralidade carbónica nas cidades. Finalmente, deve apostar-se na ligação ciência-tecnologia-arte, para se melhorar a comunicação com os cidadãos, tirando partido das emoções que as diversas formas artísticas podem desencadear nos cidadãos, nomeadamente no seu envolvimento nos desafios inerentes às alterações climáticas e à perda da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Entidade Reguladora dos Serviços da Água e dos Resíduos (ERSAR). (2019). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Controlo da qualidade da água para consumo humano. (Vol.1). www.ersar.pt
- Entidade Reguladora dos Serviços da Água e dos Resíduos (ERSAR). (2021). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2021): Controlo Agência portuguesa do Ambiente (APA) (2021). Portal do Estado do Ambiente. Produção e Gestão de Resíduos Urbanos. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt>. Acedido em 15 de janeiro de 2022.
- Bettencourt, L. (2021). Introduction to Urban Science: Evidence and Theory of Cities as Complex Systems. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/13909.001.0001>
- Burnett, D. & Hansen, D.R. (2008). Ecoefficiency: Defining a role for environmental cost management. *Accounting, Organizations and Society*, 33, 6, 551-581. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2007.06.002>
- Chaparro L., Terradas J. (2009). Ecological Services of Urban Forest in Barcelona. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals Universitat Autònoma de Barcelona. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.364.9799&rep=rep1&type=pdf>
- Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) (2008). Despacho no17313, 2a Série - n.122. *Diário Da República*, 27912-27913.
- Entidade Reguladora dos Serviços da Água e dos Resíduos (ERSAR). (2016). Estudo de satisfação dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos. www.ersar.pt da qualidade da água para consumo humano (Vol. 2). www.ersar.pt
- Ferreira, M.L. & Liu, J., 2023. Social Determinants, Motivation, and Communication: How People Perceive and Choose Sustainable Mobility at a Local Level in Portugal. *Sustainability*, 15, 13294. <https://doi.org/10.3390/su151813294>
- Freire-González, J. (2019). Does Water Efficiency Reduce Water Consumption? The Economy-Wide Water Rebound Effect. *Water Resources Management*, 33, 6, pp. 2191-2202. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02249-0>
- Fry, J., Lenzen, M., Jin, Y., Wakiyama, T., Baynes, T., Wiedmann, T., Malik, A., Chen, G., Wang, Y., Geschke, A., & Schandl, H. (2018). Assessing carbon footprints of cities under limited information. *Journal of Cleaner Production*, 176, 1254-1270. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.073>
- Galafassi, S., Nizzetto, L., & Volta, P. (2019). Science of the Total Environment Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water. *Science of the Total Environment*, 693, 133499. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.305>
- Galli, A., Iha, K., Moreno Pires, S., Mancini, M. S., Alves, A., Zokai, G., Lin, D., Murthy, A., & Wackernagel, M. (2020). Assessing the Ecological Footprint and biocapacity of Portuguese cities: Critical results for environmental awareness and local management. *Cities*, 96, 102442. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102442>
- García-González, E., Jiménez-Fontana, R., & Goded, P. A. (2020). Approaches to teaching and learning for sustainability: Characterizing students' perceptions. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122928. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122928>
- Hardiman, B. S., Wang, J. A., Hutyra, L. R., Gately, C. K., Getson, J. M., & Friedl, M. A. (2017). Accounting for urban biogenic fluxes in regional carbon budgets. *Science of The Total Environment*, 592, 366-372. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.028>
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of water research report series, 11, 166. IHE, Delft, The Netherlands.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109(9), 3232 - 3237. <http://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). Aquecimento Global de 1,5 °C. Sumário para Formuladores de Políticas. IPCC, 28. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>
- Kuittinen, M., Moinel, C., & Adalgeirsdottir, K. (2016). Carbon sequestration through urban ecosystem services: A case study from Finland. *Science of the Total Environment*, 563–564, 623–632. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.168>
- Leal Filho, W., Vargas, V. R., Salvia, A. L., Brandli, L. L., Pallant, E., Klavins, M., Ray, S., Moggi, S., Maruna, M., Conticelli, E., Ayanore, M. A., Radovic, V., Gupta, B., Sen, S., Paço, A., Michalopoulou, E., Saikim, F. H., Koh, H. L., Frankenberger, F., Vaccari, M. (2019). The role of higher education institutions in sustainability initiatives at the local level. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1004–1015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.059>
- Lizana, J., Manteigas, V., Chacartegui, R., Lage, J., Becerra, J.A., Blondeau, P., Rato, R., Silva, F., Gamarra, A.R., Herrera, I., Gomes, M., Fernandez, A., Berthier, C., Gonçalves, K., Alexandre, J.L., Almeida-Silva, M., Almeida, S.M. (2021). A methodology to empower citizens towards a low-carbon economy. The potential of schools and sustainability indicators. *Journal of Environmental Management*. 284,112043. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112043>
- Lobato, M. F., Rodrigues, B. M. M., & Santos, A. G. dos. (2021). Impacto da pandemia de COVID-19 nas emissões veiculares no Brasil no período de janeiro a maio de 2020. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(5), 829–836. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200261>
- McPherson, E. G., Xiao, Q., & Aguaron, E. (2013). A new approach to quantify and map carbon stored, sequestered and emissions avoided by urban forests. *Landscape and Urban Planning*, 120, 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.08.005>
- Muller, L., Moreira da Silva, M., Rodriguez, C., Afonso, A. (2021). *Uso eficiente da água em Lisboa-Cálculo da pegada Hídrica*. 15ª Congresso da Água, Lisboa 22 a 26 de março. https://www.aprh.pt/congressoagua2021/docs/15ca_134.pdf
- Neto, S., Moreira da Silva, M., Muller, L., Weller, K., (2020). Social and Technological Innovation for Water Conservation – The Project ECH2O-ÁGUA. INCREaSE 2019 – Book of Proceedings of the 2nd International Congress on Engineering and Sustainability in the XXI Century (pp. 786-798). Cham, Switzerland: Springer International Publishing. DOI:10.1007/978-3-030-30938-1_62
- Peixoto, D., Pinheiro, C., Amorim, J., Oliva-Teles, L., Guilhermino, L., & Vieira, M. N. (2019). Microplastic pollution in commercial salt for human consumption: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219 (January 2018), 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.018>
- Silva, C.M., Soares, R., Machado, W., Arbillá, G. (2020). A Pandemia de COVID-19: Vivendo no Antropoceno. *Rev. Virtual Quim.* 12, 4, 1001-1016. <http://rvq.sbq.org.br>
- Sterner, T., Barbier, E. B., Bateman, I., et al. (2019). Policy design for the Anthropocene. *Nature Sustainability*, 2, 14–21. DOI: 10.1038/s41893-018-0194-x
- Tang, Y., Chen, A., Zhao, S. (2016). Carbon Storage and Sequestration of Urban Street Trees in Beijing, China. *Front. Ecol. Evol.* doi.org/10.3389/fevo.2016.00053
- Tasdemir, C., & Gazo, R. (2020). Integrating sustainability into higher education curriculum through a transdisciplinary perspective. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121759. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121759>
- United Nations People Division (UNPD). (2018) World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. Disponível em: <https://population.un.org/Wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>. Acedido em 15 de janeiro 2022.
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2021). *Correio da UNESCO. Muitas Vozes, um Mundo. A Educação Transforma Vidas*. Disponível em: <https://pt.unesco.org/courier/january-march-2018/educacao-transforma-vidas>. Acedido em 14 de janeiro de 2022.
- United Nations People Division (UNPD). (2023) Smart Cities. Disponível em: <https://www.undp.org/sgtechcentre/smart-cities-1>. Acedido em 12 de setembro 2023.
- Valdiviezo, W.A. (2019). Ecoefficiency: New strategy for environmental education in educational institutions. DOI: <https://doi.org/10.33554/riv.13.2.233>
- Venckute, M., Silva, M., & Figueiredo, M. (2017). Education as a tool to reduce the water footprint

of young people. *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, 2(04), 101–111. <https://doi.org/10.29352/mill0204.09.00144>

World Health Organization (WHO) (2021). Diretrizes globais de qualidade do ar da OMS: material particulado (PM2.5 e PM10), ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono: resumo executivo. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334>. Acedido em 3 de janeiro de 2022.

Zhong, C., Zhang, Y., Wei, Y., Meng, J., Jiang, Q., Bush, D., Pinyopusarerk, K., Bogusz, D., Franche, C. (2020). Past and current casuarina research and development in China. In: Haruthaithanasan M., Pinyopusarerk, K., Nicodemus, A., Bush, D., Thomson, L. (Eds.) *Casuarinas for green economy and environmental sustainability. Proceedings of the Sixth International Casuarina Workshop held at Krabi, Thailand, 21-25 October 2019*. Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok, pp. 21–30.

Opções de gestão pública dos recursos água e solo na Agricultura Portuguesa

Soil and water management options in portuguese irrigated agriculture

Ricardo Serralheiro¹ *, Mário de Carvalho¹, Teresa Pinto Correia¹, António Chambel²

* Autor correspondente: ricardo@uevora.pt

¹ Professor da Universidade de Évora, Investigador do Instituto Mediterrâneo para Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, MED.

² Professor da Universidade de Évora, Investigador do Instituto de Ciências da Terra, ICT

RESUMO: Os objetivos do desenvolvimento sustentável das Nações Unidas e também os da União Europeia, expressos estes no “Pacto Ecológico Europeu”, condicionam as atividades económicas aos desafios da sustentabilidade, tendo naturalmente à cabeça o combate às alterações climáticas, a descarbonização, a conservação e o uso eficiente dos recursos essenciais, o solo, a água e a energia. Nos países do Sul da Europa, como é o caso de Portugal, o regadio, sendo uma forma de intensificação agrícola é atividade chave no uso dos referidos recursos essenciais.

Na política agrícola portuguesa, desde os anos 30 do século XX até hoje, toda a atenção e relevo têm sido dados aos grandes regadios coletivos, de iniciativa estatal, servidos por grandes obras hidráulicas e hidroagrícolas, apoiadas em estudos e projetos e utilizando os melhores solos. Porém, apesar das enormes somas de investimentos públicos feitos nestes regadios coletivos, o interesse e a adesão dos agricultores foram escassos, pelo menos até ao recente sucesso do empreendimento de Alqueva. Ainda agora, apesar dos sucessos verificados nos regadios coletivos, faltam respostas a importantes questões, sobretudo as de natureza ambiental: da conservação do solo e da água, da paisagem e da biodiversidade. E não são menores as assimetrias de desenvolvimento que lhe estão associadas, ficando a riqueza criada localizada regionalmente e nas mãos de uma minoria de proprietários, individuais e empresas, “beneficiários” do grande regadio.

O presente artigo mostra que um novo paradigma na gestão pública dos recursos hídricos e do solo, dando grande relevo e apoio a empreendimentos que se baseiem na agricultura de sequeiro complementada com pequenos regadios, dispersos por todo o território, será decisivo da sustentabilidade e coesão territorial, coordenando-se com os planos de gestão florestal e outras atividades rurais, promovendo o desenvolvimento dos territórios de baixa densidade populacional. Os pequenos empreendimentos hidroagrícolas adequam-se particularmente ao uso conservativo do solo, da água e da energia, quer quando se inserem em empresas de maior dimensão, como é mais frequente no Alentejo, quer praticando uma agricultura de dimensão familiar, mais facilmente orientada para a policultura. Os pequenos regadios, compartimentando a paisagem, promovem simultaneamente a biodiversidade, a qualidade e a segurança alimentares, a presença humana no território, a prevenção dos incêndios florestais e dos efeitos das secas, a retenção de carbono no solo, etc.

A agricultura de conservação do solo e da água pratica tecnologias inovadoras, que aumentam ou pelo menos mantêm os teores de matéria orgânica dos solos, os quais aumentam a porosidade e a drenagem, a fertilidade e a capacidade de retenção de água utilizável. Estas formas de agricultura têm sustentabilidade económica e ambiental, mais que quaisquer outros sistemas e paradigmas de gestão agrícola. Os agricultores hão de ter um conhecimento profissional cada vez mais sofisticado e exigente, para o que precisam de ser assistidos tecnicamente no projeto e implementação destas atividades agrícolas inovadoras, competindo ao Estado organizar os serviços de extensão necessários.

Palavras-chave: Gestão da Rega, Solo e Água, Agricultura de Regadio.

ABSTRACT: *The objectives of sustainable development, presented by both the United Nations and the European Union – these as described in the “European Green Deal” – imply that the economic activities agree with the challenges of sustainability, naturally beginning with the fight against climatic change, looking for carbon reduction in the atmosphere, and the efficient use of soil, water, and energy. In South Europe countries, as Portugal, irrigation is a key issue for the management of the referred to resources, a conservative management being essential for development, while some management mistakes may contribute for unsustainability of the production system.*

All attention and relief have traditionally been given by Portuguese policy to development of large irrigation districts, using important hydraulic structures and equipment, financed by public funds, well supported by studies and projects, using selected soils and technology.

The present article owes to demonstrate that another policy in public management of soil and water resources may decisively contribute for rural and national development, if small irrigation systems are stimulated and supported, no matter the farm size, combining irrigation with rainfed farming. This type of combined agriculture makes a polyculture and biodiverse use of soil and water, completing farming with forest systems management, conserving a diverse landscape, contributing for food quality and security at a nation level. This type of farming is the true support to the territory’s coherence and development, if applied not only on selected sites but with a broad distribution within all the territory.

Combined farming, as proposed, makes a conservative agriculture, based on innovative agricultural technology, which increases soil organic matter, therefore ameliorating soil porosity and drainage, and soil water holding capacity, contributing for carbon sequestration. Such a type of environment friendly agriculture is sustainable, both from the environmental and the economic points of view. However, this type of technologically based agriculture requires the farmers to hold a professional, permanently updated knowledge. Therefore, for being conveniently succeeded, the farmers need the technical assistance from Government engineers and agronomists. For that purpose, the Government has to organize some kind of a new national agricultural extension service.

Keywords: Irrigation Management, Soil and Water, Irrigated Agriculture.

1. INTRODUÇÃO: OUTRA ESTRATÉGIA PARA OS REGADIOS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas reafirmam a urgência de uma transição nos processos de produção e de consumo dos alimentos. O muito recente Pacto Ecológico Europeu (European Commission, 2020), com a “Estratégia do Prado ao Prato” e a “Estratégia de biodiversidade da UE para 2030”, renova uma intenção clara da Comissão Europeia de condicionar as atividades económicas europeias aos desafios da sustentabilidade. As Missões do Horizonte Europa, nomeadamente a dos Solos e a do Clima, expressam a intenção da Comissão Europeia de fomentar a mudança de paradigma através de diversos instrumentos (Veerman *et al* 2020). Estes diferentes documentos reconhecem aquilo que a ciência demonstra há vários anos: a necessidade de mudarmos radicalmente a forma como usamos os recursos, para daí passarmos a um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável (Horlings, L. G.; T. Marsden. 2011; Rockström *et al* 2017). Nas regiões do sul da Europa, a produção agrícola tem registado um processo acelerado de intensificação e especialização (Silveira *et al* 2018), acompanhado pela apropriação dos recursos naturais e territoriais por interesses financeiros externos, inclusive do grande capital, e um desligamento entre a agricultura e a comunidade rural e, conseqüentemente, entre a comunidade e o seu território (Rasmussen *et al* 2018; Rodríguez-Cohard *et al* 2018). No Alentejo, o investimento público na construção da barragem e no plano de rega de Alqueva despoletou este processo nas duas últimas décadas, aparentemente sem que a abrangência dos impactes da mudança tenha sido equacionada. Mas, em sentido inverso, os territórios não contemplados por estes interesses têm vindo a ser objeto de desinvestimento e abandono (Serralheiro e Carvalho, 2020).¹

A avaliação do sucesso dos regadios públicos portugueses pode fazer-se desde a década de 1930, quando se começaram a construir perímetros de rega no nosso País, por iniciativa estatal e à custa de investimentos públicos (Serralheiro, 1997). Constatar-se-á que raramente, ao longo de mais de 80 anos entretanto decorridos, foi notável

ou entusiasta o ritmo de adesão aos sistemas de produção em regadio, por parte dos agricultores proprietários das terras que passaram a ser servidas pelas infraestruturas hidroagrícolas. Não foram nunca (ou quase nunca) falhas de engenharia ou defeitos das referidas infraestruturas a poderem explicar o desinteresse dos “beneficiários”. Houve sempre, isso sim, uma notável falta de coerência interna dos projetos de regadio coletivo, por admitirem implicitamente que os agricultores, habituados à agricultura de sequeiro e conhecedores das respetivas tecnologias por saber tradicional, adeririam facilmente às formas de produção em regadio, logo que tivessem água disponível nas suas propriedades. Não se verificou tal imediatismo e facilidade na adesão dos agricultores aos novos regadios. Houve sempre, neste processo, fatores de complexidade ignorados ou subestimados. Reconhece-se hoje que eram precisos muito mais apoios técnicos e financeiros e transformações estruturais e de natureza social e económica, para uma conversão do sequeiro ao regadio. A prática do regadio exige, muito mais do que a do sequeiro, a disponibilidade de muitos e caros fatores de produção, incluindo maquinaria especializada, sementes e adubos, pesticidas, etc., com a correspondente capacidade de investimento e, acima de tudo, conhecimento tecnológico, não só das novas culturas, mas da gestão do solo, da água e da energia, conhecimento dos mercados, etc., meios e conhecimentos que a grande maioria dos agricultores portugueses não possuíam. Daí a tradicional pouco entusiasta adesão ao regadio dos “beneficiários” dos perímetros estatais.

A situação só se alterou de facto com o Alqueva, por conjugação de várias circunstâncias: beneficiação pelo regadio de grandes propriedades, pagando pequenas taxas de exploração e de manutenção (a taxa de amortização nunca se pagou nos regadios portugueses) e preços artificialmente baixos da água; introdução de inovações tecnológicas e oportunidades de mercado; maior abertura de mercados internacionais a produtos como o azeite e o vinho, que aumentaram a competitividade com inovação tecnológica, passando a ser produtos do regadio; alteração da PAC, nomeadamente o desligamento das ajudas, que aumentou a competitividade das culturas anteriormente excluídas das ajudas ligadas. Nas novas áreas abrangidas pelo empreendimento de Alqueva, a grande dimensão de muitas propriedades agora irrigadas traduziu-se em enormes acréscimos do valor da terra agrícola e no interesse do capital, inclusive o de dimensão internacional, abrindo portas à instalação de empreendimentos de grande

¹ Ao longo do presente artigo, os autores vão servir-se de números e dados concretos principalmente referentes ao Alentejo, que para os autores são mais familiares e mais disponíveis. Porém, mesmo quando para outras regiões os números possam ser diferentes, a realidade hidroagrícola é semelhante, sendo válidas as considerações e as conclusões do presente artigo.

dimensão, por empresas e investimentos estranhos ao território, numa escala de agronegócio outrora desconhecida. Outros perímetros que não os de Alqueva beneficiaram por acréscimo desta dinâmica de crescimento, seguindo caminhos semelhantes, fazendo da agricultura de regadio uma atividade rentável e socialmente prestigiada.

O regadio público português teve assim, em anos recentes, um desenvolvimento notável, com elevado nível de sucesso empresarial e de importância dos agronegócios. Por isso, tem sido grande a tendência, nomeadamente entre os responsáveis governamentais, de dirigir atenções e investimentos públicos apenas para esta forma de regadio, em grandes perímetros de rega, esquecendo as outras formas, mais modestas, como os pequenos regadios privados, individuais ou coletivos, sempre menos apoiados, mas não menos importantes, pelo menos potencialmente, no conjunto da agricultura nacional (Serralheiro *et al.*, 2020). Para o caso do Alentejo, faz-se no Quadro 1 a panorâmica numérica das áreas de regadio, público e privado, conforme se deduz da

informação obtida nos Recenseamentos Agrícolas de 1999 a 2019 (RGA1999; RA2009; RA2019), publicado em (INE 2001; INE 2011; INE 2021). Fica bem patente a desigualdade de situações e de benefício do apoio público, conforme o tipo de regadio a que pode aceder cada agricultor, em cada ponto do território. É especialmente notável que o pequeno regadio privado diminuiu sempre, nas décadas recentes.

Há de facto muito a melhorar no apoio à agricultura de regadio, para que esta forma de agricultura seja sustentável e beneficie o território no seu conjunto, não só o do Alentejo, mas o de todo o País, não só a grande propriedade, mas também a mais pequena e menos interessante para o grande capital, não só onde haja água com facilidade, também onde seja necessário mais esforço e tecnologia para a obter, armazenar e distribuir. No presente artigo, referem-se com mais frequência os números e situações do Alentejo, mais familiares para os autores. Há de notar-se, porém, que em outras regiões do País as situações são essencialmente como as aqui descritas.

Quadro 1. Evolução das áreas de regadio no Alentejo.

EVOLUÇÃO DAS ÁREAS DE REGADIO NO ALENTEJO

Evolução conforme os recenseamentos gerais da agricultura RA1999, RA2009 e RA2019

	(áreas em ha)		
	RA1999	RA2009	RA2019
I - Área equipada para rega (Recenseamentos Agrícolas)	163983	155123	232627
inclui:			
a) Perímetros coletivos anteriores a Alqueva (47 360 antigos + 1 530 dos Minutos)	48890	48890	48890
b) Sistema de Alqueva, completo no RA2019, com os 3 subsistemas; para o RA 09 estimam-se 9100ha = Luz (600ha)+infraestr 12 (4700ha) + Monte Novo (3800ha)	0	9100	118893
c) Perímetros antigos, abrangidos pelo Alqueva (Odivelas 7300 + Roxo 5040)	/		-12340
d) Regadios privados coletivos (cerca de 7% no caso do Alentejo) e individuais (93%) - (=I-a-b-c)	115093	97133	77184
II - Área futura de regadio no Alentejo, a curto prazo (2030)			297627
Sendo:			
e) Expansão do sistema de Alqueva, em curso			50000
f) Perímetros (Crato, Arraiolos, Xévorá) previstos no PNI2030			15000
g) Regadios coletivos de iniciativa estatal, ficarão			220443
h) Regadios privados, sem novas referências (*)			77184

(*) O RA2019 não explicita as áreas de regadio privadas inventariadas, tendo os 77184ha referidos sido calculados acima, na parte I deste quadro, como: a área de regadio privado é igual à área total irrigável inventariada diminuída da área de regadios coletivos, que é conhecida.

Verifica-se um decréscimo, nas últimas décadas, da área dos regadios privados, consentânea aliás com a diminuição das áreas totais de regadio no País, com excepção do Alentejo, a única região em que essa área aumentou, por virtude de Alqueva, entre os recenseamentos de 2009 e 2019. Porém, mesmo para a região Alentejo, a área de regadio privado diminuiu sempre, desde 1999.

Há em primeiro lugar uma questão ambiental. Assistiu-se à introdução de interessantes inovações tecnológicas, de dimensões e talvez de resultados imediatos espetaculares, mas algumas de fundamentação técnica e de sustentabilidade ambiental pelo menos questionáveis. As transformações que se verificaram foram acompanhadas da intensificação do uso dos fatores de produção, não só da água e de novos equipamentos, mas também dos agroquímicos, sendo crescentes os receios e as observações de casos de abuso, quer na fertilização, quer na proteção fitossanitária, com consequências graves na perda de biodiversidade e na libertação de poluentes para o solo e a água e para a atmosfera (EEA 2019). Introduziu-se a armação do solo, para a plantação de culturas permanentes arbóreas, em camalhões de grande dimensão, orientados no sentido dos maiores declives do terreno e feitos à custa da remoção, na entrelinha, do solo arável, tudo contrariando os procedimentos recomendáveis para a conservação do solo e da água, introduzindo enormes e inúteis riscos de erosão. Continuam a verificar-se usos descontrolados ou perdulários da água de rega, por via do seu custo muito baixo, contraditórios com a eficiência de aplicação e economia necessárias (Dias e Correia 2020). A monocultura em áreas extensas e contínuas, nomeadamente de olival e outras culturas permanentes, provoca alterações na estrutura da paisagem, com perturbação no equilíbrio e funcionamento ecológico (Palomo-Campesino *et al*, 2018). Estas alterações aumentam os riscos de pragas e doenças, assim como, pela simplificação extrema, reduzem a capacidade de recuperação do ecossistema após um regime de perturbações, naturais ou antrópicas.

Finalmente, numa região que aposta no turismo e que tem nesta atividade uma parte significativa e crescente do emprego e receita, sendo este ancorado na especificidade e integridade do património construído e paisagístico, a simplificação acelerada e não controlada da paisagem e a consequente perda das suas características identitárias é um paradoxo difícil de entender (Pinto-Correia 2020). A paisagem e os serviços dos ecossistemas por ela suportados, que agora se perdem, não serão recuperáveis (Angelstam *et al* 2019).

Há uma outra questão que é territorial. Tanto o regadio de Alqueva como outros regadios de iniciativa estatal criam riqueza, que se concentra nas mãos de apenas um pequeno número de beneficiários, que atuam numa área inevitavelmente reduzida do território: a área beneficiada pelo regadio público corresponde a não mais do que

15% da Superfície Agrícola Utilizada. Há uma transferência de recursos, dos contribuintes para as empresas que exploram o regadio. Fora dessa área, os agricultores nada beneficiam, diretamente, dos investimentos públicos feitos. Ficam assim em questão, ou muito limitados, os objetivos, sucessivamente anunciados nos instrumentos de ordenamento do território, de: coesão territorial, combate às alterações climáticas, prioridade às pessoas e à inclusão social, à qualificação, à formação, ao emprego. Não se trata apenas, talvez nem principalmente, de um problema de justiça distributiva. É, antes de mais, um problema do verdadeiro desenvolvimento do território rural e de gestão equilibrada e estratégica dos recursos (European Commission 2021). Do ponto de vista agrícola, mais de 85% da área e das explorações do Alentejo, que se caracterizam principalmente por sistemas agro-silvo-pastoris, nada beneficiaram, diretamente, com o empreendimento de Alqueva, e continuam dependentes da irregularidade do clima mediterrânico, das alterações climáticas e das crescentes frequência e severidade das secas, da fraca produtividade da agricultura de sequeiro tradicional, das pastagens e dos montados com suas dinâmicas próprias e alguns problemas específicos, de solos pobres ou com qualidade agrícola limitada e, acima de tudo, de técnicas nem sempre as mais adequadas. Em caso de seca extrema, o grande regadio em pouco ou nada contribuirá para a defesa do restante território, uma vez que a maior parte das culturas produzidas não são complementares dos sistemas de sequeiro. E para estes sistemas, que ocupam a maior parte do território, o investimento público em inovação, eficiência no uso dos fatores de produção, estratégias de mercado e de valorização dos produtos, tem sido praticamente nulo.

Seria pelo menos desejável a procura de soluções que resolvessem estas duas questões. Uma solução passará pela repartição das atenções, dos apoios técnicos e dos investimentos, mais equitativa e generalizada, entre regadios públicos e privados, coletivos e individuais, pequenos e grandes, em complemento da agricultura de sequeiro, visando uma abrangência territorial que lhe garanta efetiva coerência, otimizando o uso dos recursos, nomeadamente o solo, a água e a energia, garantindo a sustentabilidade da agricultura, quer recorrendo ao regadio, quer em sequeiro.

O país precisa urgentemente desta nova estratégia de uso e conservação do solo e da água, que promova, para a generalidade do território e não apenas para os que puderam ser diretamente beneficiados pelos perímetros de rega, o uso mais

racional do precioso e escasso recurso hídrico. É preciso que cada unidade de produção agrícola, em qualquer ponto do território, possa garantir a melhor utilização daqueles recursos escassos, gerando a melhor sustentabilidade económica e ambiental.

A água poderá, com muito mais benefícios duradouros para cada região, ser utilizada para aumentar a biodiversidade, melhorar a paisagem (mosaico variado de culturas e vegetação), estimular a fixação das populações pela diversidade cultural e de atividades, ao aumentar as oportunidades de atividade económica diversa e de emprego, e assim manter ligada a atividade agrícola ao território onde está instalada – em vez do crescente desligamento que se verifica entre os dois. Deverá ainda a água servir para, numa visão interligada do território, aumentar a sustentabilidade e a defesa contra secas extremas das áreas de sequeiro (Poux e Aubert 2018).

Em todas as regiões há agricultores, que é fundamental manterem-se para combater o despovoamento, mas que precisam de melhorar a capacidade produtiva do seu solo para conseguirem modelos de negócio viáveis, se integrarem nos mercados, contribuindo para a soberania alimentar do país e aumentando a qualidade de vida da sua família. Para isso têm de proteger o solo, defendendo-o da erosão e da seca, aumentando-lhe a qualidade, a matéria orgânica, a biodiversidade, a inserção paisagística e a resiliência aos incêndios rurais. Todos estes objetivos implicam uma utilização otimizada da água, que é um recurso escasso, mas disponível com limitações variáveis segundo a localização, precisando o agricultor, isolado ou em coletivo, de apoios técnicos e financeiros para a captar, armazenar e aplicar. A maioria destes utilizadores da água e da terra não sabe fazer o projeto para o investimento de que precisa (individual ou coletivamente) (Dias e Correia 2020). Sem apoio estatal orientado, estes utilizadores rurais nunca serão ganhadores em qualquer concurso para financiamento de projetos (Molden 2020). De facto, os objetivos da Comissão Europeia para a agricultura, refletidos nas orientações da nova Política Agrícola Comum PAC pós-2022, cada vez mais exigentes tecnologicamente e orientados para a sustentabilidade ambiental, requerem dos agricultores um conhecimento profissional tecnologicamente elevado e em permanente atualização. Por outro lado, em Portugal e não só, diversas análises (Avillez 2021; Dupraz & Guyomard 2019)) mostram como estes agricultores mais pequenos e com menos capacidade para se organizarem procurarem apoios técnicos são também

os que conseqüentemente são desfavorecidos em termos dos pagamentos do 1º Pilar da PAC (pagamentos diretos), o que naturalmente reforça a sua condição de precariedade e incapacidade de investimento. É preciso que técnicos, que sejam do Estado ou privados com a qualidade e objetividade dos seus serviços garantida pelo Estado, apoiem os agricultores na elaboração dos projetos e na sua execução ao longo dos anos, num processo de assistência técnica continuada. Será fundamental um serviço de extensão de qualidade assegurada, também ele preconizado, aliás, nos objetivos explícitos da PAC pós-2022 e já considerado em programas anteriores desta política, mas muito reforçado na proposta para o próximo programa-quadro (EU SCAR AKIS 2019). Deverá ser um serviço de assistência técnica diversificada a cada agricultor, com um papel de certa forma semelhante ao que, no domínio da saúde, tem para cada cidadão o médico de família do SNS.

A organização central deste serviço de assistência técnica aos agricultores será certamente papel do Ministério da Agricultura, através da DGADR, enquanto autoridade nacional do regadio e desenvolvimento rural. A sua implementação no terreno envolverá certamente competências das Direções Regionais de Agricultura e de outras entidades, públicas, privadas ou cooperativas, que estejam no terreno com essa vocação e competência.

2. OS RECURSOS HÍDRICOS

2.1. Água de superfície

Com base no registo das principais características das barragens do Alentejo, do arquivo da Direção Regional dos Recursos Hídricos, foi possível reunir no Quadro 2 alguns dados essenciais das pequenas barragens privadas de uso exclusivamente agrícola, como a distribuição por concelhos (coluna 1) e as capacidades de armazenamento total. Eram, em todo o Alentejo, há cerca de uma década (2010), 867 pequenas albufeiras (coluna 2) somando uma capacidade de armazenamento superior a 368 hm³ (coluna 3). Por outro lado, diminuindo das áreas totais irrigáveis (equipadas para rega), inventariadas no RA09, as áreas que em cada concelho estão incluídas em perímetros de regadio coletivos, deduzem-se as áreas de regadio privado no respetivo concelho e totais. Fica-se, assim, com uma razoável caracterização das dimensões de cada forma de regadio, fundamental para o desenho de uma estratégia de gestão da água na agricultura, mais completa que a do atual Plano Nacional de

Regadios (Ministério da Agricultura, 2018; FENAREG, 2019; AgroGes e FENAREG, 2019; EDIA, 2021), que se refere apenas aos grandes perímetros de rega públicos.

Assim, uma primeira constatação é que, no caso do Alentejo, a capacidade de armazenamento das pequenas barragens já existentes à data do recenseamento suportará, com segurança contra secas, a rega de cerca de 62 mil hectares, (coluna 5). Esta área é, para a maioria dos concelhos, inferior às áreas de regadios privados estimadas (coluna 8). As áreas diferenciais serão, naturalmente, regadas com recurso a origens subterrâneas (coluna 9). É assim possível estimar, para cada concelho alentejano, os volumes de recursos hídricos subterrâneos utilizados nos pequenos regadios. É também legítimo deduzir que esses volumes são decrescentes, correspondendo à diminuição das áreas de regadios privados, pelo menos desde 1999. Complementarmente e ainda com referência ao Quadro 2, fez-se uma estimativa das potencialidades de crescimento dos pequenos regadios privados do Alentejo, se se quisesse utilizar na rega os recursos solo e água disponíveis. É um exercício teórico, que pode ajudar na perceção dos limites e fatores limitantes para este tipo de desenvolvimento, com base no regadio. Neste exercício, admitiu-se para todos os concelhos um escoamento médio anual de 250 mm (precipitação total de 500 mm e coeficiente de escoamento 0,5). Admitiu-se também que se armazena em reserva, para atender às frequentes situações de seca, a água requerida pelos regadios durante dois anos (coluna 4). Verifica-se que o escoamento potencial anual (coluna 11) permitiria, em qualquer dos 47 concelhos do Alentejo, uma área de pequenos regadios (coluna 12) muito superior à atual área equipada para essa forma de agricultura (coluna 6). De facto, a área teoricamente regável pela disponibilidade hídrica de superfície, mais de 1 milhão de hectares (total da coluna 12) é muito superior a toda a área de solos com potencial aptidão agrícola e para eventual intensificação pelo regadio (cerca de 800 mil hectares, agrupamentos A, B e C de Azevedo e Cary, 1989, Quadro 4). Quer dizer, **a expansão dos pequenos regadios no Alentejo terá como fator limitante a área de solos disponíveis com qualidade para o regadio, antes da disponibilidade de recursos hídricos de superfície.** Esta situação será ainda mais marcante a norte do Tejo, onde são mais abundantes os recursos hídricos. Aliás, deve salientar-se que outros fatores limitantes avultarão primeiro, que são a disponibilidade financeira e a capacidade técnica e de projeto para a referida eventual expansão dos pequenos regadios.

2.2. Água subterrânea

2.2.1 Condicionalismo ecológico dos recursos hídricos subterrâneos

Nas regiões mediterrânicas, as tendências de alterações climáticas, tanto as que já se registam como as previstas pelo IPCC (*International Panel on Climate Change*) (EEA 2019) são de aumento da temperatura e redução da precipitação, aumentando a irregularidade destes parâmetros climáticos e a frequência de fenómenos extremos, como secas e inundações. Significa isto que há cada vez mais episódios de precipitação concentrada, o que não beneficia os fenómenos de infiltração. Deste modo, são de esperar menos recursos de água subterrânea renováveis (Jaeger *et al* 2019; Malek *et al* 2018). De facto, há, em função da menor infiltração, um rebaixamento médio dos níveis no aquífero. Mas, como a descarga é controlada por nascentes, lagos, rios ou mesmo o oceano, o armazenamento global no aquífero mantém-se relativamente estável. O que se altera é o volume de água renovável em cada ano, que depende dos volumes de infiltração, e isso influenciará na redução dos volumes de água subterrânea descarregados para o ambiente, o que pode ter consequências sérias sobre o meio natural, nomeadamente os ecossistemas dependentes de águas subterrâneas. Isto em situação natural, sem interferência humana. Porém, a redução das precipitações e aumento das temperaturas, como consequência das alterações climáticas, levará naturalmente a maior pressão sobre o uso da água para a agricultura e outros usos, pelo que é de esperar que a estabilidade natural vá sendo cada vez mais alterada pela crescente intensificação dos sistemas produtivos, levando a um ajuste das práticas de uso e ocupação do solo, com cada vez maiores necessidades de água para rega (Molden 2019).

Por isso, se bem que as alterações climáticas não tenham grande efeito sobre os volumes de água armazenada nos aquíferos, as maiores necessidades de rega poderão levar a uma procura muito maior dos recursos hídricos subterrâneos e daí, facilmente, a uma afetação excessiva (sobre-exploração dos aquíferos) com efeitos que, em alguns casos, já são irreversíveis (Corbera *et al* 2019). A sobre-exploração pode inclusive levar à perda das características originais dos aquíferos, com fenómenos por exemplo de subsidência de terrenos, que torna inviável a recuperação das condições originais dos mesmos. Com a redução da quantidade de água nos aquíferos surgem também fenómenos de maior contaminação, pois a redução dos volumes propicia menores taxas de diluição contra qualquer poluente que entre no aquífero.

Quadro 2. Recursos hídricos de superfície.

PEQUENAS BARRAGENS PARA REGA, POR CONCELHOS DO ALENTEJO									Estimativa do Escoamento			
coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Concelho	peq barrags p rega	Capacidad total	Neces globais p 2 anos (**)	Área regável por pq barrags	RGA09 Área total regadio	RGA09 Área regadio coletivo	RGA09 Área regadio privado	Neces novas barrags ou águas subt hm³ concelho	Área do concelho	Escoa potencial anual (***)	Área máxima regável	
	nº	hm³	m³/ha	ha	ha	ha	ha	hm³	km²	hm³	ha	
Alandroal	17	3,064	9755	314	2187	1388	799	4,73	542,68	135,67	13908	
Alcácer do Sal	20	10,868	6396	1699	7562	6180	1383	0	1499,87	374,97	58630	
Aljustrel	22	8,837	6303	1402	6843	5040	1803	2,53	458,47	114,62	18185	
Almodóvar	9	15,316	5960	2570	309	-	309	0	777,88	194,47	32629	
Alter do Chão	13	9,642	6396	1508	981	-	981	0	362,07	90,52	14153	
Alvito	9	2,685	6396	420	398	-	398	0	264,85	66,21	10353	
Arraiolos	51	11,842	9519	1244	2626	490	2136	8,49	683,75	170,94	17958	
Arronches	25	3,973	5909	672	447	-	447	0	314,65	78,66	13312	
Avis	37	14,912	6396	2332	6344	-	6344	25,66	605,97	151,49	23687	
Barrancos	3	1,064	5906	180	8,5	-	9	0	768,42	192,11	32527	
Beja	65	31,847	4959	6422	13002	-	13002	32,63	1106,44	276,61	55779	
Borba	8	2,111	5581	378	859	-	859	2,68	145,19	36,30	6504	
Campo Maior	8	1,310	4699	279	4152	2590	1562	6,03	272,20	68,05	14482	
Castelo de Vide	7	0,831	6396	130	163	-	163	0,21	264,91	66,23	10355	
Castro Verde	5	4,611	4552	1013	814	-	814	0	569,44	142,36	31274	
Crato	15	2,714	6396	424	268	-	268	0	398,07	99,52	15560	
Cuba	2	1,300	7153	182	2322	-	2322	15,31	172,09	43,02	6015	
Elvas	23	7,741	8472	914	7712	4810	2902	16,84	631,29	157,82	18629	
Estremoz	15	5,517	6544	843	2997	-	2997	14,10	513,80	128,45	19629	
Évora	31	12,061	6851	1760	7229	3820	3409	11,29	1307,08	326,77	47697	
Ferreira Alentejo	40	21,428	6396	3350	15934	12000	3934	3,73	648,25	162,06	25340	
Fronteira	23	11,515	6396	1800	2436	-	2436	4,06	248,60	62,15	9718	
Gavião	0	0	6396	0	437	-	437	2,79	294,59	73,65	11515	
Grândola	0	0	6396	0	1653	-	1653	10,57	825,94	206,49	32286	
Marvão	0	0	6396	0	155	-	155	0,99	154,90	38,73	6055	
Mértola	29	21,188	7812	2712	692	-	692	0	1292,87	323,22	41374	
Monforte	30	12,103	5459	2217	1710	-	1710	0	420,25	105,06	19246	
Montemor Novo	63	31,509	6396	4927	5177	1530	3647	0	1232,97	308,24	48196	
Mora	9	2,992	6396	468	1968	-	1968	9,59	443,95	110,99	17354	
Moura	21	4,402	4111	1071	5249	-	5249	17,18	958,46	239,62	58286	
Mourão	8	1,318	4959	266	705	600	105	0,00	278,63	69,66	14047	
Nisa	5	0,832	6396	130	205	-	205	0,48	575,68	143,92	22503	
Odemira	30	3,089	6396	483	10820	12000	1180	0	1720,60	430,15	67258	
Ourique	4	0,947	14069	67	870	-	870	11,29	663,31	165,83	11787	
Ponte de Sor	36	7,164	6396	1120	4057	-	4057	18,78	839,71	209,93	32824	
Portalegre	16	5,725	9979	574	549	-	549	0	447,14	111,79	11202	
Portel	22	7,700	6042	1274	1514	342	1172	0	601,01	150,25	24868	
Redondo	8	3,416	4589	744	2982	1148	1834	5,00	369,51	92,38	20130	
Reguengos Mons	10	17,613	4105	4291	2425	-	2425	0	464,00	116,00	28258	

Quadro 2. (continuação) Recursos hídricos de superfície.

PEQUENAS BARRAGENS PARA REGA, POR CONCELHOS DO ALENTEJO									Estimativa do Escoamento			
coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Concelho	peq barrags p rega	Capacid total	Neces globais p 2 anos (**)	Área regável por pq barrags	RGA09 Área total regadio	RGA09 Área regadio coletivo	RGA09 Área regadio privado	Neces novas barrags ou águas subt hm³ concelho	Área do concelho	Escoa potencial anual (***)	Área máxima regável	
	nº	hm³	m³/ha	ha	ha	ha	ha	hm³				km²
Santiago Cacém	31	22,258	6396	3480	6662	6053	609	0	1059,77	264,94	41426	
Serpa	26	13,910	4357	3193	9045	-	9045	25,50	1110,86	277,72	63740	
Sines	0	0	6396	0	264	-	264	1,69	132,42	33,11	5176	
Sousel	29	10,582	6396	1655	3269	-	3269	10,33	279,32	69,83	10919	
Vendas Novas	6	1,446	6396	226	1536	-	1536	8,38	222,39	55,60	8693	
Viana Alentejo	17	9,069	6396	1418	2026	-	2026	3,89	393,67	98,42	15388	
Vidigueira	13	5,179	4102	1263	4979	-	4979	15,24	316,61	79,15	19296	
Vila Viçosa	6	1,004	4537	221	580	-	580	1,63	194,86	48,72	10737	
SOMA ou MÉDIA	867	368,635	6396	61637	155123	57991	97132	291,64	27849,39	6962,35	1138889	
coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

(*) Tem-se verificado que no Alentejo se dimensionam com frequência as pequenas barragens para corresponderem às necessidades de rega de um ou dois anos. Admite-se aqui, para segurança, o valor maior: 2 anos.

(**) Admitindo um coeficiente de escoamento $C = 0,5$ e sendo as precipitações médias anuais à roda de 500mm, resulta um escoamento de referência de $R = 250$ mm, que aqui se toma para todos os concelhos. A variação entre estes resulta da área do concelho e das proporções dos vários sistemas culturais que o ocupam.

São, portanto, as alterações globais, potenciadas pelas alterações climáticas, que poderão levar à degradação dos serviços dos aquíferos, seja para os diversos tipos de consumo humano (agricultura, indústria, abastecimento doméstico), seja para os serviços dos ecossistemas, onde uma parte da água subterrânea é responsável pela sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais (Jaeger *et al* 2019; Molden 2019).

Com a interação próxima entre as águas subterrâneas e superficiais, a redução do volume de águas subterrâneas levará também a uma grande redução dos escoamentos nas linhas de água superficiais, por falta de descarga dos aquíferos nas alturas mais secas do ano, podendo no limite levar ao esgotamento de rios até agora permanentes (Malek *et al* 2018).

Esta redução do nível freático corre o risco de afetar também o equilíbrio do ecossistema, por criar sobre as plantas uma enorme pressão de adaptação do sistema radicular à maior profundidade da água. Não é possível avaliar ainda o efeito real desta pressão, mas pode colocar-se a hipótese de que árvores comuns na região, como o sobreiro ou a azinheira, possam não ter condições de sobrevivência em contextos climáticos mais extremos.

2.2.2 Quantificação dos recursos hídricos subterrâneos

A Figura 1 representa a estrutura hidrogeológica do continente português, podendo distinguir-se quatro grandes unidades hidrogeológicas:

A – Maciço Antigo, a grande plataforma geológica continental, onde as formações geológicas dão origem a aquíferos de tipo fraturado;

O – Orla Ocidental, onde os aquíferos são cársicos e/ou porosos;

M – Orla Meridional, onde os aquíferos são também cársicos e/ou porosos;

T – Bacia TejoSado, onde os aquíferos são fundamentalmente porosos, com alguns a apresentar também características cársicas,

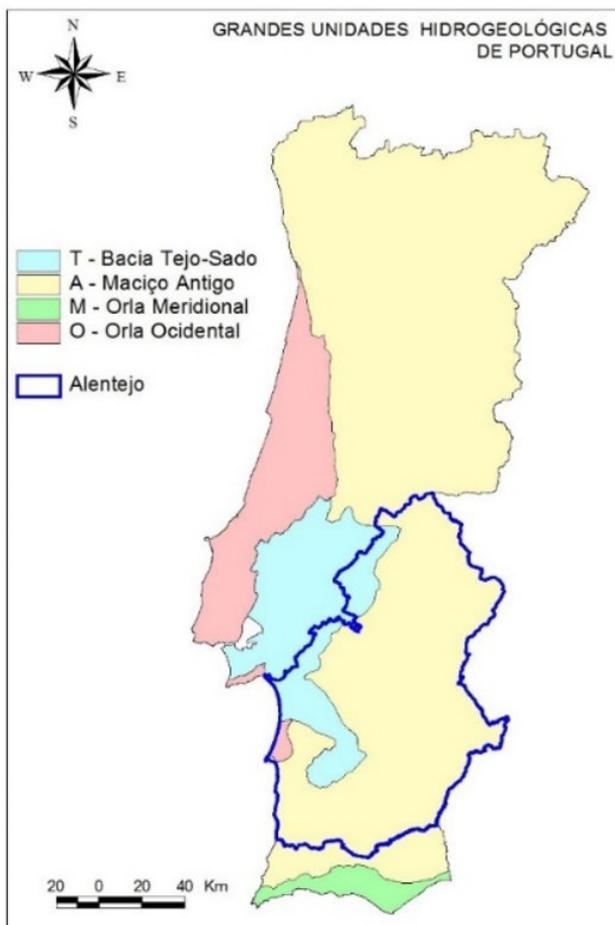


Figura 1. Posicionamento do Alentejo em função das 4 grandes unidades hidrogeológicas definidas em Portugal continental (Fonte SNIRH s/ data).

No Alentejo, estão representadas três destas quatro regiões, embora a maioria da área corresponda ao Maciço Antigo (Figura 1). As taxas de infiltração e as produtividades neste maciço são geralmente baixas (1 a 2 L/s) e, por isso, a maioria deste território nem sequer é reconhecida como aquífero, considerando-se apenas uma área pouco produtiva. Dentro desta área há, no entanto, algumas formações geológicas diferenciadas, em zonas de rochas mais fraturadas e alteradas, que apresentam produtividades mais elevadas (com médias até aos 5 L/s), com alguma importância regional (ERHSA 2001).

Em relação aos aquíferos das orlas Ocidental e Meridional, as produtividades podem estar até acima dos 100 L/s, mas as médias andarão entre os 10 e os 30 L/s (Almeida *et al* 2000).

Na Bacia do Tejo-Sado, os aquíferos porosos são os mais produtivos. A parte central da bacia é a mais produtiva (com captações acima dos 100 L/s); no Alentejo, que abrange apenas a margem mais a sul da mesma, a produtividade é mais reduzida, podendo ainda assim existir captações com mais de 50 L/s. No contacto com as formações do Maciço Antigo, as formações sedimentares são muito

argilosas e não constituem sequer um aquífero, mas 4 ou 5 km para oeste já se encontram produtividades razoáveis, acima dos 5-10 L/s.

No projeto “Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)”, coordenado tecnicamente, em grande parte, pela Universidade de Évora, inventariaram-se as disponibilidades hídricas subterrâneas nas perspetivas quantitativa e qualitativa (ERHSA, 2001; Chambel *et al.*, 2007). Na Figura 2 e no Quadro 3 mostram-se os sistemas aquíferos do Alentejo, 19 no total, a que se acrescentam dois setores menos produtivos, a Zona Indiferenciada da Bacia do Tejo-Sado (T0) e o Maciço Antigo (A0), e os valores de recursos renováveis médios anuais nesses aquíferos. No total, os volumes estimados de recursos renováveis, infiltrados, no Alentejo são de 1511,7 hm³ em ano de precipitação média. Não foram calculados os volumes totais de água armazenada nestes aquíferos, apenas se calcularam os recursos renováveis, que são a parte anual da precipitação infiltrada em profundidade e que vai renovar a água nos aquíferos. Em projeto, para fins de utilização efetiva, não se devem considerar mais do que 80% dos volumes de infiltração anual, para sustentabilidade e segurança, não só dos próprios sistemas aquíferos, como também dos ecossistemas dependentes das águas subterrâneas, o que neste caso corresponde a um máximo em ano de precipitação média de 1209,4 hm³.

No Alentejo (Quadro 3), os aquíferos fraturados correspondem à maior parte da área e são considerados setores aquíferos de baixa produtividade, onde as captações de água subterrânea debitam caudais entre os 0,5 e os 2L/s. São caracterizados por terem uma infiltração média na ordem dos 5% dos valores de precipitação anual. Outros aquíferos fraturados, alguns com maior produtividade (caudais entre cerca de 3 e 6 L/s), correspondem aos setores aquíferos que, dentro do Quadro 3, têm uma taxa de infiltração média de 10% dos valores da precipitação.

Os aquíferos carbonatados são, na sua maioria, claramente mais produtivos, normalmente com taxas de infiltração entre os 10 e os 50% da precipitação anual. São muitas vezes aquíferos cársicos, onde a água subterrânea circula através de fraturas de grande dimensão e com caudais muito importantes, algumas vezes mesmo em grutas. São comuns caudais de extração de 10 a 20 L/s nestes aquíferos. Finalmente existem, na Bacia Tejo-Sado, três aquíferos porosos (com taxas de infiltração de 30% dos valores anuais de precipitação, com produtividades muito importantes, que podem ir a mais de 100 L/s, no caso do Aquífero da Margem Esquerda da Bacia do Tejo (T3), o único representado no Alentejo. São suporte tradicional de regadios

importantes naquela bacia. Há ainda um outro aquífero poroso na Orla Ocidental, que não está representado, nem na Figura 2, nem no Quadro 3, por se sobrepor ao aquífero carbonatado de Sines e ter uma importância menor, quando comparado com o aquífero confinado inferior de Sines.

Na agricultura, as águas subterrâneas no sector pouco produtivo do Maciço Antigo têm sido utilizadas em pequenas hortas e pequenos regadios nas zonas de pequena propriedade, mas, nas zonas dos aquíferos fraturados mais produtivos, são ou foram também utilizadas em sistemas de regadio de dimensões mais significativas, como no caso do aquífero dos Gabros de Beja, onde, antes da construção da barragem de Alqueva, as águas subterrâneas garantiam já regadios de dimensão apreciável numa boa parte dos solos daquela zona. Também na zona do Maciço de Estremoz grande parte das vinhas é regada com águas subterrâneas do aquífero de Estremoz-Cano (A4, na Figura 2). Na Bacia Tejo-Sado, muitos regadios importantes baseiam-se também em águas subterrâneas. Os aquíferos assumem, assim, uma importância significativa, não só extensivamente no suporte de pequenos regadios, mas também em regadios de maior dimensão. As captações são normalmente furos, mas, por exemplo na região de Évora, algumas captações por charca são muito importantes também para o sequeiro (complementado), a pecuária e pequenos regadios.

Contudo, o consumo de água subterrânea tem de limitar-se, rigorosamente, à capacidade efetiva de recarga dos aquíferos. De facto, há dados que apontam para uma situação já alarmante de sobre-exploração em alguns aquíferos específicos em Portugal. Nas últimas quatro décadas, houve um nível de investimento notável na construção de captações particulares de água para rega agrícola, com impacto na diminuição dos recursos hídricos subterrâneos. Em simultâneo, a intensificação agrícola possibilitada pelo regadio tem também impacto na qualidade da água, que é contaminada pelo uso excessivo de pesticidas e fertilizantes, com aumento, em especial, dos níveis de nitratos. De igual modo se agrava o problema complexo da salinidade, quer do solo, quer da água. Assim, em muitos dos aquíferos mais importantes do país, é exigível todo o cuidado no uso deste recurso, incluindo um programa, que ainda não existe de forma extensiva, de monitorização geral e sistemática da quantidade e da qualidade das águas subterrâneas.

À escala mundial, se o consumo de água continuar a aumentar a um ritmo idêntico ao que se tem verificado nos últimos anos, e apesar do armazenamento de água subterrânea ser muito significativo, as taxas de

extração para rega em áreas áridas não permitirão a recuperação física dos recursos hídricos. Entre 1940 e 2008, a nível mundial, 4500 km³ de água subterrânea foram extraídos do armazenamento dos aquíferos, sem retorno às reservas de água subterrânea, aumentando enormemente esse ritmo para 120 a 180 km³/ano a partir do ano 2000 (Foster & Tyson 2015).

Os dados do Quadro 3 são ilustrativos dos aspetos quantitativos potenciais das águas subterrâneas no Alentejo, salientando-se a capacidade útil de recarga anual, somando 1511,7 hm³, que se pode comparar com os 368 hm³ da capacidade das 867 pequenas barragens de rega já existentes por alturas do recenseamento de 2009, ou com os 3133 hm³ úteis da albufeira de Alqueva, ou ainda com os quase 7000 hm³ de escoamento sobre toda a área do Alentejo, conforme a estimativa apresentada na coluna 11 do Quadro 2. Salienta-se a relatividade destas comparações, que se referem apenas a disponibilidades efetivas correntes, não aos volumes totais armazenados, que no caso das águas subterrâneas do Alentejo se estimam em mais de 10000 hm³, incluindo aquíferos que, na Orla Ocidental e na bacia do Tejo-Sado podem ter porosidade eficaz superior a 0,2 e espessuras de mais de 100 ou 200 m. Estas, no entanto, são reservas de água que não devem ser utilizadas, a não ser em caso de extrema necessidade, pois essa exploração causaria não só a degradação parcial de alguns dos aquíferos, como poderia ser fatal para os ecossistemas dependentes de águas subterrâneas, nomeadamente os dependentes dos regimes de fluxo dos rios que deixariam de ter o contributo das águas subterrâneas.

2.2.3 Qualidade das águas subterrâneas

Quanto à qualidade das águas subterrâneas para rega, no já referido estudo ERHSA (2001) usouse o diagrama do *United States Salinity Laboratory*, que é um gráfico de duas entradas, para classificar as águas subterrâneas em função da sua utilização em solos agrícolas. Em abcissas a condutividade elétrica (CE) da água, definindo quatro classes (C1 a C4) de risco crescente de salinização do solo onde se use para rega a água analisada; uma água C2 (risco moderado de salinização) pode ainda ser usada na rega, desde que o solo tenha boa drenagem; uma água C3 (risco elevado) só deverá ser usada na presença de uma boa rede de drenagem, que facilite a lixiviação dos sais que se acumulem no solo; uma água C4 (risco muito elevado) não deve ser usada em nenhum caso. Em ordenadas, o diagrama classificativo considera quatro classes (S1 a S4) de risco crescente de alcalinização, traduzido pela razão de adsorção de sódio, que é uma função da concentração de sódio na água relativamente às



Figura 2. Setores aquíferos do Alentejo (Chambel et al 2007, modificada e atualizada).

concentrações de outros catiões, Ca^{2+} e Mg^{2+} . Uma água S2 já não deve ser usada em solos de textura fina, a não ser com boa drenagem; uma água S3 não deve ser usada, a não ser com aplicação de gesso e na presença de uma rede que assegure muito boa drenagem; uma água S4 (risco muito elevado) não deve ser usada em nenhum caso. O diagrama combina as duas entradas, resultando em 16 classes de qualidade da água desde C1S1 até C4S4.

Quase todas as águas analisadas no âmbito do projeto ERHSA são C2 ou C3 em termos de salinidade e S1 em termos de presença de sódio. É indispensável, portanto, para utilizar as águas subterrâneas na rega, mas evitando os riscos de salinização do solo, lembrando o que acima se disse sobre a frequente deficiência da drenagem interna dos solos do Alentejo, melhorar essa condição, geralmente requerendo-se a construção de uma suficiente rede de drenagem. Há ainda que referir que as águas da bacia do Sado e algumas do Tejo são S2 e mesmo S3, o que reforça, para essas regiões, a necessidade da rede de drenagem como parte da infraestrutura hidráulica de rega.

No entanto, verifica-se que há uma variação significativa da mineralização total da água

subterrânea entre o norte e o sul do Alentejo. A norte (zona de Portalegre, por exemplo), a tendência geral é para águas menos mineralizadas, ao passo que, para sul, a tendência é para águas mais mineralizadas, fator que se acentua para sul de Beja, onde surgem águas já muito salobras nalguns locais, nomeadamente em toda a Faixa Piritosa.

Em termos de fácies hidroquímicas, a Bacia do Tejo-Sado apresenta águas com tendência cloretada-sódica, mais acentuada a sul, na Bacia de Alvalade. Mais a norte, a mesma bacia continua a apresentar essa mesma tendência, mas começam a aparecer mais águas com tendência carbonatada, por vezes magnesiana (ERHSA 2001).

No aquífero de Sines a água é claramente bicarbonatada-cálcica, o que é de esperar do principal aquífero carbonatado da região (ERHSA 2001).

No que respeita ao Maciço Antigo, a sul de Beja as fácies hidroquímicas são claramente cloretadas-sódicas, e, para norte, essa tendência vai-se esbatendo, passando as águas a ser mais bicarbonatadas cálcicas e magnesianas, ou seja, há maior variabilidade hidroquímica.

Quadro 3. Reservas renováveis anuais dos aquíferos do Alentejo.

Sectores aquíferos	Tipo de rochas	Área do aquífero no Alentejo (km ²)	Recarga média anual (% da precipitação)	Recarga média anual (mm)	Recurso renovável anual (hm ³ /ano)
Bacia do Tejo-Sado					
Zona Indiferenciada da Bacia do TejoSado (T0)	Porosas	1257	5	33	41,5
Aquífero da Bacia do Tejo-Sado – Margem Esquerda (T3)	Porosas	2181	30	200	436,2
Aquífero da Bacia Alvalade (T6)	Porosas	702	30 (*)	158	110,9
Orla Ocidental					
Aquífero de Sines (O32)	Carbonatadas	250	-	-	31,5 (**)
Maciço Antigo					
Maciço Antigo (A0)	Fraturadas	20119	5	33	663,9
Aquífero de Escusa (A2)	Carbonatadas	8	51	465	3,7
Aquífero de Alter do Chão-Monforte (A3)	Carbonatadas	69	13	82	5,7
Aquífero de Estremoz-Cano (A4)	Carbonatadas	202	25	167	37,7
Aquífero de Elvas-Vila Boim (A5)	Carbonatadas	113	25	150	17
Aquífero de Viana do Alentejo-Alvito (A6)	Carbonatadas	18	16	101	1,9
Aquífero dos Gabros de Beja (A9)	Fraturadas	347	10	54	18,7
Aquífero de Moura-Ficalho (A10)	Carbonatadas	191 (***)	23	139	11
Aquífero de Elvas-Campo Maior (A11)	Porosas	176	20	120	21,1
Aquífero dos Charnoquitos de Campo MaiorElvas	Fraturadas	48	10	58	2,8
Aquífero de Pavia-Mora	Fraturadas	267	10	61	16,3
Aquífero de Évora	Fraturadas	255	10	65	16,6
Aquífero de Montemor-o-Novo	Fraturadas	373	10	71	26,5
Aquífero do Escoural	Fraturadas	198	10	74	14,7
Aquífero de Cuba-S. Cristóvão	Fraturadas	369	10	65	24
Aquífero de Vidigueira-Selmes	Fraturadas	165	10	56	9,2
Aquífero de Portel	Carbonatadas	18	7	45	0,8
TOTAL					1511,7

* Dados de Paralta et al 2007; ** Dados de Almeida et al 2000; *** Área de recarga é de apenas 81 km²

Fontes: ERHSA 2001;Chambel et al, 2007

3. O RECURSO SOLO

3.1. Panorâmica breve dos solos do Alentejo

Azevedo e Cary (1989) organizaram em cinco agrupamentos (ver Quadro 4) as ordens e subordens dos solos do Alentejo, definidas e designadas de acordo com a classificação portuguesa dos solos proposta por Cardoso (1965). Os cinco agrupamentos traduzem afinidades pedológicas e propriedades dos solos, que os autores consideraram importantes na produção agrícola e nas atividades agronómicas, contudo sem o carácter sistemático e classificativo das “classes” de aptidão dos solos da cartografia publicada, com esse carácter e objetivos, mas tendo como modelo a capacidade de o solo produzir trigo de sequeiro. No entanto, para facilidade de referência no texto que se segue, inseriu-se uma coluna com as designações A a E dos agrupamentos que, embora

se referindo a qualidades do solo, não se confundem com as referidas classes de aptidão.

Pode considerar-se que só três (designados A, B, C) dos cinco agrupamentos de solos considerados têm “boa” aptidão agrícola, somando 800 000 ha, menos de 30% da área total do Alentejo. A aptidão para o regadio será ainda mais restritiva, já que são mais os fatores intervenientes. É naturalmente grande a tentação de considerar maior a aptidão do agrupamento A, o que será verdade no que se refere a alguns aspetos, como a profundidade do perfil e a fertilidade química. No entanto, repare-se que é também nos solos deste agrupamento – Barros e Para-barros – que mais frequentemente se impõem fatores restritivos, como a muito má drenagem interna e os elevados riscos de salinização, incluindo casos graves de alcalinização. Já nos agrupamentos B e C, de solos Mediterrâneos ou Argiluvitados, de espessuras de perfil e fertilidade

Quadro 4. Agrupamento dos solos do Alentejo.

Ordens e Subordens	Agrupamento	Áreas (ha)	% na Área total
Barros, para-barros e afins	A	275 000	10
Solos mediterrâneos, pardos e vermelhos, não calcários	B	417 000	16
Solos argiluvitados não calcários e calcários	C	108 000	4
Solos litólicos não húmicos e argiluvitados delgados	D	900 000	34
Solos argiluvitados delgados e litossolos	E	972 000	36
Total		2 672 000	100

Fonte: Azevedo, Ário L.; Cary, F. Caldeira. (1989).

química bastante menores que nos do agrupamento A, se tem de lidar com um problema ainda grave de drenagem interna, que decorre neste caso da compactidade elevada do horizonte (B) argiluvitado. Porém, os riscos de salinização já são aqui bastante menores que no agrupamento A. Problema frequente nestes solos é a baixa fertilidade química, associada aos baixos teores de matéria orgânica, de fósforo e de magnésio, baixo pH e, frequentemente, elevados teores de manganés, atingindo níveis tóxicos (Carvalho et. al. 2015; Serralheiro e Carvalho, 2020; Carvalho e Serralheiro, 2021). A menor aptidão agrícola considerada para os agrupamentos D e E decorre, quer da limitada espessura dos perfis destes solos, quer das texturas demasiado grosseiras e das limitadas fertilidades químicas. No entanto, se utilizados na rega de culturas de Outono/Inverno e com tecnologias de produção apropriadas, estes solos podem ser aproveitados para culturas anuais regadas, como prados temporários, forragens e cereais, de forma rentável.

3.2. Conservação do solo e da água: a matéria orgânica e a drenagem

Há de notar-se que os problemas referidos limitativos da aptidão agrícola de todos os grupos de solos se associam, muito diretamente, aos baixos teores de matéria orgânica que genericamente se verificam. De facto, a matéria orgânica do solo é a parte que lhe dá vida, não só por os resíduos vegetais suportarem a atividade microbiana, também por, na fase de mineralização, devolverem nutrientes ao solo e posteriormente, na fase de humificação, se transformarem em ácidos húmicos. Estes são compostos de moléculas longas, com cargas elétricas muito ativas, que se ligam fortemente às posições de troca nos minerais da argila, formando complexos minerais-orgânicos (argilo-húmicos), que são muito importantes na agregação das partículas do solo e consequente resistência à erosão e formação dos poros, reduzindo o escoamento superficial. São assim determinadas pela matéria

orgânica propriedades importantes da qualidade do solo, ou capacidade de este prestar serviços ao ecossistema: a capacidade de troca catiónica (e a consequente fertilidade química), a estrutura e a porosidade (e as correspondentes resistência à erosão e drenagem interna) e a capacidade de retenção de água no solo (aumento da infiltração, por ser melhor a porosidade e a drenagem interna) e aumento do teor de humidade à capacidade de campo. Quer dizer, verifica-se que a qualidade dos solos e a sua capacidade de uso agrícola (em sequeiro ou em regadio) decorre principalmente do teor de matéria orgânica. Esta será, naturalmente, a linha diretriz das tecnologias agrícolas: aumentar os teores de matéria orgânica dos solos, o que irá, circunstancialmente, ao encontro das necessidades de imobilização de carbono nos solos, na linha da descarbonização e combate às alterações climáticas. Tecnologias conservativas (ou regenerativas) do solo, que o protegem da erosão, como a mobilização mínima ou a não mobilização (sementeira direta), são peças importantes na conservação do solo e da água. Também o serão outras técnicas menos diretas, como o grau de cobertura do solo (as pastagens permanentes promovem uma cobertura excecional, assim como o restolho ou um *mulch* formado pelos resíduos das culturas, se conduzidas em sementeira direta), a cultura em linhas seguindo as curvas de nível, e sistemas simples de vala e câmara de nível, a constituírem sistemas de drenagem de superfície. Estes últimos sistemas de drenagem podem simultaneamente servir para a implantação das linhas de culturas arbóreas, as quais encontram no câmara um meio poroso, bem drenado e fértil, especialmente favorável nos primeiros anos do desenvolvimento das jovens árvores. Deve ainda referir-se que, particularmente nos solos de textura mais fina e nos Argiluvitados, as culturas de enraizamento abundante (como é o caso das culturas forrageiras, independentemente da família a que pertencem), promovem, pelos resíduos das suas raízes, o aumento da matéria

orgânica e consequente melhoria da estabilidade estrutural, com a manutenção de uma rede de canais biológicos, que pode aumentar a drenagem de forma muito significativa.

Assim, a adoção de tecnologias apropriadas pode resolver muitas das limitações dos solos, permitindo o seu uso em regadio, o que tornará a área potencialmente regável bem superior, uma vez que a pouca profundidade poderá ser ultrapassável com a rega, especialmente em culturas de Outono/Inverno. Para estas culturas, havendo muito menores necessidades de dotações totais e instantâneas de água de rega, a profundidade do solo é menos crítica na sua adaptação ao regadio. E, lembra-se, é a disponibilidade de solos e não de água a principal limitação a uma distribuição mais uniforme do regadio no território.

4. ÁGUA E SISTEMAS PRODUTIVOS

4.1. Sistemas de sequeiro. Sistemas agro-silvo-pastoris

No Alentejo, à semelhança do que se verifica no restante território continental, a superfície agrícola utilizada (SAU), não sofreu alterações significativas

(Figura 3), desde a entrada de Portugal na Comunidade Europeia. No entanto, verificou-se uma acentuada transferência da área dedicada a culturas aráveis para a área dedicada a pastagens permanentes, como resultado das sucessivas alterações da Política Agrícola Comum (PAC) que, desligando as ajudas da atividade, por um lado aumentou os pagamentos diretos às grandes áreas, mas por outro permitiu um melhor ajustamento da ocupação do território à realidade edafoclimática. A deficiência hídrica na Primavera (que se tem vindo a agravar como consequência da alteração climática) assim como a elevada percentagem de solos pouco férteis e com baixo armazenamento de água útil tornam o território, em condições de sequeiro, com maior vocação para a produção de biomassa, ou seja, de pastagens e forragens e a consequente produção pecuária, do que para a produção de culturas para grão.

Esta transformação é racional e positiva. Fica claro que a principal vocação do sequeiro no Alentejo é a adoção de sistemas silvo-pastoris, confirmada pela grande transferência de áreas de culturas arvenses para pastagem, com o desligamento das ajudas. As pastagens de sequeiro são a base da produção animal, pois constituem a fonte de alimento mais barata, conforme se observa na Figura 4, obtida a partir de

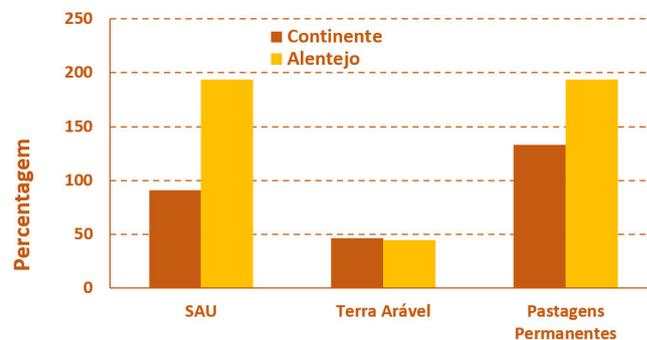


Figura 3. Percentagem de evolução (altura das barras) de áreas agrícolas (SAU, arvenses e pastagens) em Portugal Continental (barras a vermelho) e no Alentejo (barras a amarelo), entre 1983 e 2013 (Fonte: RASQ e IFFA 2013)

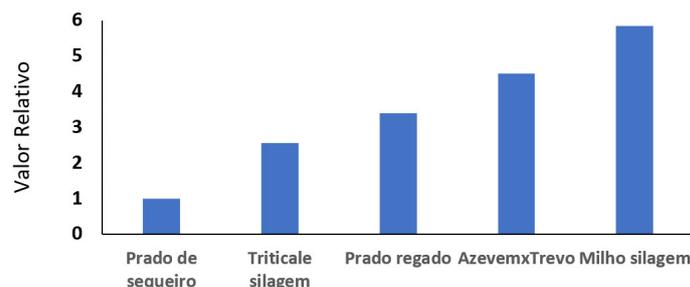


Figura 4. Custos comparados de pastagens e forragens, por unidade de matéria seca, observados em explorações agrícolas no Alentejo.

dados reais de explorações agropecuárias no Alentejo. Porém, o fator de grande preocupação é que cerca de 87% das pastagens são pobres, como as classifica o Instituto Nacional de Estatística (INE), isto é, são pastagens permanentes de crescimento espontâneo utilizadas, periódica ou permanentemente, para alimentação de gado, que não são melhoradas por adubações, cultivos, sementeiras ou drenagens. Particular atenção deve ser dada a este facto, sendo uma prioridade melhorar a produtividade e a qualidade destas pastagens. A acidez do solo (cerca de 85% dos solos nacionais são ácidos) e as toxicidades de manganês e alumínio frequentemente associadas, assim como os baixos teores de fósforo, são as correções fundamentais a introduzir para aumentar a produtividade das pastagens de sequeiro, havendo casos concretos na região em que a produtividade foi multiplicada por dez.

Foi a redução da área dedicada aos cereais para grão a grande responsável pela diminuição da SAU dedicada às culturas aráveis. Em sentido contrário, verificou-se um aumento da área dedicada a culturas forrageiras (como complemento do aumento da área de pastagens) e um aumento das culturas permanentes, particularmente do olival, da vinha e, mais recentemente, dos frutos de casca dura, que o regadio de Alqueva veio permitir. Recentemente, a Estratégia Nacional para a Promoção da Produção de Cereais², aprovada em 2018, através da RCM n.º 101/2018, procura dar resposta aos níveis demasiado baixos de autossuficiência alimentar de Portugal, nomeadamente no que respeita a cereais, em especial ao trigo para pão, para cujo abastecimento Portugal se tornou totalmente dependente das importações, ficando em grande risco a soberania alimentar do País. Um aumento significativo, a curto prazo, da produção de cereais de Inverno, como o trigo, só será possível com o recurso ao regadio, de forma a fazer face ao aumento de frequência das secas de Primavera. A médio/longo prazo, um aumento do teor do solo em matéria orgânica permitirá também tornar a cultura mais sustentável no sequeiro, pelo menos nos melhores solos.

4.2. Sistemas de Regadio. Culturas regadas

Naturalmente, o regadio, em conjunto com outros avanços tecnológicos, permitiu o aumento da produtividade agrícola. Sendo a água um fator escasso e caro, a sua produtividade é uma questão central para a viabilidade do regadio e para a sua contribuição na sustentação do território. A produtividade de culturas como o milho e a oliveira mais que triplicaram nos últimos trinta anos e a da uva aumentou 75% (Marques e Carvalho 2017). No caso das culturas anuais, sejam forrageiras,

sejam para grão, a produtividade da água de rega é muito maior nas culturas de Outono/Inverno que nas de Primavera/Verão. Na Figura 5 comparam-se produtividades da água numa exploração com várias forragens e cereais para grão; o tritcale para forragem permitiu uma produtividade da água de rega cerca de sete vezes maior que a da pastagem permanente regada, a qual conduziu ao pior valor, e cinco vezes maior quando comparada com o milho silagem. Na mesma exploração agrícola, a produtividade da água de rega na produção de trigo é cerca de 4,5 vezes superior à que se obtém na cultura de milho, ambas para grão (Figura 6).

Na lógica da importância estratégica do regadio na sustentação do território e atendendo à evolução do uso do solo no sentido das pastagens de sequeiro e consequente produção animal, bem como à eventual retoma de alguma produção de cereais e outras culturas de outono-inverno, a utilização de parte do regadio na produção destas culturas pode ser muito importante. Nesta ótica, assume particular importância uma questão central, mas frequentemente minorizada no regadio, que é a melhoria da drenagem do solo.

A água é um fator de produção escasso e caro, pelo que é fundamental que a sua produtividade seja elevada, o que se conseguirá se a rega for fundamentalmente de complemento, na produção de culturas de Outono/Inverno, ou no aumento da disponibilidade de pastagens para pastoreio direto no Outono, substituindo alimento conservado. A maior economia da água nesta estratégia é particularmente importante nos pequenos regadios privados, onde permite aumentar significativamente as áreas regadas e/ou aumentar a resiliência do sistema a anos consecutivos de seca. Mas também o será nos regadios públicos por permitir regar solos que não são apropriados para produzir culturas regadas de Verão, por apresentarem uma pequena profundidade útil.

Os pequenos regadios privados, individuais ou coletivos, quer utilizando águas de superfície a partir de pequenas albufeiras, quer utilizando águas subterrâneas locais, estão por todo o País, mas devem aumentar-se e desenvolver-se. A estratégia de apoio e estímulo a estes sistemas de produção e à sua expansão e intensificação deve, à semelhança do que acima se descreveu para os sistemas de sequeiro, procurar otimizar o uso da água, obtendo dela a maior produtividade possível, e interligar o seu uso com a sustentação do sequeiro. As prioridades não irão para as culturas tradicionalmente de regadio, grandes consumidoras de água, mas antes para culturas que tirem partido das chuvas e maximizem a sua produtividade com

rega de complemento. É o caso das forragens, já referidas no complemento do sequeiro, mas é também o dos cereais de Outono/Inverno e das leguminosas para grão e o das culturas lenhosas permanentes, em especial o olival e a vinha, cujas exigências complementares de água são muito baixas (normalmente menos de $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), potenciando muito elevadas produtividades da água de rega. As culturas tipicamente de regadio, nomeadamente os pomares e as hortícolas, devem ser objeto de decisão muito criteriosa em projeto, caso a caso, em função da disponibilidade local de solos e clima adequados, de água suficiente em quantidade e qualidade e da capacidade financeira do agricultor, incluindo os apoios externos com que possa contar, para investir no sistema de rega e sua exploração.

5. CONCLUSÃO

Para um novo paradigma de utilização da água na Agricultura, um fator a ter em conta cuidadosamente é a existência das secas, que sempre houve, mas que serão mais frequentes e aleatórias à medida que as alterações climáticas se vão fazendo sentir mais intensamente. De facto, a diminuição das precipitações, bem como o aumento da sua irregularidade e os frequentes e longos períodos de seca, estão previstos em todos os cenários de alterações para o sul ibérico. Para atender à referida aleatoriedade das secas, o volume útil das pequenas albufeiras e outros reservatórios deve ser pelo menos duplo em relação às necessidades de rega anuais, preparando as reservas para suportarem dois ou mais anos secos seguidos. Na utilização das águas subterrâneas, sobretudo dos

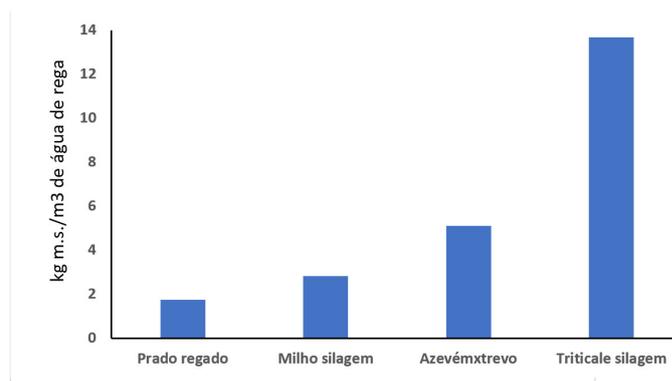


Figura 5. Comparação da produtividade da água de rega na Herdade da Parreira, concelho de Montemor-o-Novo, na produção de culturas forrageiras. Para o milho silagem, utilizaram-se dados fornecidos pelo Prof. Francisco Avilez para a zona do Ribatejo. Os restantes dados foram os obtidos na exploração, com um solo Litólico de granito (Pg).

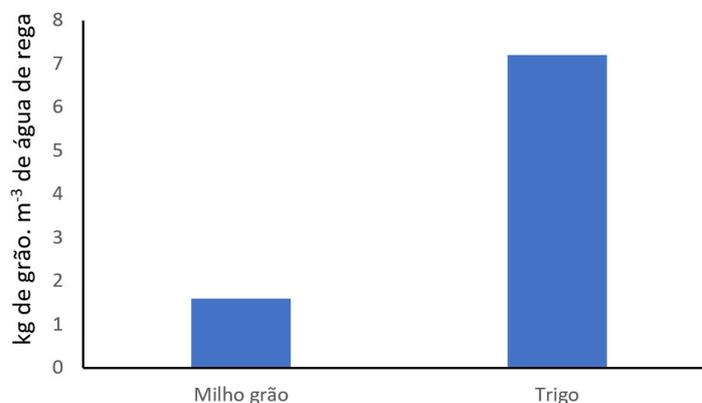


Figura 6. Produtividade da água de rega na cultura de milho grão e de trigo, na Herdade da Parreira.

grandes aquíferos diferenciados, será talvez mais fácil atender à aleatoriedade das secas, apesar de as consequências de uma sobreutilização serem mais graves do ponto de vista ecológico e mais duradouras no tempo. Não se prevê, neste novo paradigma que se propõe para a gestão pública da água na agricultura, uma utilização dos aquíferos superior a 80% da recarga anual média.

Todas as tecnologias descritas e cuidados na conservação do solo e da água devem ser respeitados escrupulosamente. De acordo com os dados apresentados ou referidos acima neste artigo, o recurso água está distribuído por todo o território. Já o recurso solo e a sua qualidade tem certamente menos justeza na distribuição e é provavelmente em geral mais limitativo, mas há soluções tecnológicas que permitem ultrapassar algumas destas limitações. As decisões e escolhas fundamentais terão de ser feitas pelos agricultores, caso a caso, com apoio técnico e financeiro do Estado. Habitualmente, o Estado já suporta parte dos custos com os equipamentos de rega, quando os projetos são aprovados. É preciso que tal apoio se torne prioritário para a política de gestão pública da água na agricultura, reforçando o número dos pequenos projetos de regadio aprovados.

Estas mudanças serão totalmente adequadas às orientações da Comissão Europeia, expressas no Pacto Ecológico Europeu, e ainda à transição justa, que é também uma das bandeiras da atual Comissão Europeia (European Commission 2020). Uma transição justa implica justiça na distribuição de recursos, e um desenvolvimento inclusivo das regiões e das comunidades que as ocupam. Os novos modelos de governança da água implicam uma transformação dos modelos institucionais e governativos, novos mecanismos de política e participação ativa dos parceiros interessados (Sinclair 2019), que permitam rever e adaptar as regras do jogo quanto aos usos do território e dos recursos, tornando claras as decisões sobre quem beneficia e quem suporta os custos (Baker and Mehmood 2014). A colaboração entre ciência e prática e decisão política, e a co-produção de conhecimento têm um papel fundamental nesta transição, para apoiar o desenho e construção de novas soluções que de facto fomentem a sustentabilidade dos territórios (Bina *et al.* 2018; Primdahl *et al.* 2018).

Todo este processo de desenvolvimento exige do agricultor um conhecimento profissional complexo e sempre atualizado, não só no que respeita à tecnologia agrícola, também nas componentes administrativas e ambientais, inclusive para responder às exigências, atuais e futuras, do

Pacto Ecológico Europeu e à sua tradução na regulamentação e aplicações da PAC. Será fundamental uma assistência técnica continuada aos agricultores, não só especificamente para a elaboração dos pequenos projetos, mas também para a tomada das decisões fundamentais e para a sua execução continuada. A organização central deste serviço de assistência técnica aos agricultores será certamente papel do Ministério da Agricultura e Alimentação, através da DGADR, enquanto autoridade nacional do regadio e desenvolvimento rural. A sua implementação no terreno envolverá certamente competências das Direções Regionais de Agricultura e de outras entidades, públicas e privadas.

Uma das decisões fundamentais em projeto será a que se refere à origem, captação, armazenamento e distribuição da água para rega. Dados os condicionalismos da utilização das águas subterrâneas, é de esperar, pelo menos no Alentejo, que a solução mais frequente se baseie nas águas de superfície (pequenas barragens), com os inerentes acréscimos de custos e as correspondentes necessidades de apoios financeiros. Os planos de ordenamento dos territórios rurais devem contar com a existência destas pequenas barragens para utilizações secundárias diferentes da rega: recreativas, de combate aos fogos rurais, de produção fotovoltaica de eletricidade (sistemas de painéis flutuantes), de produção piscícola, etc.

Será desta ação concertada que resultará a coerência do Programa Nacional de Investimento no sector do Regadio. É preciso não esquecer que se procura, com uma estratégia de gestão da água, que este recurso vital e escasso esteja ao serviço de todos e em todo o território, para uma utilização sustentável, quer do ponto de vista social e económico, quer do ambiental, inserindo-se harmonicamente no desenvolvimento do interior rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelstam P, Munoz-Rojas J. and Pinto-Correia T., 2019. Landscape concepts and approaches foster learning about ecosystem services. *Landscape Ecology*. doi:10.1007/10980-019-00866

AgroGes; FENAREG. 2019. "Contributo para uma Estratégia Nacional para o Regadio 2050". Apresentação na Feira Nacional de Agricultura 14 Junho 2019. Versão disponibilizada: pdf. www.fenareg.pt

Almeida, C.; Mendonça, J.; Jesus, M.R.; Gomes, A. 2000. *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Instituto da Água – Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, 3 vols. , 671 pp

- Avillez, Francisco. 2021. "Que Regiões Agrícolas Irão Ganhar ou Perder Rendimentos com a Reforma da PAC pós-2020?" AGRO-GES.
- Azevedo, Á.L.; Cary, F. Caldeira. 1989. Problemas e potencialidades da agricultura portuguesa, com ênfase especial para o Alentejo. In "Cooperação luso-alemã entre Universidades no domínio da investigação agrária aplicada – Resultados de projectos de investigação agrária". Vila Real, pp 135-161.
- Baker, Susan; A. Mehmood. 2014. "Local Environment : The International Journal of Justice and Sustainability Social Innovation and the Governance of Sustainable Places." Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability 1(December 2014):37–41.
- Bina, Olivia; Marta, Varanda; Daniel J. Lang; Henrik Von Wehrden; Maria Helena; Beatrice; John; Fabienne Gralla; Doris Alexander; Dorit Raines; Allen White; Roderick John. 2018. "Interdisciplinary and Transdisciplinary Research: Finding the Common Ground of Multi-Faceted Concepts." Sustainability Science.
- Cardoso, José V.J. de Carvalho. 1965. Os solos de Portugal. I- A sul do rio Tejo. Lisboa, Secretaria de Estado da Agricultura, Direção Geral dos Serviços Agrícolas. VII+311 pp.
- Carvalho, M.; Serralheiro, R. 2021. A sustentabilidade dos sistemas de Agricultura no Alentejo. Os desafios económicos e ambientais. Revista Naturae Digital, Museu Virtual da Biodiversidade, Universidade de Évora. <https://naturaemuseubiodiv.wordpress.com/2021/07/08>
- Carvalho, M.; Goss, M.J.; Teixeira, D. 2015. Manganese toxicity in Portuguese Cambisols derived from granite: causes, limitations of soil analysis and possible solutions. Revista de Ciências Agrárias, 38: 518-527.
- Chambel, A.; Duque, J.; Nascimento, J. 2007. Regional Study of Hard Rock Aquifers in Alentejo, South Portugal: Methodology and Results. IAH-SP Series, Jiri Krásný & John M. Sharp Eds, Taylor & Francis, 73-93 (ISBN 978-0-415-41442-5).
- Corbera E., Roth D. e Work C., 2019. Climate change policies, natural resources and conflict: implications for development, Climate Policy, 19:sup1, S1-S7, DOI:10.1080/14693062.2019.1639299
- Dias F. e Correia C., 2020. O uso da água em Portugal. Olhar, Compreender e Actuar com os protagonistas chave. Um estudo do Programa Gulbenkian Desenvolvimento Sustentável. .
- Dupraz, Pierre; Hervé Guyomard. 2019. "Environment and Climate in the Common Agricultural Policy." EuroChoices 18(1):18–25.
- EDIA. 2021. *Regadio 2030. Levantamento do Potencial de Desenvolvimento do Regadio de Iniciativa Pública no Horizonte de uma Década*. EDIA, Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas de Alqueva. Documento posto a discussão pública em dezembro de 2021.
- EEA, 2019. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. European Environmental Agency, Report 04/2019. Copenhagen
- ERHSA. 2001. Projeto "Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo". Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Alentejo, Évora.
- European Commission, 2020. "Just Transition Mechanism." European Commission. Retrieved (<https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/just-transition->).
- European Commission, 2021. A long-term Vision for the EU's Rural Areas - Towards stronger, connected, resilient and prosperous rural areas by 2040. COM (2021) 345 Final. Brussels
- EU SCAR AKIS, 2019. Preparing for Future AKIS in Europe. Standing Committee on Agricultural Research (SCAR), 4th Report of the Strategic Working Group on Agricultural Knowledge and Innovation Systems (AKIS). European Commission, Brussels
- FENAREG. 2019. "Contributo para uma Estratégia Nacional para o Regadio. Documento Síntese". 44pp. www.fenareg.pt
- Foster, S.; Tyson G. (coord.). 2015. Food Security and Groundwater. Strategic Overview Series. International Association of Hydrogeologists. Management: Misstear B and Chiton J. 6p.
- Horlings, L. G.; T. Marsden. 2011. "Towards de Real Green Revolution ? Exploring the Conceptual Dimensions of a New Ecological Modernization of Agriculture That Could 'Feed the World.'" Global Environmental Change 21(2):441–52.
- IEEA 2013. Inquérito às estruturas das explorações agrícolas 2013, Edição 2014, Instituto Nacional de Estatísticas
- INE 1991. Recenseamento Geral da Agricultura, 1989 (RA89). Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- INE 2001. Recenseamento Geral da Agricultura, 1999 (RG99). Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- INE 2011. Recenseamento Agrícola, 2009 (RA2009). Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- INE 2021. Recenseamento Agrícola, 2019 (RA2019). Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.

- Jaeger W., Amos A., Conklin D., Langpap C., Moore K., Planting A., 2019. Scope and limitations of drought management within complex human–natural systems. *Nature Sustainability*. doi.org/10.1038/s41893-019-0326-y
- Malek Ž., Verburg P., Geijzendorffer I., Bondeau A., Carmer W., 2018. Global change effects on land management in the Mediterranean region. *Global Environmental Change*, 50: 238-254
- Marques, C.; Carvalho. M. 2017. A agricultura e os sistemas de produção no Alentejo. Breve caracterização da sua evolução, situação atual e perspectivas. In "Posse e uso da terra, Caracterização da Agricultura Alentejana", pp. 15-53. ISBN 978-972-8140-8-9.
- Ministério da Agricultura. 2018. Programa Nacional de Regadios. Nota à Comunicação Social. Vila Franca de Xira, 3 de março de 2018. Anexo, mapa do Programa Nacional de Regadios.
- Molden, David. 2020. "Scarcity of Water or Scarcity of Management?" *International Journal of Water Resources Development* 36(2–3):258–68.
- Palomo-Campesino S., González J. e García-Llorente M., 2018. Exploring the Connections between Agroecological Practices and Ecosystem Services: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 10, 4339; doi:10.3390/su10124339
- Paralta, E.; Frances, A.; Ribeiro, L. 2007. Modelação da recarga do aquífero livre miocénico da Bacia de Alvalade e implicações ao nível da contaminação agrícola (um caso de estudo da infra-estrutura 12 - bloco de rega de Canhestros/Ferreira do Alentejo). Seminário sobre Águas Subterrâneas, LNEC, 12p.
- Pinto-Correia, T. 2020. Geographies of the South. The Study of the Rural Landscape in Portugal: Southern Unicity in Patterns and Changing Functions. In: González R.L.(Ed.), *Geographies of Mediterranean Europe*. Springer, ISBN 978-3-030-49463-6
- Poux X. e Aubert P.-M., 2018. An agroecological Europe in 2050: multifunctional agriculture for healthy eating. Findings from the Ten Years For Agroecology (TYFA) modelling exercise. IDDRI, Paris
- Primdahl, J., L. S.; Kristensen, F.; Arler, P.; Angelstam, A. A.; Christensen; M. Elbakidse. 2018. "Rural Landscape Governance and Expertise: On Landscape Agents and Democracy." Pp. 153–64 in *Defining Landscape Democracy. A Path to social justice*, edited by S. Egoz, K. Jorgensen, and D. Ruggeri. Edward Elgar.
- Rasmussen, L. V. et al. 2018. "Social-Ecological Outcomes of Agricultural Intensification." *Nature Sustainability* 1:275–282.
- Rockström, Johan et al. 2017. "Sustainable Intensification of Agriculture for Human Prosperity and Global Sustainability." *Ambio* 46(1):4–17.
- Rodríguez-Cohard, Juan Carlos; José Domingo Sánchez-Martínez; Vicente José Gallego-Simón. 2018. "Olive Crops and Rural Development: Capital, Knowledge and Tradition." *Regional Science Policy & Practice* (November 2017):1–15. Retrieved <http://doi.wiley.com/10.1111/rsp3.12115>.
- Serralheiro, R. P.; 1997. *Perspetiva da Agricultura de Regadio em Portugal*. Publicações "Universidade de Évora, série Ciências Agrárias", nº 5. 76pp.
- Serralheiro, R.; Carvalho, M. 2020. "Elementos para uma Estratégia de Gestão da Água na Agricultura". *Revista AGROTEC*, nº 34, Março 2020, pp. 30-35.
- Serralheiro, R.; Carvalho, M.; Pinto Correia, T. 2020. "Parecer Técnico, Sector Regadio, Plano Nacional de Investimentos, PNI2030". Parecer sectorial (Regadio) integrado no Parecer global sobre o PNI2030 elaborado para o CSOP sob coordenação do Prof. Paulo Pinho, da FEUP.
- Silveira, A., Ferrão, J., Muñoz-Rojas Morenés, J., Pinto-Correia, T., Guimarães, M.H., & L. Schmidt, 2018. "The sustainability of agricultural intensification in the early 21st century: insights from the olive oil production in Alentejo (Southern Portugal)". In A. Delicado, N. Domingos and L. de Sousa (Eds.), *Changing Societies: Legacies and Challenges*. Vol. iii. *The Diverse Worlds of Sustainability*. Lisbon: Imprensa de Ciências Sociais, pp.247-275. <https://doi.org/10.31447/ics9789726715054.10>
- Sinclair, F. 2019. *Agroecological and Other Innovative Approaches for Sustainable Agriculture and Food Systems That Enhance Food Security and Nutrition*. Report by the High Level Panel on Food Security and Nutrition, Committee on World Food Security, Rome.
- SNIRH, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. (s/ data). <https://snirh.apambiente.pt>
- Veerman, C.; T. Pinto-Correia; C. Bastioli; B. Biro; J. Bouma; E. Cienciala; B. Emmett; E. Frison; A. Grand; L. Filchew, Z. Kriaučiūnienė; M. Pogrzeba; J. F. Soussana; C. Olmo; R. Wittkowski. 2020. *Caring for Soil Is Caring for Life. Soil Health and Food Mission*, Horizon Europe, edited by E. C. D. G. for Research and Innovation. Brussels.

Participação nos Conselhos de Bacias Hidrográficas: uma análise textual das atas dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré e do Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu

Participation in the Water Basin Councils: a textual analysis of the minutes of the Tietê-Jacaré Water Basin Committee and the Mogi-Guaçu Water Basin Committee

Heitor Menezes Gomes¹, Carolina de Albuquerque², Celso Maran de Oliveira³

¹ Pesquisador do Centro de Estudos em Democracia Ambiental da Universidade Federal de São Carlos (CEDA/UFSCar). heitorgmenezes@gmail.com

² Docente do Departamento de Direito da Universidade Federal de Rondônia. carolina.albuquerque@unir.br

³ Docente do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos. celmaran@ufscar.br

RESUMO: Por ser considerado um direito humano fundamental, os recursos hídricos, sujeitos aos mais diversos usos no cotidiano, devem ser geridos de forma descentralizada e participativa. No caso do Brasil, a figura dos Comitês de Bacias Hidrográficas representa a instância de consolidação desta gestão democrática da água. Com isso em vista, a pesquisa teve como objetivos a identificação de elementos de participação em CBHs. Para a obtenção de resultados, foram enfocados dois comitês em específico: o Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) e o Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu (CBH-MOGI). O universo amostral foi restrito às atas de reuniões gerais de ambos os comitês, com vistas à análise de como seus membros e representantes discutiram participação em todas suas reuniões realizadas e registradas. Foram analisados, então, 53 atas de reuniões gerais do Comitê da Bacia do Tietê-Jacaré e 71 do Comitê de Bacia do Mogi-Guaçu. Para análise do *corpus*, utilizou-se software de análises textuais (AntConc v.4.1.0). As análises foram rodadas na função KWIC, ferramenta de reconhecimento e contagem de termos dentro de documentos que leva em consideração o contexto em que cada termo está inserido e permitem concluir que ambas as entidades tratam da temática participação, afirmando a necessidade de participação de entidades externas nas atividades e reuniões dos Comitês e evocando princípios participativos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Além disso, discutem estratégias para tornar as atividades do Comitê participativas, com foco na sociedade civil e o papel e importância da democracia na tomada de decisões participativas nos CBHs.

Palavras-chave: Comitês de Bacia, democracia, participação, recursos hídricos.

ABSTRACT: As it is considered a fundamental human right, water resources, subject to the most diverse uses in everyday life, must be managed in a decentralized and participatory way. In the case of Brazil, the figure of the River Basin Committees represents the instance of consolidation of this democratic water management. With that in mind, the research aimed to identify elements of participation in CBHs. In order to obtain results, two committees were specifically focused on: the Tietê-Jacaré River Basin Committee and the Mogi-Guaçu River Basin Committee. The sample universe was restricted to the minutes of general meetings of both committees, with a view to analyzing how their members and representatives discussed participation in all their meetings held and recorded. Then, 53 minutes of general meetings of the Tietê-Jacaré Basin Committee and 71 of the Mogi-Guaçu Basin Committee were analyzed. For corpus analysis, textual analysis software (AntConc v.4.1.0) was used. The analyzes were performed using the KWIC function, a tool for recognizing and counting terms within documents that takes into account the context in which each term is inserted and allows concluding that both entities deal with the theme of participation, affirming the need for participation of external entities in the activities and meetings of the Committees and evoking participatory principles of the PNRH. In addition, they discuss strategies to make the Committee's activities participatory, focusing on civil society and the role and importance of democracy in participatory decision-making in CBHs.

Keywords: Basin Committees, democracy, participation, water resources

1. INTRODUÇÃO

A água, pensada não apenas como recurso hídrico, mas de forma mais ampla como objeto de um direito humano fundamental, no que se refere ao seu acesso (Oliveira, 2017), está sujeita aos mais diversos usos dentro de uma sociedade, fato especialmente verdadeiro para um país plural como o Brasil. Por conta desta realidade, faz sentido dizer que todos devem participar da gestão das águas (Malheiros *et al.*, 2013). No caso brasileiro, o espaço por excelência para a efetivação de dita participação encontra-se na figura dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) (Meier *et al.*, 2014). A definição de participação neste trabalho alinha-se à percepção *lato sensu* do termo como o envolvimento de determinada comunidade na tomada de decisões políticas a ela pertinentes (Campos, 2005).

Os CBHs são entidades de caráter consultivo e deliberativo – porém mais consultivo que deliberativo (Empinotti, 2011) – cujas funções principais são de planejamento e tomada de ações na área de recursos hídricos, de maneira a mediar a interação entre a sociedade e as águas por ela utilizadas (Meier *et al.*, 2014). Dentre as possibilidades de atuações de um CBH pode-se citar a priorização de alocação de recursos para execução de atividades e a definição de valores para a cobrança de recursos hídricos dentro do território do comitê (Malheiros *et al.*, 2013), além das demais atribuições elencadas no artigo 38 da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997).

Dentre os diversos fundamentos da PNRH, a “gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades” (Brasil, 1997, artigo 1º, VI), devendo-se entender que deve existir uma gestão participativa das águas, dentro dos fundamentos da democracia da água (Oliveira *et al.*, 2014). Para se alcançar esse fundamento, espera-se que a composição dos CBH ocorra de forma paritária, ou seja, com iguais proporções entre membros do setor governamental, do setor de usuários e da sociedade civil organizada, cabendo aos Comitês seu regimento, observando-se a limitação da própria PNRH (Brasil, 1997, artigo 39, § 1º).

A proporção com que tais setores é composta varia para cada Comitê, devendo-se respeitar, apesar disso, a necessidade de representatividade satisfatória dos membros em relação aos setores por eles representados e as determinações da Resolução nº 5, de 10 de abril de 2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Matos *et al.*, 2013; Meier *et al.*, 2014). Devido a estas características, o processo

de participação dentro de um Comitê depende da interação estabelecida entre os diferentes atores que nele atuam, relação esta estabelecida, contudo, de forma complexa e muitas vezes contraditória em função da divergência de interesses entre as partes (Nunes *et al.*, 2018).

Dentro desta perspectiva em que o Estado atua sobre as políticas de águas em conjunção com outros setores da sociedade representados por diferentes atores, pode-se dizer que se constrói no âmbito dos CBH uma governança de recursos hídricos (Ferreira, 2017). Esta interpretação se apoia sobre a definição do termo adotada para a presente pesquisa, segundo a qual a governança é um processo de tomada de decisão com grande envolvimento e protagonismo da sociedade, dentro do qual o Estado desempenha importante função colaborativa (Iribarnegaray *et al.*, 2012).

Esta análise se sustenta na teoria, mas, na prática, diversos problemas se deflagram em função da busca pela participação como ela deve ser para uma gestão de recursos hídricos verdadeiramente participativa. Em primeiro lugar, tem-se dificuldade em associar a tomada de decisão sobre águas aos atores sociais de forma concreta, acabando-se por restringi-la a arranjos institucionais (Empinotti, 2011). Por conta disto, muitas vezes apenas oferecer espaço para participação social dentro de uma entidade como os CBH não é suficiente, pois muitos atores podem julgar não haver compensações o suficiente para a alocação de recursos materiais e humanos em prol da oportunidade de participar (Empinotti, 2011).

Outros desafios também são correntes. Para Nunes, Fadul e Cerqueira (2018), com frequência ocorrem entraves relacionados às dificuldades de promover-se espaços verdadeiramente públicos e participativos, nos quais a discussão, a negociação e o voto ocorram de forma livre a fim de legitimar os resultados da tomada de decisão. A não concretização desses elementos desmotiva os atores sociais menos dotados de recursos passíveis de financiar a participação (Empinotti, 2011).

Com isso em vista, a pesquisa teve como objetivos a identificação de elementos de participação em CBHs. Para a obtenção de resultados, foram enfocados dois comitês em específico: o Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) e o Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu (CBH-MOGI). O universo amostral foi restrito às atas de reuniões gerais de ambos os comitês, a partir do que se analisou como seus membros e representantes discutiram participação em todas suas reuniões realizadas e registradas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho enfoca duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do estado de São Paulo (BR): a UGRHI do Mogi-Guaçu Superior e a do Tietê-Jacaré (Figura 1). A bacia do Mogi-Guaçu possui extensão de 15.000 km² e abrange 42 municípios (MOSCHINI, 2008; PORTAL SIGRH, 2023). O CBH-MOGI, criado em 1996, é composto por 14 representantes do Estado, 14 prefeitos de municípios e 14 representantes da sociedade civil (CBH-MOGI, 1996). A bacia do Tietê-Jacaré, por sua vez, ocupa área de 11.810,9 km², englobando 37 municípios (TREVISAN; DIAS; MOSCHINI, 2020). Criado em 1995, o CBH-TJ é composto por 12 representantes da sociedade civil organizada, 12 representantes do estado e 12 representantes dos municípios (CBH-TJ, 1999).

2.2 Método de pesquisa

A pesquisa caracterizou-se como qualitativa documental (Flick, 2009). O conjunto de dados utilizados para sua realização foram todas as atas

disponíveis nos sites oficiais dos Comitês de Bacia do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) e do Mogi-Guaçu (CBH-MOGI) (<https://sigrh.sp.gov.br/cbhjt/apresentacao> e <https://sigrh.sp.gov.br/cbhmogi/apresentacao>, respectivamente). Foram analisados, então, 53 atas de reuniões gerais do Comitê da Bacia do Tietê-Jacaré e 71 do Comitê de Bacia do Mogi-Guaçu disponíveis nos sites oficiais de cada entidade até março de 2022. Para análise do *corpus*, utilizou-se software de análises textuais (AntConc v.4.1.0). As análises foram rodadas na função KWIC (Keywords In Context), ferramenta de reconhecimento e contagem de termos dentro de documentos que leva em consideração o contexto (apresentado em 15 palavras antes e 15 palavras depois do termo) em que cada termo está inserido. Desta forma, pôde-se não apenas contabilizar ocorrências de palavras-chave, mas também julgar se cada ocorrência atendeu aos requisitos da pesquisa. Para rodar as análises, foram utilizadas as palavras-chave “participação”; “participativo”; “democracia”; “democrático”; “envolvimento”; “divulgação”; “comunicação”; “informação” e “envolvimento”. Além dos termos aqui considerados, foram também rodadas análises com variações em gênero e número de cada palavra, quando possível.

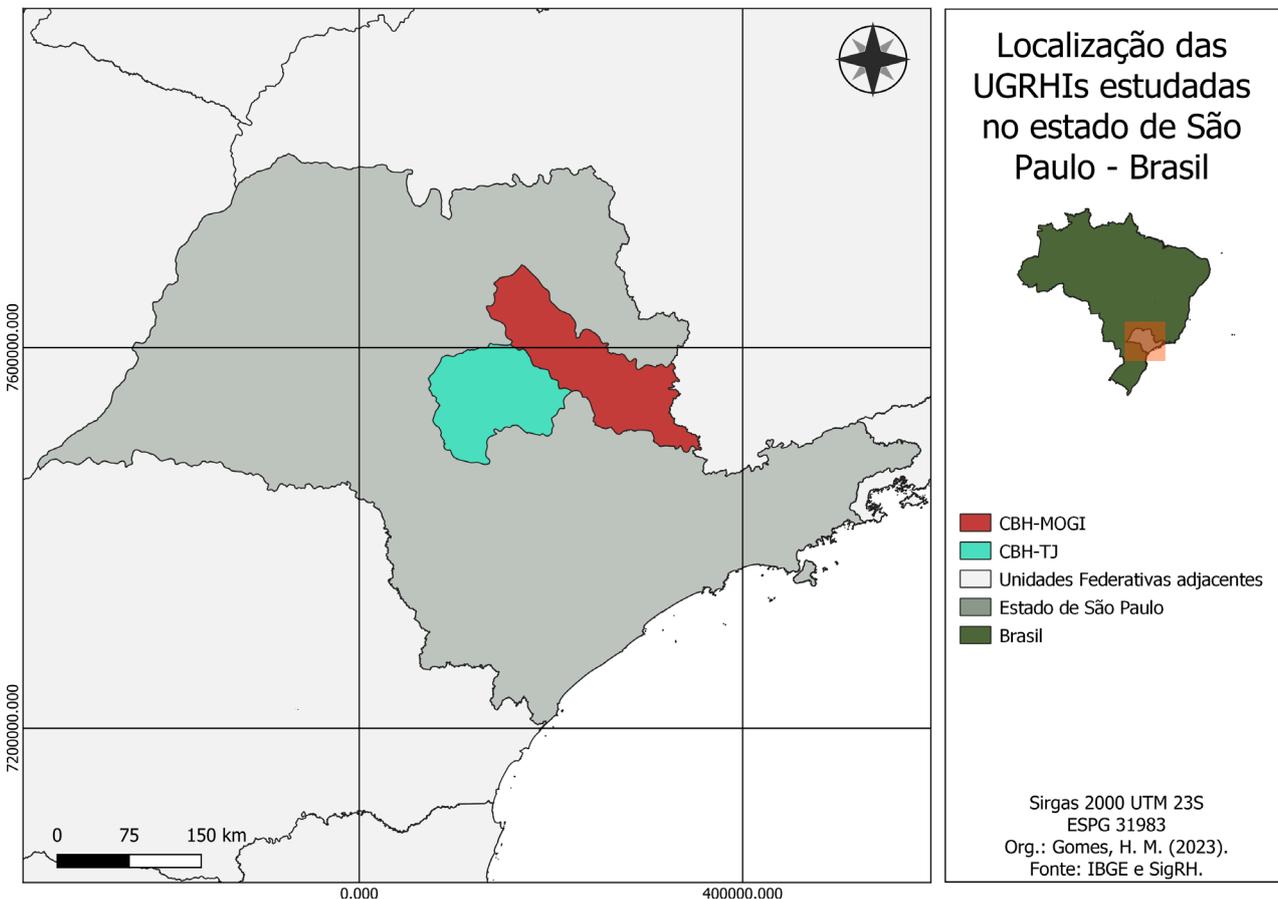


Figura 1. Localização das UGRHIs de interesse no território da Unidade Federativa de São Paulo, Brasil.
Fonte: elaborado pelos autores.

Foram aplicados critérios de exclusão dos resultados a partir do contexto de ocorrência de cada termo nos documentos do *corpus*. Dessa maneira, foram excluídos resultados não relacionados à discussão de participação, democracia, estratégias de envolvimento da sociedade civil nas atividades dos comitês ou outros contextos similares, principalmente em função da polissemia de vários dos termos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise KWIC demonstraram pontos acerca das discussões dos integrantes dos Comitês de bacias que sejam relacionados à democratização das atividades do Comitê ou de informações geradas por elas. Os dados recuperam discussões de todas as discussões registradas em atas desde o primeiro registro disponível – 1996 tanto para o CBH-TJ quanto para o CBH-MOGI.

Na Tabela 1 pode-se observar a contabilização dos resultados (*hits*) das pesquisas pelas palavras-chave. De cada valor total, uma quantidade foi excluída do *corpus* de interesse, visto que muitos termos, por conta de polissemia, não eram pertinentes ao contexto estudado. Por exemplo, a palavra-chave “participação” retornou o maior número de *hits* para ambos os comitês: 78 para o CBH-TJ e 222 para o CBH-MOGI. Proporcionalmente, porém, apenas 43,59% e 32,88% desses resultados interessavam ao escopo da pesquisa, respectivamente. Tais números evidenciam não que necessariamente questões de participação social foram amplamente discutidas, mas sim que o termo participação aparecia diversas vezes em contextos outros que não o de interesse. De fato, a maioria dos casos em que o termo aparecia, referia-se à participação do Comitê em eventos, à participação dos membros do Comitê em suas reuniões ou à participação de instituições em sistemas de distribuição de verbas.

Em seguida, serão analisadas as palavras-chave, suas ocorrências e contextos. Nesta seção dos resultados, cada palavra-chave será analisada separadamente, considerando-se os motivos preponderantes pelos quais cada ocorrência foi excluída ou não do *corpus*. O caso da primeira palavra-chave (*Participação*) foi brevemente exposto anteriormente como exemplo para as questões das proporcionalidades. Ali, fez-se claro então os pontos de análise da parte dos resultados considerada desinteressante para o escopo da pesquisa, tendo em vista que para este trabalho se buscou evidenciar as questões de democracia participativa e da transparência das atividades dos Comitês.

Tabela 1. Resultados de *hits* por palavra-chave para cada comitê de bacia¹.

Palavra-chave	Resultados (total)	Resultados (interesse)	Proporção
CBH-TJ			
Participação	78	34	43,59%
Participativo	6	6	100%
Democracia	3	3	100%
Democrático	4	4	100%
Envolvimento	1	1	100%
Divulgação	40	28	70%
Comunicação	28	14	50%
Informação	38	6	15,8%
Decisão	19	3	15,8%
CBH-MOGI			
Participação	222	73	32,88%
Participativo	19	19	100%
Democracia	1	1	100%
Democrático	7	7	100%
Envolvimento	4	2	50%
Divulgação	26	20	76,92%
Comunicação	22	9	40,91%
Informação	133	46	34,6%
Decisão	45	9	20%

Fonte: elaborado pelos autores.

Por isso, a participação dos membros do Comitê em suas reuniões internas ou em eventos com temáticas de recursos hídricos não foram consideradas pertinentes para a pesquisa. Por sua vez, os resultados classificados como de interesse abordavam direta e claramente as questões de participação social nas atividades dos Comitês. A grande maioria dos termos estavam inseridos em contextos das atas nos quais os membros das entidades discutiam a importância da participação de entidades externas nas atividades e reuniões do Comitê, propondo atividades, estratégias, expressando apelos (como eram constantes os

¹ Na primeira coluna, temos as palavras-chaves utilizadas para a análise KWIC; na segunda, o número total de resultados compatíveis com aquela palavra-chave; na terceira coluna, o número de resultados que são de interesse para a pesquisa dentre os totais e, na quarta coluna, a proporção de resultados de interesse em relação aos resultados totais

apelos para que os prefeitos dos municípios das bacias participassem cada vez mais ativamente das atividades) ou, no mínimo, evocando os princípios participativos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A segunda palavra-chave, por sua vez, retornou *hits* menos numerosos que a primeira, mesmo sendo palavras parecidas que compartilham o mesmo radical *particip-*, por conta de que *Participativo* seja consideravelmente mais especializado que *Participação*. Como demonstrado acima, “participação” pode assumir vários sentidos diferentes; “participativo”, por sua vez, restringe-se em grande medida, nos usos correntes, aos sentidos do âmbito da participação social. Todos os resultados para este termo foram considerados de interesse para o escopo da pesquisa. Em todos os contextos, os membros presentes nas respectivas reuniões discutiam estratégias para tornar atividades do Comitê participativas, principalmente com foco para a participação da sociedade civil.

O termo *Democracia* em ambos os Comitês foi pouco referenciado, havendo apenas um uso nas atas do CBH-TJ e três nas do CBH-MOGI. Em todos os casos, porém, os usos foram considerados de interesse. Isso se deveu ao fato de seus contextos levantarem reflexões acerca do papel da democracia na tomada de decisões participativas no âmbito da gestão de recursos hídricos exercida por Comitês de bacias hidrográficas. O mesmo se passou com o termo *Democrático*, o qual inseria-se em contextos de discussões acerca da importância do Comitê e/ou suas atividades ocorrerem de forma democrática.

A quinta palavra-chave, *Envolvimento*, também retornou situação semelhante às duas anteriores. Em seu caso, porém, não foram todos os usos considerados de interesse por metade dos resultados nas atas do CBH-MOGI assumirem sentidos referentes ao envolvimento dos membros do Comitê em suas próprias atividades institucionais. De resto, porém, as discussões voltavam-se ao envolvimento da sociedade civil ou outros representantes de grupos de interesse na gestão de águas.

O termo *Divulgação* volta a retornar maior número de *hits* à medida que nele também ocorre o fenômeno de polissemia visto para *Participação*. Todas as ocorrências da palavra-chave foram relacionadas à divulgação de elementos pelos Comitês. Para serem consideradas de interesse ou não para a pesquisa, porém, analisou-se o objeto da divulgação, em busca da divulgação apenas de atividades do Comitê (seja atividades técnicas, de formação, eventos para a comunidade, campanhas). Também foram incluídas as discussões de divulgação

de cobrança, uma vez que o CBH-TJ passou por um período de mais ou menos um ano para deliberação participativa dos valores de cobrança, fixados então pelo Decreto nº 56.505 de 10 de dezembro 2010 pelo Estado de São Paulo (Malheiros *et al.*, 2013). Este formato de análise manteve-se para *Comunicação*, tendo em vista a proximidade dos contextos de ocorrência entre os termos. Assim, a comunicação levada em consideração foi, em sua maioria, aquela de atividades e mudanças institucionais dos Comitês para a sociedade civil. As consideradas desinteressantes mostravam-se, principalmente, comunicações dentro do Comitê, entre membros ou entre subdivisões como Câmaras Técnicas.

O termo *Informação*, quando em contextos de interesse, se referia muitas vezes a informações estratégicas para mobilização de ações do comitê e da participação da sociedade civil nelas. Neste sentido, foram encontradas em discussões sobre informações a serem repassadas para a sociedade, eventos planejados para integrar informações entre comitês e representantes da sociedade civil e bases de dados ou repositórios cuja necessidade de formulação, de acordo com os membros, mostrava-se patente a fim de facilitar o acesso a informações sobre a água. Um ponto das discussões merecedor de destaque está no lembrete observado em algumas reuniões do CBH-MOGI sobre a necessidade de que as informações técnicas sobre água mobilizadas pelo comitê sejam combinadas com aquelas providas pelos “leigos” a fim de se obter um quadro mais completo sobre a situação da bacia. Foram excluídas da análise as ocorrências de informação como sinônimo de informes apresentados em uma reunião.

O termo *Decisão* teve resultados incluídos na análise quando, principalmente, ocorriam para reforçar a importância da participação de diferentes setores na tomada de decisão, sendo muitas vezes associado ao papel da descentralização para promover a tomada de decisões participativa. Também houve resultados demonstrando discussão de conflitos entre entidades de gestão hídrica por conta da apontada falta de integração e diálogo entre as decisões tomadas nas diferentes instâncias e entidades, sendo ocasionalmente mencionada a necessidade de que as decisões contemplem os diferentes âmbitos institucionais.

Da maneira como os termos aparecem nos documentos, inseridos em seus devidos contextos, pode-se perceber que há preocupação com a participação da sociedade civil e do poder público nos Comitês, suas discussões e atividades, sendo que em muitas atas membros das entidades fizeram questão de reforçar a importância de promoverem

uma gestão participativa. Também demonstraram estar devidamente alinhados com as determinações da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo seus princípios constantemente evocados para reiterar a gestão participativa e descentralizada da água.

O elemento faltante, porém, quando se discutiu participação e comunicação dentro das reuniões gerais dos Comitês foi o pragmatismo. Significa dizer que as atas abundavam de lembretes da importância da participação, porém poucos eram os contextos em que os termos apareciam aliados a discussões de estratégias de promoção da participação. Os termos de ocorrências mais relacionadas a implicações práticas de como executar os princípios da PNRH foram os de *Divulgação* e *Comunicação*, uma vez que eram frequentes as vezes em que essas ações apresentavam responsabilidade compartilhada entre os membros dos Comitês. Assim, em muitas reuniões de discussão de eventos, pedia-se para os membros presentes auxílio na divulgação e/ou comunicação. Problemas semelhantes são relatados na literatura (Nunes *et al.*, 2018) a partir de experiências com gestão de recursos hídricos participativa no estado da Bahia. Nestes casos, a falta de consolidação dos princípios de participação e descentralização pela carência de ações práticas, muitas vezes decorrente da falta de conhecimentos de como promover os princípios da PNRH na realidade do comitê de bacia, era relevante.

Alguns exemplos de excertos dos documentos analisados podem ser citados para esclarecer como este problema se manifesta no caso dos CBHs desta pesquisa. No caso do CBH-TJ, temos a ata de 16/03/2010 da 1ª Reunião da Câmara Técnica de Educação Ambiental do CBH-TJ que registra, a certa altura das discussões: "A maioria dos recursos do FEHIDRO [Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Brasil] vai para as prefeituras, a participação da sociedade civil nesses recursos é muito pequena, pois falta [sic] articulações, mas a Câmara Técnica tem voz para dialogar com o Fehidro." Neste excerto, apenas reconhece-se um obstáculo à participação, mas não há maiores esforços em deliberar a fundo sobre como poderia ser resolvido. Como, no caso, poderiam ser criadas articulações para aumento da participação da sociedade civil a fim de conseguir recursos para suas atividades? Se, como o documento aponta, a diminuição da participação tem se dado pela falta crescente de organizações da sociedade civil em reuniões, quais são os motivos para isso acontecer? A relatoria segue sem respostas para estas questões. As atas podem ser, portanto, indicativos do quanto uma organização planeja instrumentos

participativos. Pavão (2016), ao analisar as atas de reuniões do Comitê Guandu, no Rio de Janeiro, buscou compreender quão participativas foram as tratativas de conflitos relacionados à operação de um aterro sanitário sobre áreas de aquífero. A autora, a partir das atas, aponta a baixa participação da sociedade civil nas discussões e processos formais (decorridos dentro do âmbito institucional do comitê) utilizando como evidência a falta de registro sobre participação nas atas.

Da mesma forma, Fadul, Vitoria e Cerqueira (2017) perceberam dificuldade em caracterizar o papel dos comitês de bacia estudados à medida que as atas de suas reuniões pouco ou nada revelavam sobre discussões de maneiras concretas de promover a participação e compartilhar o poder de tomada de decisões com diversos atores sociais. Em consonância com os resultados do presente trabalho, as atas demonstram capacidade para compreender aquilo que tem sido discutido nas instâncias administrativas em contraponto ao que se espera das entidades e organizações.

Sobre o CBH-MOGI, já foi apontada na literatura a manifesta intenção do comitê em promover e efetivar uma gestão de águas que seja eficiente e admita a participação conforme previsto na lei; no entanto, muitas vezes a concretização desses objetivos se vê travancada por conta da falta dos recursos necessários para cumprimento de seus objetivos nesta direção (Lopes; Teixeira, 2012).

Freitas (2014) identificou, em outros comitês, a mesma dificuldade de implementação de decisões tomadas em plenário, mesmo quando de forma participativa, devido a falta de capacidade técnica para implementação de tais decisões, seja por carência de força ou apoio políticos para fazer suas decisões serem acatadas pelo Poder Executivo. Ainda na questão da participação, a análise das atas deste comitê revelou a dificuldade da inserção da sociedade civil nas discussões entre membros de outros setores presentes, visto que muitas vezes questionamentos e sugestões eram levantados por representantes da sociedade civil sem que obtivessem qualquer resposta por parte dos outros setores.

Mais recentemente, Grangeiro, Ribeiro e Miranda (2019) identificaram em um comitê lacunas na aplicação de soluções para promoção da governança hídrica por meio da análise de atas de reuniões, nas quais explicitava-se a necessidade de uma aplicação mais direcionada e planejada de canais de diálogo entre os diversos setores para a tomada de decisão a fim de concretizar as trocas de informações e experiências que permitam a gestão de águas alinhada com os princípios legais.

Evidencia-se, a partir do exposto, convergência de resultados entre os apresentados anteriormente e a literatura. Esta confluência se constrói principalmente a partir da observação compartilhada de projetos, discussões e intenções manifestas em atas e documentos de se promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a governança a partir da inclusão e diversificação de atores participantes na tomada de decisões pelos comitês. Porém, também se observou dificuldades na concretização destes planos por diversos fatores, como carências técnicas ou falta de força política. No caso do presente trabalho, a metodologia adotada não permitiu o aprofundamento sobre as causas específicas da dificuldade, para o CBH-TJ e o CBH-MOGI, em concretizar seus já observados interesses em promover os princípios da gestão de recursos hídricos no Brasil, podendo ser objeto de análise para pesquisas futuras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos devem participar da gestão das águas e a localização da participação por excelência está nos CBHs, que devem realizar uma gestão participativa das águas, efetivando uma democracia da água, paritária, havendo a construção dentro dos CBHs de verdadeira governança de recursos hídricos, com protagonismo social. As dificuldades são várias, como: associar a tomada de decisão aos atores sociais de forma concreta e promover espaços verdadeiramente públicos e participativos. Daí a necessidade de análises aprofundadas das ações e debates sobre governança nos CBHs.

A identificação de elementos de participação no Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) e no Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu (CBH-MOGI), considerando a pesquisa qualitativa documental realizada e a análise textual das atas das reuniões realizadas desde a criação desses Comitês, permite concluir que ambas as entidades tratam da temática participação, afirmando a necessidade de participação de entidades externas nas atividades e reuniões dos Comitês e evocando princípios participativos da PNRH. Apesar disso, não discutem frequentemente estratégias para tornar as atividades do Comitê participativas, com foco na sociedade civil e o papel e importância da democracia na tomada de decisões participativas nos CBHs.

Assim, a preocupação com a participação da sociedade civil e outros grupos de interesse nos Comitês é frequente e o debate está alinhado com a Política Nacional de Recursos Hídricos. Contudo, foram poucos os contextos em que se discutiam

estratégias de promoção da participação, o que indica a falta de consolidação dos princípios de participação e descentralização pela falta de pragmatismo, exteriorizado pela carência de ações práticas para a promoção dos princípios da PNRH na realidade desses CBHs.

Os contextos indicados nas atas não explicitam os motivos pelos quais há dificuldade por parte dos comitês em se debruçar sobre a concretização dos princípios participativos da PNRH, mas a literatura indica alguns motivos recorrentes para tal, como a falta de recursos para fomentar ações de promoção da participação, carência de infraestrutura técnica e falta de força política para fazer as decisões e metas serem acatadas por outros setores e pelo Poder Executivo. Diante deste cenário, faz-se recomendável que os comitês passem a investir em alternativas financeiramente viáveis e de baixo esforço para aumentar sua visibilidade e a de suas discussões e decisões. Parcerias com instituições de ensino e pesquisa também poderiam compor o rol de soluções para esta problemática, a partir do momento em que as entidades se abriam para estudos de caso e pesquisas exploratórias que venham a revelar as causas da dificuldade em se dialogar com a sociedade civil e pensar em maneiras para resolvê-las.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. - Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470-474, 09 jan. 1997.

CBH-MOGI. *Estatuto do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu*. [s.l.], SigRH, 1996. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/cbhmogi/estatuto>>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CBH-TJ. *Estatuto do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tietê-Jacaré*. [s.l.], SigRH, 1999. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/cbhtj/estatuto>>. Acesso em: 27 jul. 2023.

EMPINOTTI, V. L. - E se eu não quiser participar? O caso da não participação nas eleições do comitê de bacia do rio São Francisco. *Ambiente & Sociedade*. V. 14, N°1 (2011).

- FERREIRA, F. N. *et al.* - Gestão de Recursos Hídricos na Amazônia: um panorama da participação da sociedade civil nos espaços deliberativos. *Holos*. V. 8, Nº33 (2017).
- FLICK, U. - *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FREITAS, S. S. - *Análise sobre a discussão para implementação da cobrança pelo uso da água: desafios da gestão participativa no Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*. São Paulo: EACH/USP, 2014. Dissertação de Mestrado.
- GRANGEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. - Análise da governança dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, V.10, Nº5 (2019).
- IRIBARNEGARAY, M. A.; SEGHEZZO, L. - Governance, Sustainability and Decision Making in Water and Sanitation Management Systems. *Sustainability*. V. 4, Nº11 (2012).
- LOPES, M. M.; TEIXEIRA, D. - A trajetória do comitê da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu e suas contribuições para a gestão dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. V. 8, Nº3 (2012).
- MALHEIROS, T. F.; PROTA, M. G.; RINCÓN, M. A. P. - Participação comunitária e implementação dos instrumentos de gestão da água em bacias hidrográficas. *Ambiente & Água*. V. 8, Nº1 (2013).
- MATOS, F.; DIAS, R. - Governança da água e a gestão dos recursos hídricos: a formação dos Comitês de Bacia no Brasil. *DELLOS*. V. 6, Nº17 (2013).
- MEIER, M. A.; BASSO, L. A. - A representação e a representatividade social do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim/RS. *Geografia Ensino & Pesquisa*. V. 18, Nº3 (2014).
- MOSCHINI, L. E. - *Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do médio Mogi-Guaçu superior*. São Carlos: CCBS/UFSCar, 2008. Tese de Doutorado.
- NUNES, E. A.; FADUL, E.; CERQUEIRA, L. S. - Governança das Águas na Bahia: Uma avaliação da participação social no comitê de bacia do Recôncavo Norte e Inhambuê. *RDE*. V. 2, Nº40 (2018).
- OLIVEIRA, C. M. - Sustainable access to safe drinking water: fundamental human right in the international and national scene. *Revista Ambiente e Água*. V. 12, Nº1 (2017).
- OLIVEIRA, C. M.; POZZI, C. E.; FERRATI, L. C. L. B.; CARDOSO, F. S. - Democracia da água: das políticas internacionais à atuação de uma microbacia hidrográfica. *Revista Veredas do Direito*. V. 11, Nº1 (2014).
- PAVÃO, B. B. M. - Governança das águas e negociação de conflitos: uma análise sobre o Comitê Guandu (RJ). *Espaço & Geografia*, V. 19, Nº2 (2016).

Detecção de bactérias na água tratada e armazenada em reservatórios domésticos utilizando citometria de fluxo

Detection of bacteria in treated water stored in domestic reservoirs using flow cytometry

Leandro Manoel Afonso Mendes¹, Hugo Sarmento^{2*}

* Autor correspondente: hsarmento@ufscar.br

¹ Departamento de Medicina (DMed), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Rod. Washington Luiz 13565-905 - São Carlos, SP Brasil

² Prof. Dr. - Laboratório de Biodiversidade e Processos Microbianos (LMPB), Departamento de Hidrobiologia (DHB), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Rod. Washington Luiz 13565-905 - São Carlos, SP Brasil

RESUMO: A qualidade da água é o fator individual mais importante para garantir a saúde pública. O objetivo das estações de tratamento de água é fornecer um suprimento seguro de água potável para a população, garantindo a ausência e limitando o crescimento de qualquer microrganismo que possa estar associado a patogenicidade. Independente do meio de desinfecção, é comum as bactérias regredirem durante o tratamento e distribuição da água. As bactérias são autóctones na água potável e em sua grande maioria, não podem ser cultivadas em laboratório. No entanto, as contagens baseadas em placas de cultivo são o método mais usado mundialmente como um parâmetro geral de qualidade microbiana de água potável. Diversos estudos demonstraram a presença de microrganismos na água potável ou em biofilmes utilizando técnicas mais sensíveis como a citometria de fluxo, que ainda não é utilizada no Brasil com esta aplicação. Este método é utilizado para enumeração direta das concentrações totais de células na água, utilizando marcadores de ácidos nucleicos fluorescentes e detecção de características específicas de cada célula (*single-cell*). Existem na literatura relatos de detecção de microrganismos, alguns patógenos, em água de distribuição, reforçando a importância de tais achados para a saúde coletiva. Além disso, os estudos existentes concentram-se em países onde não existem caixas d'água residenciais no circuito de distribuição, um elemento que pode deteriorar a qualidade da água nele armazenada. O objetivo geral deste estudo foi verificar e quantificar a presença de bactérias em caixas d'água residenciais, através da técnica de citometria de fluxo.

Palavras-chave: Rede de água tratada, água potável armazenada, parâmetros microbiológicos da água, água potável, bactérias.

ABSTRACT: Water quality is the most important factor that ensures public health. The purpose of water treatment plants is to provide a safe supply of drinking water to the population, ensuring the absence and limiting the growth of microorganisms that may be associated to pathogenicity. Regardless of the means of disinfection, it is common for bacteria to regress during the water treatment and distribution. Most drinking water bacteria cannot be grown in cultures. However, counts based on culture plates are used worldwide as a general parameter of microbiological quality of drinking water. Several studies have demonstrated the presence of microorganisms in drinking water or biofilms using more refined techniques such as flow cytometry, which is still not commonly used in Brazil with this application. This method is used for direct enumeration of total cell concentrations in water, using fluorescent nucleic acid markers and detecting specific characteristics of each cell (*single-cell*). There are reports in the literature of microorganisms detection, some pathogens, in distribution water, reinforcing the importance of such findings for public health. In addition, the existing studies focus on countries where there are no residential water tanks in the distribution circuit, an element that can deteriorate the quality of the water stored there. The general objective of this study was to verify and quantify the presence of bacteria in residential water tanks, using the flow cytometry technique.

Keywords: Drinking water network, stored drinking water, water microbiological parameters, drinking water, bacteria.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água é o fator individual mais importante para garantir a saúde pública (Madigan *et al.*, 2016). As doenças transmitidas pela água são um problema global que causam mais de 2,2 milhões de mortes por ano (Ramírez-Castillo *et al.*, 2015). O objetivo das estações de tratamento de água é fornecer um suprimento seguro de água para a população. De uma perspectiva microbiológica, isto significa a ausência de quaisquer bactérias patogênicas e limitar qualquer crescimento descontrolado durante a distribuição da água. Para este fim, os sistemas de tratamento utilizam múltiplas barreiras higiênicas, como por exemplo, ozonização, filtração por membranas, desinfecção por UV e cloração (Hammes *et al.*, 2008). Independentemente do processo de desinfecção, é comum as bactérias regredirem durante o tratamento e distribuição para concentrações na faixa de 10^2 a 10^4 bactérias.mL⁻¹ (Hoefel *et al.*, 2003). Em muitas partes do mundo, o fornecimento de água potável é garantido através do acesso a uma fonte comum ou a uma conexão de água dentro do domicílio. Verifica-se principalmente nos países em desenvolvimento, que a água é fornecida apenas em determinados intervalos de tempo durante o dia. Embora conectado a um sistema de fornecimento, o usuário ainda tem que armazenar água para ter uma quantidade suficiente durante os períodos de não fornecimento (Jensen *et al.*, 2002). Ademais, em locais onde o fornecimento urbano é relativamente estável, o histórico de interrupções contribuiu para a cultura de construção de reservatórios domésticos, conhecidos no Brasil como caixas d'água (Lima, 1978).

As bactérias são autóctones na água potável e podemos encontrá-las em altas concentrações na água da torneira ou até mesmo na água mineral engarrafada (Hammes *et al.*, 2008). Estes microrganismos proliferaram livremente na água ou em biofilmes, ou seja, em colônias envoltas por material adesivo, geralmente de natureza polissacarídica, aderidas à superfície dos tubos ou reservatórios de água (Madigan *et al.*, 2016). Com efeito, existem muito mais bactérias na água potável do que as que podem ser cultivadas em cultura de laboratório (Hammes *et al.*, 2008). Desta forma, patógenos transmitidos pela água, como *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori* e *Vibrio cholerae*, frequentemente permanecem de maneira viável na água potável, mas em estado não cultivável, o que significa que métodos baseados em cultura podem gerar falsos negativos (Ramírez-Castillo *et al.*, 2015). No entanto, as contagens de placas são

usadas mundialmente como um parâmetro geral de qualidade microbiana no tratamento de água potável e distribuição. As concentrações totais de bactérias normalmente não são consideradas como parâmetro para o tratamento de água potável (Allen, Edberg e Reasoner, 2004).

Diversos estudos demonstraram a presença de microrganismos na água potável ou em biofilmes, utilizando citometria de fluxo (Berry, Xi e Raskin, 2006; Hoefel *et al.*, 2003; Leclerc e Moreau, 2002; Rinta-Kanto *et al.*, 2004). A citometria de fluxo refere-se à análise de partículas suspensas em relação a como elas dispersam luz ou fluorescência ao passar através de um raio laser. Tais partículas incluem bactérias, protozoários, vírus, fragmentos celulares, detritos inorgânicos e assim por diante. O equipamento carrega a amostra para uma câmara de foco que força as partículas suspensas a um alinhamento em fila única. O fluxo focado passa por um laser que ataca individualmente cada partícula. Os sensores medem até que ponto cada partícula dispersa a luz frontalmente e lateralmente, assim como vários parâmetros de fluorescência de cada partícula, e envia essas medidas para um computador para exibição e análise (Safford e Bischel, 2019).

A citometria de fluxo é um método rápido e eficaz de contagem de partículas que fornece várias informações sobre a microbiota presente em amostras de água (Hammes e Egli, 2010). Os dados de dispersão e fluorescência indicam características das células, como tamanho relativo, complexidade e conteúdo de ácidos nucleicos e, portanto, pode servir como uma "impressão digital" da comunidade microbiana presente em uma amostra de água (Koch *et al.*, 2014). A distribuição das populações microbianas em um citograma pode ser utilizada como indicador da qualidade da água, contaminação e atividade bacteriana (Hammes e Egli, 2010; Prest *et al.*, 2013). Deste modo, é possível discriminar bactérias com alto conteúdo de ácido nucleico (HNA) daquelas com baixo conteúdo de ácido nucleico (LNA) (Lebaron *et al.*, 2002). Um aumento na concentração da população de bactérias HNA pode representar contaminação da água potável (Prest *et al.*, 2013). Além disso, esta distinção possibilita uma avaliação do estado fisiológico das bactérias, o que é uma questão crítica, especialmente no que diz respeito à presença de bactérias patogênicas (Kahlisch *et al.*, 2010; Prest *et al.*, 2013). É importante destacar relatos de detecção de patógenos em estudos de água potável, como *Legionella* spp. (Emtiazi *et al.*, 2004), *Pseudomonas aeruginosa* (Falkinham *et al.*, 2015), *Cryptosporidium* spp. (Nichols, Campbell e Smith, 2003), *Helicobacter* spp. (Park, Mackay e Reid,

2001), *Mycobacterium avium* (Falkinham, Norton e Lechevallier, 2001), reforçando a importância da vigilância de sistemas de distribuição e armazenamento de água potável para a saúde coletiva.

Um ponto importante é que esses estudos concentram-se em países onde não existem caixas d'água residenciais no circuito de distribuição, elemento que pode contribuir para a deterioração da qualidade água nele armazenada (Campos *et al.*, 2009; Lima, 1978). Não existem estudos publicados que analisem a presença de microrganismos na água nos circuitos de distribuição e em caixas d'água utilizando métodos independentes do cultivo como a citometria de fluxo.

Por certo, o uso da citometria de fluxo em ambientes aquáticos naturais está bem estabelecido. Existem protocolos consolidados para enumerar microrganismos encontrados no ambiente planctônico (Gasol e Morán, 2015). Contudo, o uso da citometria de fluxo para detecção de microrganismos na água potável em circuitos de distribuição e armazenamento, encontra limitações devido às concentrações muito baixas desses microrganismos. Isso dificulta o alcance dos níveis de sensibilidade necessários (Prest *et al.*, 2013).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi verificar e quantificar a presença de bactérias em caixas d'água residenciais, através da técnica de citometria de fluxo. Os objetivos específicos foram: (1) validar o uso da técnica de citometria de fluxo para quantificação de bactérias em água tratada por meio de teste de sensibilidade e de comparação com outro método altamente específico (microscopia de epifluorescência); (2) avaliar as caixas d'água

residenciais e o tempo de limpeza destas como fatores que podem influenciar no crescimento bacteriano em água potável.

3. METODOLOGIAS

Inicialmente procedemos à validação e adequação dos protocolos de citometria de fluxo para ambientes aquáticos naturais, já consolidados, para a aplicação em águas tratadas, com baixas concentrações de microrganismos. Assim, realizamos um experimento de diluições e análises sucessivas de uma amostra de ambiente natural com a finalidade de validar os protocolos e avaliar a sensibilidade e os ajustes de parâmetros necessários do citômetro de fluxo.

Obtivemos do banco de amostras do Laboratório de Biodiversidade e Processos Microbianos do Departamento de Hidrobiologia da Universidade Federal de São Carlos, uma amostra de água superficial de um reservatório da região (Reservatório do Lobo, em Itirapina-SP), tipicamente contendo a uma concentração da ordem de 10^6 [bactérias].mL⁻¹. Tais amostras são condicionadas em criotubos de 2-5 mL, fixadas com 1% de formaldeído (conc. final) e congeladas (*flash-freeze*) em nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a -80 °C.

A amostra foi descongelada e diluída com água miliQ de forma sequencial (Fig. 1). Nas réplicas da amostra foi adicionado corante de ácidos nucleicos SYTO-13 (Molecular Probes Inc., Eugene, OR, EUA) à razão de 1% do volume, e deixado por cerca de 10 min. no escuro para completar a coloração e executar a leitura no citômetro de fluxo. O equipamento utilizado foi um citômetro FACScalibur da Becton & Dickinson com um laser de emissão azul (488 nm).

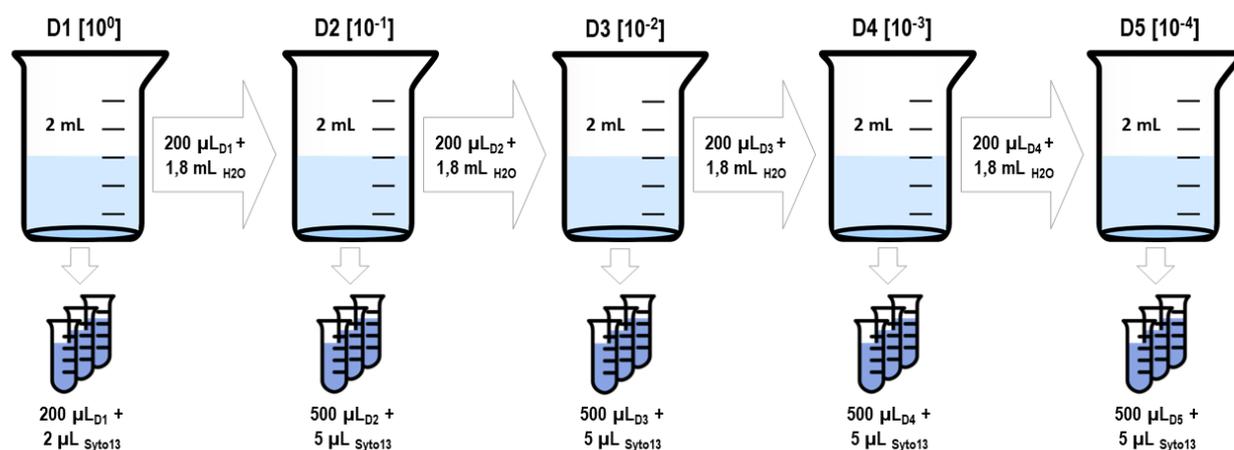


Figura 1. Diluição e replicação das amostras.

As bactérias são detectadas pela sua assinatura em um citograma de dispersão lateral (SSC-H: *Side Scatter* 90°) vs. fluorescência verde (FL1-H) (Gasol e Giorgio, Del, 2000; Giorgio *et al.*, 1996). A aquisição de dados foi realizada com o software CellQuest-Pro. A análise de dados foi feita com o software FlowJo V10.

O experimento foi realizado duas vezes para avaliar os ajustes dos parâmetros de velocidade de processamento e aquisição de dados do citômetro. No primeiro experimento as amostras foram lidas em baixa velocidade (*Low*: 11,2 $\mu\text{l min}^{-1}$) e aquisição de 5 minutos, já no segundo experimento, foi usada uma velocidade mais alta (*High*: 54,2 $\mu\text{l min}^{-1}$) com aquisição de 5.000 eventos ou até o esgotamento da amostra.

As amostras das caixas d'água residenciais foram realizadas a partir de convite e assinatura de termo de participação de moradores do município de São Carlos (Estado de São Paulo), os quais consentiram na realização da amostragem em suas residências. Os locais foram escolhidos buscando maior abrangência possível da área do município. Foram coletadas 36 amostras de água nas caixas d'água residenciais e, em alguns casos, também nos circuitos de entrada destas. Coletamos amostras diretamente das torneiras das residências dos circuitos da caixa d'água residencial e na entrada de água no domicílio (água da rede pública de abastecimento). Após desinfecção das torneiras com álcool 70% e um período de espera de 5 minutos com água corrente, as amostras foram coletadas com uso de luvas e frascos estéreis de 50 mL. A fixação de 3,6 mL de amostra com 400 μL de formaldeído 10% (conc. final 1%) filtrado por membrana de 0.22 μm e tamponado com bórax, foi feita diretamente no local. As amostras foram acondicionadas em caixa térmica e encaminhadas prontamente ($t < 2\text{h}$) até o laboratório para congelamento rápido em nitrogênio líquido (*flash-freeze*) e guardadas em ultrafreezer a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A validação dos resultados da citometria de fluxo foi feita por comparação com a microscopia de epifluorescência, um método direto e específico, utilizado somente em pesquisas. Para a confecção das lâminas de microscopia, foram reservados 45 mL de cada amostra e adicionado 0,1% de corante de ácidos nucleicos DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindole dihydrochloride) e após espera de 5 minutos no escuro, as amostras foram filtradas a baixa pressão num filtro de policarbonato negro 0.22 μm de 25mm de diâmetro em cima de um *backing filter* de nitrato de celulose de 45 μm de poro. Após retirada e secagem do filtro ao abrigo da luz, foram montadas as lâminas com óleo de imersão

para epifluorescência, e posteriormente congeladas e analisadas em um microscópio Zeiss Primovert com aumento de 1000x, com fonte de luz para epifluorescência e filtro DAPI (excitação UV/emissão azul). Após a visualização das bactérias, a contagem das mesmas foi realizada de maneira sistematizada e em 20 campos aleatórios, realizando no final um cálculo padrão de estimativa da concentração total de bactérias em cada amostra. Os campos foram registrados e fotografados.

4. RESULTADOS

No experimento de diluições e análises sucessivas foram detectadas bactérias em todas as amostras replicadas, através da sua assinatura em um citograma com dispersão lateral (SSC-H) fluorescência verde (FL1-H). Com base no tamanho e na intensidade da fluorescência, podemos identificar e separar as células bacterianas do ruído de fundo (Fig. 2).

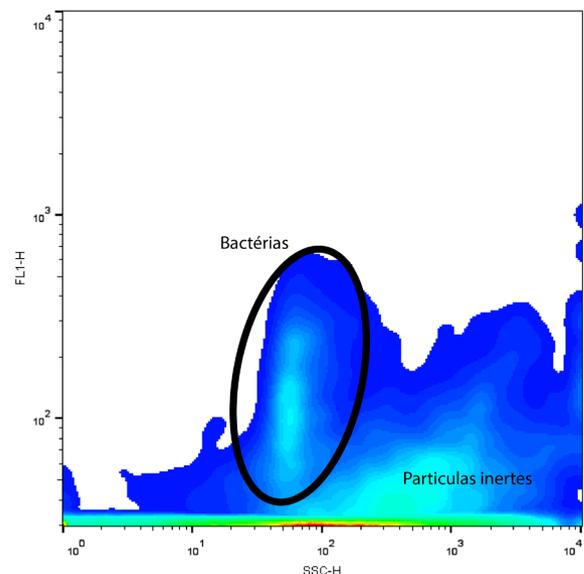


Figura 2. Citograma de quantificação de bactérias coradas com SYTO-13 em uma das amostras. SSC-H: dispersão lateral de luz, FL1-H: fluorescência verde.

A abundância de bactérias em ambos os experimentos de diluições sucessivas resultou em regressões significativas, com um melhor ajuste no experimento realizado em alta velocidade (Fig. 3a e 3b).

Nós observamos bactérias na maioria das amostras residenciais de água selecionadas através da microscopia de epifluorescência. As células bacterianas podem ser observadas e contabilizadas por meio da fluorescência e análise da morfologia das células (Fig.4).

As abundâncias de células obtidas por citometria de fluxo e microscopia de epifluorescência foram da mesma ordem de grandeza na maior parte das amostras (Fig. 5).

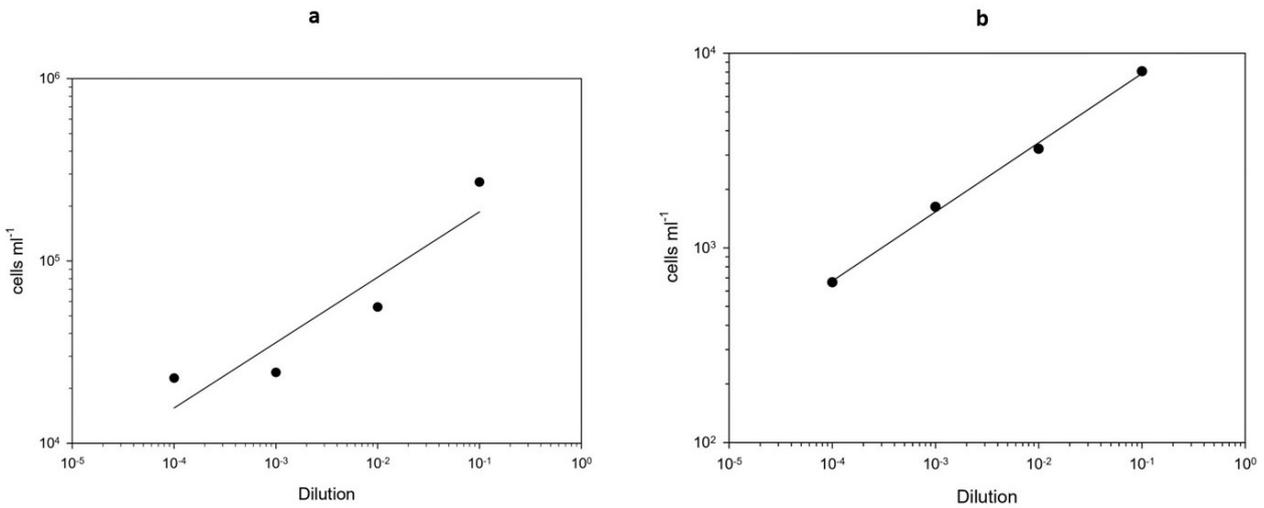


Figura 3. Regressão de abundância de bactérias (cell mL⁻¹) em função do grau de diluição em velocidade *Low* ($r^2= 0,85$ e $p < 0,001$) (a) e *High* ($r^2= 0,99$ e $p < 0,001$) (b).

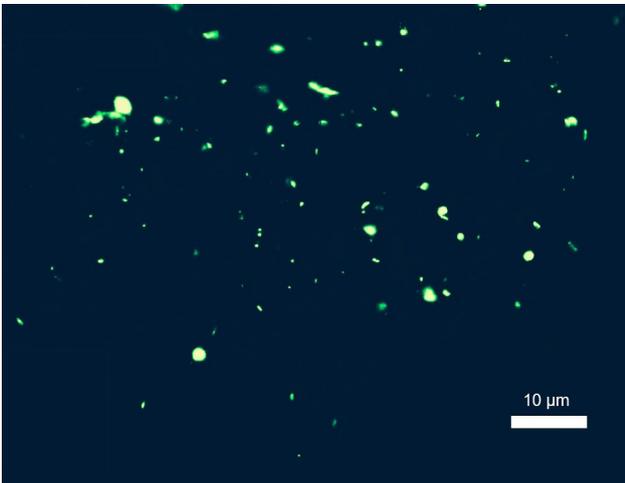


Figura 4. Amostra 16_C em microscopia de epifluorescência no campo 5 corada com DAPI num aumento de 1000x.

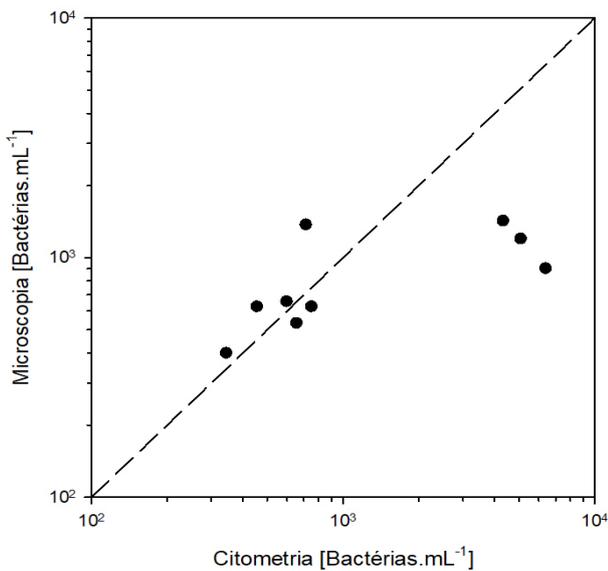


Figura 5. Comparação da concentração de bactérias (bactérias.mL⁻¹) obtida por citometria de fluxo e microscopia de epifluorescência (tracejado indica a linha 1:1)

Nós detectamos bactérias em todas as caixas d’água amostradas utilizando a citometria de fluxo, com abundância de bactérias entre 10²-10⁵ mL⁻¹, mais elevada em uma caixa d’água domiciliar de um bairro residencial e menos elevada na água do circuito de entrada de uma residência de outro bairro (Fig. 6).

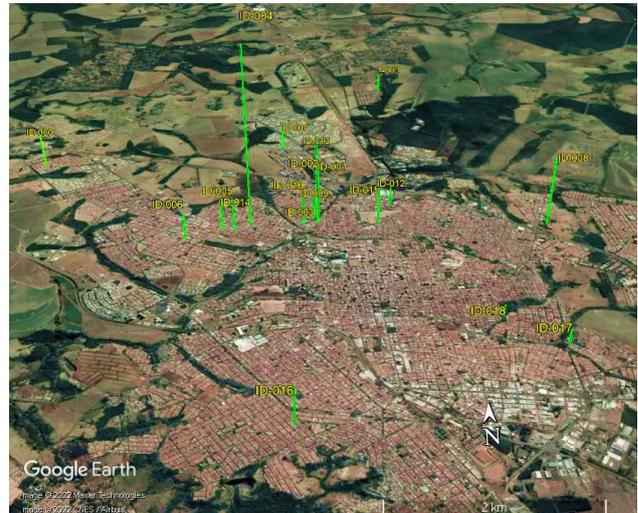


Figura 6. Mapa dos locais onde foram coletadas as amostras com as respectivas concentrações de bactérias nas caixas d’água [bactérias mL⁻¹].

Os resultados da concentração de bactérias das amostras de água das caixas d’água residenciais e do circuito de entrada das mesmas onde havia acesso, bem como o tempo relatado pelos residentes desde a última limpeza da caixa d’água foram compilados (Tab. 1).

Observamos uma relação significativa entre a abundância de bactérias detectadas na água dos circuitos de entrada com a abundância de bactérias detectadas na água das caixas d’água em cada residência (Fig. 7).

Tabela 1. Concentração de bactérias detectadas nas amostras de água de caixas d'água residenciais e na entrada do domicílio (água da rede), e tempo desde a última limpeza da caixa.

ID	Caixa d'água (bactérias mL ⁻¹)	Entrada (bactérias mL ⁻¹)	Última limpeza da caixa d'água (anos)
000	6.00x10 ³	Não acessível	4
000_BF1	6.00x10 ³	Não acessível	4
000_BF2	3.26x10 ⁵	Não acessível	4
001	1.27x10 ⁴	Não acessível	20
001B	1.51x10 ⁴	2.68x10 ³	20
002	1.72x10 ⁴	Não acessível	8
003	6.01x10 ²	Não acessível	2
004	1.42x10 ⁵	1.52x10 ⁴	1
005	4.60x10 ³	7.65x10 ³	1
006	3.27x10 ³	2.85x10 ³	2
007	2.53x10 ³	7.48x10 ²	5
008	2.15x10 ⁴	4.05x10 ⁴	1
009	1.83x10 ³	1.35x10 ³	3
010	4.95x10 ³	Não acessível	10
011	1.91x10 ³	1.06x10 ³	5
012	1.95x10 ³	3.43x10 ³	10
013	7.07x10 ³	Não acessível	0,25
014	4.32x10 ³	1.42x10 ³	7
015	6.38x10 ³	6.53x10 ²	2
016	5.08x10 ³	7.48x10 ²	6
017	7.12x10 ²	4.54x10 ²	2
018	5.97x10 ²	3.44x10 ²	4

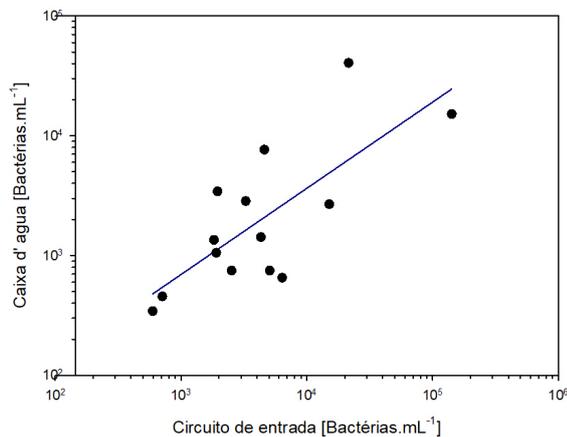


Figura 7. Regressão linear entre a concentração de bactérias no circuito de entrada e na caixa d'água ($r^2= 0,549$ e $p= 0,002$).

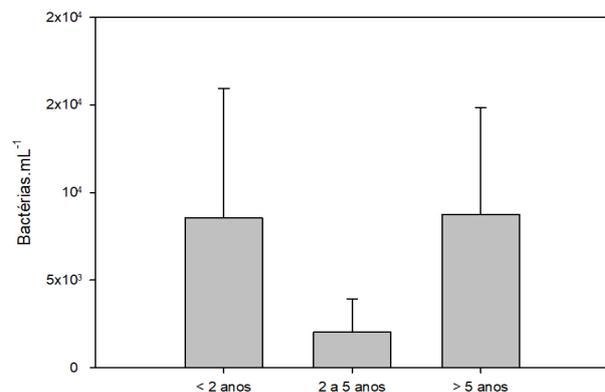


Figura 8. Concentração de bactérias detectadas (bactérias.mL⁻¹) em função dos tempos de limpeza das caixas d'água.

Em relação à análise do efeito do tempo da limpeza das caixas d'água sobre a concentração de bactérias detectadas, após categorização dos intervalos relatados, observamos variabilidade nos resultados, sem diferenças significativas entre intervalos, segundo a análise de variância *one-way* ANOVA ($p = 0,059$) (Fig. 8).

5. DISCUSSÃO

Nesse trabalho, além de detectar e quantificar a abundância de bactérias autóctones em água tratada e armazenada em caixas d'água residenciais, buscamos validar a sensibilidade da citometria de fluxo como um método para tal propósito.

Como esperado, no experimento de diluições observamos uma diminuição das concentrações enquanto diluídas, contudo com maior sensibilidade no segundo experimento, realizado em velocidade de análise alta (*high*). Em velocidade low, observamos maiores taxas de erro, possivelmente devido ao volume amostrado muito pequeno (cerca de 50 µl em *low* contra 500 µl em *high*), comparado com o volume morto no sistema de fluido do citômetro. Este experimento valida a sensibilidade da citometria de fluxo na contagem de partículas em baixa concentração como aquelas que ocorrem em água tratada, reforçando o que em outros países já foi extensivamente explorado em estudos que avaliaram a remoção de bactérias no tratamento de água, rebrota e mudanças sazonais no microbioma (Besmer e Hammes, 2016; Hammes *et al.*, 2010; Hassard *et al.*, 2019; Prest *et al.*, 2016). Em relação à comparação da citometria de fluxo com a microscopia de epifluorescência, sabe-se que a citometria de fluxo vem sendo empregada há muito tempo em estudos para avaliar as concentrações de bactérias após o tratamento da água, inclusive com a utilização de sistemas automatizados para detecção (Besmer *et al.*, 2014; Hammes *et al.*, 2008). Ainda assim, trata-se de uma tecnologia pouco explorada neste contexto e pouco conhecida no Brasil para tal finalidade. Já foi amplamente demonstrado que existe baixa correlação entre os dados obtidos com citometria de fluxo e o método convencional de contagens em placas heterotróficas (Nevel, Van *et al.*, 2017), uma vez que cerca de 99% das bactérias não são cultiváveis em placas com meio rico (Thom *et al.*, 2022). Assim, estudos para validação e comparação da citometria de fluxo com outros métodos de detecção direta de bactérias com alta sensibilidade, como a microscopia de epifluorescência, são importantes.

A contagem de células por microscopia é uma metodologia estabelecida e pode ser combinada com uma ampla gama de corantes fluorescentes ou não fluorescentes (por exemplo, DAPI, laranja de acridina) e marcadores (por exemplo, anticorpos marcados) para avaliar bactérias totais, bactérias viáveis ou grupos específicos. Além de algumas abordagens automatizadas (Zeder e Pernthaler, 2009), a microscopia é muito trabalhosa e demorada, e depende do operador para aplicação rotineira e, portanto, é usada predominantemente como ferramenta de pesquisa (Nevel, Van *et al.*, 2017). No nosso estudo comparativo observamos uma tendência de equiparação dos resultados entre os dois métodos, contudo três amostras correspondentes às maiores concentrações

detectadas na citometria, se desviaram um pouco da linha 1:1, com maiores concentrações obtidas na microscopia. Provavelmente a existência de algumas partículas coradas (não bacterianas) nestas amostras podem ter inflacionado esses valores. Os corantes fluorescentes como DAPI (um dos mais comumente utilizados para contagem de bactérias por epifluorescência) ligam-se preferencialmente a ácidos nucleicos, mas podem se ligar de maneira não específica a membranas celulares, em razão de algumas características intrínsecas, como cargas iônicas e peso molecular (Gasol e del Giorgio, 2000). Em relação à abundância de bactérias detectadas nas amostras de água potável residenciais, os nossos resultados (10^2 a 10^5 bactérias.mL⁻¹) equiparam-se à de outros estudos que utilizaram a citometria de fluxo. Em um estudo no lago Zurich, a abundância de bactérias caiu de 10^6 para 10^3 bactérias.mL⁻¹ após o tratamento por ozonização (Hammes *et al.*, 2008). Em um estudo que avaliou a viabilidade e a aplicabilidade da citometria de fluxo automatizada, cerca de mil pontos de análise foram obtidos de um reservatório subterrâneo de água potável em Dubendorf, resultando nas concentrações médias de 10^2 bactérias.mL⁻¹, demonstrando a viabilidade deste método para investigação de ecossistemas aquáticos dinâmicos em alta resolução temporal (Besmer *et al.*, 2014). Em um estudo para validar um protocolo de quantificação de bactérias e detecção de alterações em comunidades bacterianas aquáticas na Suíça, as concentrações bacterianas em água potável estavam na faixa de 10^3 a 10^5 bactérias.mL⁻¹, além disso, os autores demonstraram o potencial da citometria de fluxo para aplicações de monitoramento de água potável (Prest *et al.*, 2013).

Com base em estudos anteriores, seria de esperar um aumento das concentrações de bactérias em águas estagnadas como caixas d'água. Estudos prévios demonstraram por meio de qPCR que as concentrações de bactérias de filtros comerciais aumentam após os períodos de estagnação (Clark *et al.*, 2022). De maneira correlata, neste estudo observamos uma correlação positiva entre a concentração de bactérias na água entregue pela empresa de saneamento e na concentração de bactérias na caixa d'água residencial. Em três residências a concentração de bactérias na água de entrada foi até maior do que nas caixas d'água, possivelmente isto decorre do fato de uma amostra instantânea estar sujeita às variações do momento da coleta. Também observamos alguns pontos extremos, como a amostra ID-004, que apresentou elevada concentração de bactérias, tanto na caixa d'água quanto no circuito de entrada, o que pode sugerir uma possível contaminação da água

naquele bairro. Já a amostra ID-008, possui maiores concentrações que já eram esperadas, uma vez que se trata de um ponto contendo mistura com água de poço artesiano.

Ao analisarmos o possível efeito do tempo de limpeza das caixas d'água sobre a concentração de bactérias detectadas, observamos de maneira presumida em algumas amostras, associação direta entre a concentração de bactérias e o tempo elevado desde a última limpeza da caixa d'água. No entanto, o número de amostras não permitiu observar uma relação estatisticamente significativa. Uma vez que a concentração de bactérias na água do circuito de entrada parece ser um fator primordial na determinação da concentração nas caixas d'água, o fator tempo de limpeza pode se confundir com esse fator. Sabe-se que o tratamento da água em geral é proposto como detentor de um efeito determinístico na contaminação microbiana, selecionando microrganismos que sobrevivem aos processos de filtração e desinfecção (Lin *et al.*, 2014; Pinto, Xi e Raskin, 2012). É provável que esse efeito diminua com a distância e o tempo do tratamento, onde o crescimento e a perturbação do biofilme agregado às tubulações e ao reservatório se tornam mais proeminentes. Neste ponto, efeitos estocásticos podem ser mais propensos para explicar a abundância de microrganismos, somando-se também outros fatores estocásticos como divisão celular, morte e imigração, que são muitas vezes determinantes no estabelecimento e crescimento de comunidades procarióticas (Sloan *et al.*, 2006). Desta maneira, o microbioma da água potável é dinâmico devido ao tratamento, tempo de estagnação da água e localização dos reservatórios (Clark *et al.*, 2022; Douterelo *et al.*, 2016; Prest *et al.*, 2013).

Para ajudar as concessionárias de água a fornecer água potável segura, é necessário um monitoramento intenso, e melhor conhecimento das consequências e impactos tanto no microbioma quanto na prevalência de patógenos. Atualmente, não existem estudos científicos que demonstrem o tempo e a forma de crescimento das populações microbianas em caixas d'água residenciais. Existem recomendações empíricas para limpeza das caixas d'água anualmente, baseadas em aspectos físicos como turbidez, e na observação do crescimento de biofilme na parede dos reservatórios (Campos *et al.*, 2009; Momba *et al.*, 2000). Este estudo corrobora essas recomendações, no entanto não foi possível determinar qual a frequência ideal de limpeza destes reservatórios baseando-se nas concentrações de bactérias obtidas. Por outro lado, o nosso estudo evidencia a necessidade de um monitoramento mais intenso e eficaz, aplicando metodologias mais rápidas e sensíveis para o monitoramento da

rede de tratamento, distribuição e armazenamento de água potável para o consumo humano, e a citometria demonstrou ser um método eficaz para esse monitoramento.

CONCLUSÕES

Confirmamos a existência de abundância de bactérias em todas as amostras de caixa d'água, bem como nos circuitos de entrega de água, em concentrações condizentes com os resultados de estudos com água potável realizados em outros países (Besmer *et al.*, 2014; Hammes *et al.*, 2008; Pinto, Xi e Raskin, 2012; Prest *et al.*, 2013). Observamos uma forte correlação entre as concentrações de bactérias na água entregue pela empresa pública de saneamento e a água presente nas caixas d'água residenciais, com maiores concentrações de bactérias nesta, em geral. A concentração de bactérias mostra uma grande dependência da qualidade da água do circuito entrada, sendo este um fator que se confunde com o tempo de limpeza da caixa d'água para explicar as abundâncias de bactérias detectadas. Ou seja, o tempo de limpeza da caixa d'água não irá influenciar na qualidade da água se esta já for entregue com uma concentração de bactérias elevada.

Validamos o método de citometria de fluxo para detecção e quantificação de microrganismos em água potável, com melhor ajuste de sensibilidade do equipamento em velocidade de amostragem High (54,2 $\mu\text{l min}^{-1}$) com aquisição de 5.000 eventos ou até o esgotamento da amostra com um volume de 500 μL . A aplicação da citometria de fluxo se revelou uma ferramenta muito útil no monitoramento do crescimento bacteriano após a estação de tratamento e permite averiguar possíveis contaminações em determinados locais da rede.

Nossos resultados mostram que empresas de saneamento deveriam buscar meios de implementação da citometria de fluxo como ferramenta conjunta de monitoramento do processo de tratamento, distribuição e armazenamento de água potável, principalmente para detecção e quantificação esporádica de bactérias, tal como já se faz atualmente em outros países (Besmer *et al.*, 2014).

AGRADECIMENTOS

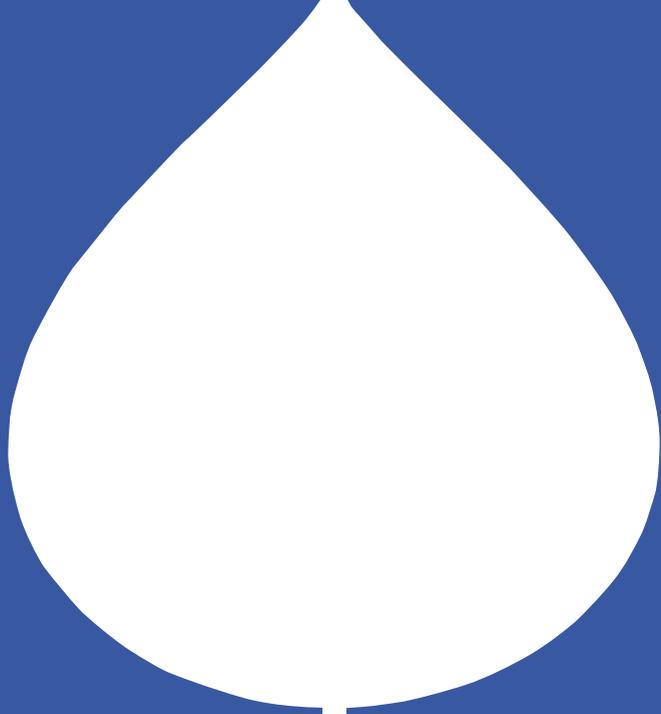
LMAM é bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo FAPESP: 2020/01478-5). HS é bolsista de Produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo CNPq: 303906/2021-9).

Agradecemos à Profa. Renata Cristina Picão pelas reflexões que contribuíram para melhorar o trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, Martin J.; EDBERG, Stephen C.; REASONER, Donald J. - Heterotrophic plate count bacteria - What is their significance in drinking water? *International Journal of Food Microbiology*. ISSN 01681605. 92:3 (2004) 265–274. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.017.
- BERRY, David; XI, Chuanwu; RASKIN, Lutgarde - Microbial ecology of drinking water distribution systems. *Current Opinion in Biotechnology*. ISSN 09581669. 2006). doi: 10.1016/j.copbio.2006.05.007.
- BESMER, Michael D. *et al.* - The feasibility of automated online flow cytometry for in-situ monitoring of microbial dynamics in aquatic ecosystems. *Frontiers in Microbiology*. ISSN 1664-302X. 5:2014) 265. doi: 10.3389/fmicb.2014.00265.
- BESMER, Michael D.; HAMMES, Frederik - Short-term microbial dynamics in a drinking water plant treating groundwater with occasional high microbial loads. *Water Research*. ISSN 0043-1354. (2016) 107:11–18. doi: 10.1016/J.WATRES.2016.10.041.
- CAMPOS, Juliana Alvares Duarte Bonini *et al.* - Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*. 14:1 (2009).
- CLARK, Gemma G. *et al.* - Influence of point-of-use filters and stagnation on water quality at a preschool and under laboratory conditions. *Water Research*. ISSN 0043-1354. (2022) 211:118034. doi: 10.1016/J.WATRES.2021.118034.
- DEL GIORGIO, Paul A. *et al.* - Flow cytometric determination of bacterial abundance in lake plankton with the green nucleic acid stain SYTO 13. *Limnology and Oceanography*. ISSN 00243590. 41:4 (1996) 783–789. doi: 10.4319/lo.1996.41.4.0783.
- DOUTERELO, Isabel *et al.* - Microbial analysis of in situ biofilm formation in drinking water distribution systems: implications for monitoring and control of drinking water quality. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100:7 (2016) 3301–3311.
- EMTIAZI, Farahnaz *et al.* - Investigation of natural biofilms formed during the production of drinking water from surface water embankment filtration. *Water Research*. ISSN 00431354. 38:5 (2004) 1197–1206. doi: 10.1016/j.watres.2003.10.056.
- FALKINHAM, Joseph O. *et al.* - Epidemiology and ecology of opportunistic premise plumbing pathogens: Legionella pneumophila, Mycobacterium avium, and Pseudomonas aeruginosa. *Environmental Health Perspectives*. ISSN 15529924. 123:8 (2015) 749–758. doi: 10.1289/ehp.1408692.
- FALKINHAM, Joseph O.; NORTON, Cheryl D.; LECHEVALLIER, Mark W. - Factors Influencing Numbers of Mycobacterium avium, Mycobacterium intracellulare, and Other Mycobacteria in Drinking Water Distribution Systems. *Applied and Environmental Microbiology*. ISSN 00992240. 67:3 (2001) 1225–1231. doi: 10.1128/AEM.67.3.1225-1231.2001.
- GASOL, Josep M.; DEL GIORGIO, Paul A. - Using flow cytometry for counting natural planktonic bacteria and understanding the structure of planktonic bacterial communities. Em *Scientia Marina*. [S.l.] : CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas 2, 2000
- GASOL, Josep M.; MORÁN, Xosé Anxelu G. - Flow Cytometric Determination of Microbial Abundances and Its Use to Obtain Indices of Community Structure and Relative Activity. Em . p. 159–187.
- HAMMES, Frederik *et al.* - Flow-cytometric total bacterial cell counts as a descriptive microbiological parameter for drinking water treatment processes. *Water Research*. ISSN 0043-1354. 42:1–2 (2008) 269–277. doi: 10.1016/J.WATRES.2007.07.009.
- HAMMES, Frederik *et al.* - Measurement and interpretation of microbial adenosine tri-phosphate (ATP) in aquatic environments. *Water Research*. ISSN 0043-1354. 44:13 (2010) 3915–3923. doi: 10.1016/J.WATRES.2010.04.015.
- HAMMES, Frederik; EGLI, Thomas - Cytometric methods for measuring bacteria in water: Advantages, pitfalls and applications. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. ISSN 16182642. 397:3 (2010) 1083–1095. doi: 10.1007/s00216-010-3646-3.
- HASSARD, Francis *et al.* - Understanding the Use of Flow Cytometry for Monitoring of Drinking Water. *DWI Reports*. 2019).
- HOEFEL, Daniel *et al.* - Enumeration of water-borne bacteria using viability assays and flow cytometry: A comparison to culture-based techniques. *Journal of Microbiological Methods*. ISSN 01677012. 55:3 (2003) 585–597. doi: 10.1016/S0167-7012(03)00201-X.
- JENSEN, Peter Kjær *et al.* - Domestic transmission routes of pathogens: the problem of in-house contamination of drinking water during storage in developing countries. *Tropical Medicine & International Health*. ISSN 1360-2276. 7:7 (2002) 604–609. doi: 10.1046/j.1365-3156.2002.00901.x.

- KAHLISCH, L. *et al.* - Molecular analysis of the bacterial drinking water community with respect to live/dead status. *Water Science and Technology*. ISSN 02731223. 61:1 (2010) 9–14. doi: 10.2166/wst.2010.773.
- KOCH, Christin *et al.* - Cytometric fingerprints: evaluation of new tools for analyzing microbial community dynamics. *Frontiers in Microbiology*. ISSN 1664-302X. 5:2014). doi: 10.3389/fmicb.2014.00273.
- LEBARON, Philiipe *et al.* - Variations of bacterial-specific activity with cell size and nucleic acid content assessed by flow cytometry. *Aquatic Microbial Ecology*. ISSN 0948-3055. 28:2002) 131–140. doi: 10.3354/ame028131.
- LECLERC, Henri; MOREAU, Annick - Microbiological safety of natural mineral water. *FEMS Microbiology Reviews*. ISSN 1574-6976. 26:2 (2002) 207–222. doi: 10.1111/j.1574-6976.2002.tb00611.x.
- LIMA, F. R. A. - *Reservatório domiciliar: aspecto de sua influência na qualidade da água*. [S.l.] : Universidade de Sao Paulo, 1978
- LIN, Wenfang *et al.* - Diversity and dynamics of microbial communities at each step of treatment plant for potable water generation. *Water Research*. (2014) 52:218–230.
- MADIGAN, Michael *et al.* - *Microbiologia de Brock*. 14. ed. Porto Alegre : [s.n.]. ISBN 978-85-8271-297-9.
- MOMBA, M. N. B. *et al.* - Overview of biofilm formation in distribution systems and its impact on the deterioration of water quality. 2000).
- NEVEL, S. VAN *et al.* - Flow cytometric bacterial cell counts challenge conventional heterotrophic plate counts for routine microbiological drinking water monitoring. *Water Research*. ISSN 0043-1354. 113:2017) 191–206. doi: 10.1016/J.WATRES.2017.01.065.
- NICHOLS, R. A. B.; CAMPBELL, B. M.; SMITH, H. V. - Identification of *Cryptosporidium* spp. oocysts in United Kingdom noncarbonated natural mineral waters and drinking waters by using a modified nested PCR-restriction fragment length polymorphism assay. *Applied and Environmental Microbiology*. ISSN 00992240. 69:7 (2003) 4183–4189. doi: 10.1128/AEM.69.7.4183-4189.2003.
- PARK, S. R.; MACKAY, W. G.; REID, D. C. - *Helicobacter* sp. recovered from drinking water biofilm sampled from a water distribution system. *Water Research*. ISSN 00431354. 35:6 (2001) 1624–1626. doi: 10.1016/S0043-1354(00)00582-0.
- PINTO, Ameet J.; XI, Chuanwu; RASKIN, Lutgarde - Bacterial Community Structure in the Drinking Water Microbiome Is Governed by Filtration Processes. *Environmental Science & Technology*. ISSN 0013-936X. 46:16 (2012) 8851–8859. doi: 10.1021/es302042t.
- PREST, E. I. *et al.* - Monitoring microbiological changes in drinking water systems using a fast and reproducible flow cytometric method. *Water Research*. ISSN 00431354. 47:19 (2013) 7131–7142. doi: 10.1016/j.watres.2013.07.051.
- PREST, E. I. *et al.* - A systematic approach for the assessment of bacterial growth-controlling factors linked to biological stability of drinking water in distribution systems. *Water Science and Technology: Water Supply*. ISSN 16069749. 16:4 (2016) 865–880. doi: 10.2166/WS.2016.001.
- RAMÍREZ-CASTILLO, Flor *et al.* - Waterborne Pathogens: Detection Methods and Challenges. *Pathogens*. ISSN 2076-0817. 4:2 (2015) 307–334. doi: 10.3390/pathogens4020307.
- RAMÍREZ-CASTILLO FY, Loera-Muro A, JACQUES M, Garneau P, AVELAR-GONZÁLEZ FJ, Harel J, GUERRERO-BARRERA AL. Waterborne pathogens: detection methods and challenges. *Pathogens*. 2015 May 21;4(2):307-34. doi: 10.3390/pathogens4020307. PMID: 26011827; PMCID: PMC4493476.
- RINTA-KANTO, Johanna M. *et al.* - Rapid enumeration of virus-like particles in drinking water samples using SYBR green I-staining. *Water Research*. ISSN 00431354. 38:10 (2004) 2614–2618. doi: 10.1016/j.watres.2004.03.008.
- SAFFORD, Hannah R.; BISCHEL, Heather N. - Flow cytometry applications in water treatment, distribution, and reuse: A review. *Water Research*. 151:2019) 110–133. ISSN 18792448.
- SLOAN, William T. *et al.* - Quantifying the roles of immigration and chance in shaping prokaryote community structure. *Environmental microbiology*. 8:4 (2006) 732–740.
- THOM, Claire *et al.* - Microbiomes in drinking water treatment and distribution: a meta-analysis from source to tap. *Water Research*. 2022) 118106.
- ZEDER, M.; PERNTHALER, J. - Multispot live-image autofocusing for high-throughput microscopy of fluorescently stained bacteria. *Cytometry Part A*. 75:9 (2009) 781–788.



Acquajuris | Opinião

Os 25 anos da Convenção de Albufeira e a proposta espanhola para a “compra” de 100 Hm³ de água de Alqueva

Amparo Sereno¹

¹ Email: amparosereno@yahoo.com

Cumpre-se este ano o 25º aniversário da Convenção de Albufeira (CA) de 1998 – *sobre Cooperação para a Proteção e Uso Sustentável das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas* – facto de que devemos congratular-nos, pois foi, sem dúvida, o momento mais alto no relacionamento bilateral entre Portugal e Espanha, em matéria de águas internacionais.

Com efeito, a 30 de novembro de 1998 e antecipando a aprovação da Diretiva Quadro da Água (DQA), os dois vizinhos ibéricos assinaram a CA. Um acordo moderno e equilibrado, especialmente, considerando a situação geográfica de dependência portuguesa das aflúncias espanholas. Esta situação verifica-se em todos os pontos da “fronteira hídrica” – leia-se a que é desenhada pelos rios internacionais e os seus afluentes – com exceção do troço a jusante de Alqueva, onde o Guadiana traça uma graciosa curva que entra no território português para logo (no ponto de Pomarão) desenhar o último troço internacional da “fronteira hídrica” deste Rio antes da sua desembocadura no Atlântico.

Toda esta descrição geográfica substitui uma “visão rápida no mapa” que nos permitiria compreender que Pomarão é (de facto) o único ponto fronteiriço onde Portugal poderia “fechar a torneira” a Espanha. “Torneira” esta de caudais potentes, pois são os que procedem de Alqueva, até hoje o maior lago artificial da Europa. Mas é precisamente em Pomarão que os vizinhos ibéricos não chegam a acordo. Os caudais de 2 m³ / seg. foram estabelecidos unilateralmente por Portugal, ficando um valor definitivo e consensual entre as Partes pendente da realização de estudos sobre o estado ecológico das águas no troço internacional

a jusante de Pomarão e no Estuário do Guadiana. Estudos estes que nunca foram tornados públicos, e não foram, aparentemente, conclusivos. Isto apesar de o Protocolo Adicional da Convenção de 1998 ter estabelecido explicitamente que o estudo sobre a situação ambiental do estuário deveria estar finalizado antes da entrada em funcionamento de Alqueva, cujas comportas fecharam em 2002 e cuja central hidroelétrica foi inaugurada em 2004.

Recentemente tivemos uma notícia sobre o relacionamento bilateral, precisamente, sobre Alqueva. A “Comunidad Autónoma” de Andaluzia pretende agora “comprar” água desta albufeira.

É a primeira vez que a água de Alqueva se “vende”? Não, já foi “vendida” a agricultores da “Comunidad Autónoma” de “Extremadura”. Com “x” (leia-se), visto que se trata da “Extremadura” espanhola que faz fronteira com o Alentejo, numa autarquia próxima de Badajoz (“Villanueva del Fresno”), onde agricultores locais captaram água do regolho da albufeira e visto que Alqueva inundou também uma parte (embora mínima) do território espanhol. Mas naqueles casos falamos de pequenas quantidades de água, autorizadas de modo provisório pela Delegação Portuguesa da “Comissão Luso-Espanhola” (CADC) e pago ao mesmo preço (tarifa praticada pela EDIA) cobrado aos agricultores portugueses.

Agora o pedido de Andaluzia é bem diferente: 100 Hm³/anuais que até agora nunca foram autorizados e tendo como objetivo transvasar os mesmos do Guadiana para bacias internas espanholas (“Tinto-Odiel-Piedras”). De facto, estes transvases foram anteriormente tolerados por Portugal, ainda antes da aprovação da Convenção de 1998. É o caso

da captação de “Boca-Chança”, ponto em que o Chança (afluente do Guadiana na sua margem esquerda, ou seja, território espanhol), se junta com o Guadiana, a montante de Pomarão. Mas, na altura, essa captação visava apenas o abastecimento da cidade de Huelva, enquanto hoje alimenta também as zonas de regadio próximas desta cidade, visando a produção intensiva dos frutos vermelhos, muito apreciados no Norte da UE e não só.

Entretanto, deste lado da fronteira, o regadio também avança, podendo referir-se a título de exemplo o olival intensivo no Alentejo, os frutos vermelhos no Sado ou o abacate do Algarve. E parte destas zonas irrigadas recorrem também a transvases (mesmo que se chamem de “mini-transvases”) com recurso as águas do Guadiana e existem projetos de novos transvases. Mas novos transvases a partir de onde? Pomarão. Mais uma vez o Pomarão. Será que todos os caminhos conduzem a Roma? Ou será que há já algum tempo que não estamos a cooperar, mas antes a concorrer?

Todos apreciamos os frutos vermelhos, o abacate e o azeite de oliva e entende-se o papel estratégico e fundamental da agricultura para as pessoas e para a economia. Mas não há agricultura sem água. Acontece também que a escassez dos recursos hídricos no Sul da Península não é já conjuntural, com as difíceis secas cíclicas de ciclo cada vez mais curto, mas sim estrutural. Quem o afirma é a própria APA num dos seus mais recentes relatórios sobre alterações climáticas, desta vez aplicando à disponibilidade dos recursos hídricos em Portugal cenários atuais e para 2030 e 2050 respetivamente. Tal permite adivinhar um aumento de tensão entre os utilizadores e o despontar de um conflito que sempre esteve latente nas relações luso-espanholas: Pomarão / Boca Chança.

Repare-se, porém, que o mesmo não é apenas ambiental ou seja, a problemática da partilha equitativa e ambientalmente sustentável da água disponível no Guadiana é também territorial e institucional. Não podemos esquecer que a água está ligada ao território e que os territórios estão divididos por jurisdições político/administrativas que dão significado (ou nome) a esses territórios, por vezes chamados “espaços significantes”.

E eis que aqui encontramos também a tensão entre dois modelos territoriais opostos: Portugal é um “Estado unitário”, como estabelecido no Art. 6º da Constituição da República Portuguesa, fortemente centralizado em Lisboa e a APA é uma autoridade onipotente e onipresente em todo o território português, de acordo com o Estatuto das ARH (porquanto meros organismos desconcentrados da APA); enquanto Espanha é um Estado federal,

referido eufemisticamente na Constituição espanhola como “Estado das Autonomias”. Mas estas “Autonomias” têm vindo a ser cada vez mais autónomas e poderosas, bastando olhar para o que está a passar por exemplo na Catalunha, e tem vindo a ganhar competências sobre a gestão da água. Este é o caso da Andaluzia que assim justifica a sua pretensão de 100 Hm³ do Guadiana com destino a bacias internas situadas integralmente no seu território, ou seja, para os seus agricultores.

Repare-se, porém, que Andaluzia não tem assento, nem está representada nos organismos de cooperação (CADC e CoP) criados pela Convenção Luso-Espanhola. A composição e funcionamento destes organismos foi já feita em trabalhos anteriores para os quais se remete nas referências bibliográficas. Estas Comissões atuam de modo muito centralizado ao nível dos Governos de Madrid e de Lisboa e os seus membros da Delegação Portuguesa e Espanhola são escolhidos de modo discricionário e casuístico, uma vez que não existe um estatuto da CADC que determine a sua composição. Além disso, a CADC não tem personalidade jurídica nem orçamento autónomo o que a torna uma estrutura muito frágil e sem uma “voz própria” para falar com legitimidade em prol das bacias internacionais, pois está dependente do “Governo do dia”.

A notícia de que o Presidente do Governo da Andaluzia propôs a “compra” dos 100 Hm³ de Alqueva passou um pouco despercebida pela opinião pública, no atual contexto de conflitos internacionais e crises políticas. Seria de esperar que fosse a CADC a responder e não a APA que, oficialmente, não tinha recebido qualquer pedido da Andaluzia. Desse posicionamento fazem eco as declarações de outros membros do Governo, nomeadamente os Ministros de Ambiente e Agricultura. Existe uma resposta da EDIA posicionando-se imediatamente na defesa dos caudais ecológicos do Guadiana, revelando que até a EDIA já entendeu que não há outro caminho para defender os interesses dos agricultores portugueses que não seja a DQA e o “bom estado dos meios aquáticos”, incluindo as águas de transição e costeiras (Estuário do Guadiana). Isto porque defender a Convenção Quadro da ONU sobre esta matéria implicaria partilhar equitativamente água com Espanha, segundo os critérios da referida Convenção, o que na prática poderia significar ceder mais água a Espanha. Se se escolhe esse caminho (e salvo melhor opinião) Portugal teria muito a perder, já discutido amplamente em trabalhos anteriores.

O paradoxo desta situação é que seja uma voz do Ministério da Agricultura a vir defender os caudais ecológicos, algo que até agora só era pedido pelas

ONGA e pela Academia. A *vox populi* da agricultura tem sido tradicionalmente: “água que não se usa perde-se no mar”. Mas será que preferiríamos “perdê-la” no mar em vez de ser utilizada no regadio espanhol? Ou será que vamos ampliar tanto o nosso regadio que não vai sobrar uma gota de água: nem para o mar, nem para o vizinho?

Estaremos atentos aos próximos desenvolvimentos sobre a “venda de água” de Alqueva que partilharemos com a nossa visão crítica em próximas edições da Revista RH.

** Todas as opiniões aqui emitidas são da responsabilidade da Autora e baseiam-se em textos de carácter jurídico da sua autoria previamente publicados¹, bem como nas notícias veiculadas pela comunicação social portuguesa² sobre o caso da “venda” de água de Alqueva.*

1 As referências bibliográficas dos referidos textos são:

Sereno, A (03.11.2022) “A Cimeira Luso-Espanhola e a «Diplomacia da Água», Público , , Recuperado de <https://www.publico.pt/2022/11/03/opiniao/opiniao/cimeira-luso-espanhola-diplomacia-agua-2026412>

Sereno, A (2021) “A Convenção de Albufeira 20 anos depois. Rever já ou esperar que os Tribunais façam o que a Comissão não faz?” A água e os rios no futuro. Contributos do CNA para decisões estratégicas no setor da água. Conselho Nacional da Água (CNA) Recuperado de: https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/uploads/1/3/8/6/13869103/a_agua_e_os_rios_no_futuro-pag_a_pag.pdf

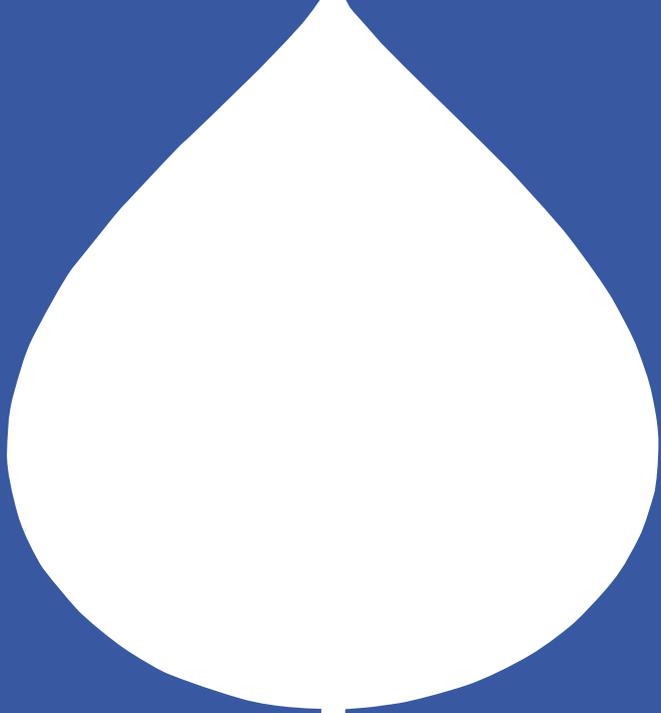
Sereno, A. (2020) “As relações luso-espanholas a volta do Tejo. Não só de caudais mínimos «vivem» os rios”. (2020): Anuário Janus (Observare, UAL) Recuperado de https://repositorio.ual.pt/bitstream/11144/4911/1/Janus_20_1_04_AS.pdf

Sereno, A (2014) “O Direito Português da Água do século XXI. Catorze anos de Diretiva Quadro da Água”, Revista E-Pública da Faculdade de Direito, da UL, número 2.

Sereno, A (2012) O Regime jurídico das águas internacionais. O caso das Regiões Hidrográficas Luso-Espanholas, tese de doutoramento, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian (FCG) e Fundação para a Ciência e para a Tecnologia (FCT), Lisboa.

Sereno, A. (2011). Rios que nos separam, águas que nos unem. Análise jurídica dos Convénios Luso-Espanhóis sobre águas internacionais. Prefácio, Prof. Diogo Freitas do Amaral. Ed. Fundación Lex Nova, Valladolid, 1ª ed., 2011.

2 Ver, por exemplo: “Andaluzia pede água de Alqueva a Portugal: “O campo não pode esperar mais” (Público, 14/19/2023); “Governo da Andaluzia em conversações com Portugal para ir buscar água ao Alqueva”. J. Negócios (13/10/2023); Governo sem “nenhum pedido formal” de Espanha para uso de água do Alqueva. J. Negócios (08/11/2023). Reportagem da SIC, telejornal da noite 31/10/2023 (sobre a venda de água Alqueva com entrevista a autoridades espanholas e a o Presidente da EDIA).



Comissões

Especializadas em Ação

Jornadas de Restauro Fluvial da APRH: um contributo para a disseminação do restauro e reabilitação fluvial em Portugal

José Maria Santos

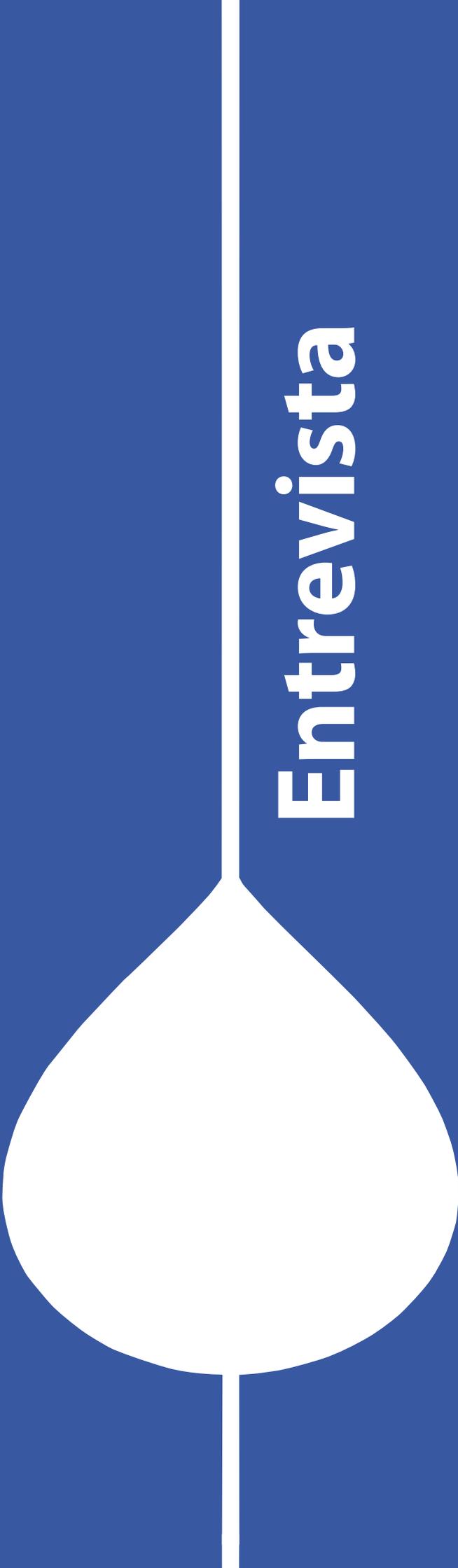
Email: jmsantos@isa.ulisboa.pt

A ciência fundamental e aplicada à gestão de recursos hídricos tem avançado consideravelmente durante as últimas décadas, sobretudo devido à implementação de instrumentos legislativos europeus, nomeadamente a Diretiva Quadro da Água, a Diretiva Habitats e à Diretiva Relativa à Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações. Mais avanços têm sido reportados recentemente derivados de outros instrumentos, nomeadamente a Estratégia de Biodiversidade da UE para 2030, que preconiza a necessidade de se aumentar os esforços para restaurar os ecossistemas fluviais e as funções naturais dos rios, a fim de se alcançar os objetivos da Diretiva-Quadro da Água (os quais não foram plenamente alcançados, estando atualmente menos de metade das massas de água superficiais em estado ecológico bom ou excelente), prevendo o restabelecimento do curso natural dos rios, numa extensão de, pelo menos, 25 000 km até 2030.

A reabilitação e o restauro de rios, em resposta a uma crescente multitude de pressões como resultado do aumento da atividade humana, constitui atualmente uma das áreas mais proeminentes da ciência aplicada aos recursos hídricos, apoiando uma indústria multimilionária em muitos países e ajudando a impulsionar a investigação em sistemas fluviais, fundamental para colmatar lacunas de conhecimento que limitam o sucesso do processo de restauro. Este é cada vez mais um processo holístico, multidisciplinar, dinâmico e colaborativo com o objetivo de atenuar os impactos negativos

nos sistemas fluviais e reintroduzir processos naturais que garantam o fornecimento sustentável de múltiplos serviços de ecossistemas.

A Comissão Especializada da Qualidade da Água e dos Ecossistemas (CEQAE) da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, promovem desde 2010, e com enorme sucesso, a realização das Jornadas de Restauro Fluvial. Trata-se de um evento de carácter bienal, já com 7 edições, que tem como objetivo, não só divulgar os mais recentes trabalhos no campo da reabilitação e restauro fluvial, mas também de promover a qualidade técnica das diferentes ações empreendidas, analisar exemplos e práticas, bem como sensibilizar os diversos agentes para a relevância desta temática para a sustentabilidade dos ecossistemas fluviais. Conta em todas as suas edições com um painel de oradores bastante heterogéneo não só ligados à academia, mas também à administração central e regional do Estado, empresas de serviços especializados na área do ambiente e recursos hídricos, autarquias e ONGs, cujas comunicações versam os mais diferentes aspetos ligados à temática do restauro e reabilitação fluvial, estimulando desta forma a discussão e a partilha de experiências e a transferência do conhecimento entre os diferentes setores. A sua [última](#) edição (em novembro 2022) teve lugar no Pequeno Auditório do LNEC e contou com mais 90 participantes; a próxima edição (8ª) realizar-se-á em novembro 2024.



Entrevista

Mensagem do Diretor para a Biodiversidade, DG Ambiente, Comissão Europeia, ao 16.º Congresso da Água com o tema “Viver com a Água”

Humberto Delgado Rosa (21 de março de 2023)



Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=m7fNl3YtTvA>

Queria começar por agradecer à APRH por me ter convidado a dizer algumas palavras neste Congresso sob o tema “Viver Com a Água”.

Sou Diretor para a Biodiversidade, estou numa sessão sobre investimentos estratégicos, pelo que irei relacionar biodiversidade e tema água num sentido de investimento.

Estamos num momento oportuno porque a Água continua a ser um tema muito importante na agenda europeia e internacional. Já na próxima semana haverá em Nova Iorque uma Conferência das Nações Unidas para a água (22 e 24 de março de 2023).

O nexa Água, Biodiversidade e Clima está em alta, está em crescendo. Há uma perceção cada vez maior de que há uma crise ambiental global, não só devido às alterações climáticas mas também devido à perda de biodiversidade e à poluição – trata-se na verdade de uma crise de insustentabilidade global. É interessante verificar como o Fórum Económico Mundial tem vindo a dar, na sua análise anual de maiores riscos para a economia, uma prevalência cada vez maior aos riscos climáticos e ambientais.

Basta constatar que seis dos dez maiores riscos para a economia são, desde há dez anos, riscos ambientais: eventos climáticos extremos, perda da biodiversidade e colapso de ecossistemas, crises de recursos naturais, etc. Isto explica porque é que a União Europeia tem estado sobre a égide do Pacto Ecológico Europeu, o qual é uma verdadeira estratégia de desenvolvimento sustentável da União Europeia, com dimensão ambiental, mas também económica e social. A principal mensagem do Pacto Ecológico é, para além da atenção acrescida às alterações climáticas, a inclusão dos fatores ambientais, como a água e a biodiversidade, ao mesmo nível de atenção política do fenómeno das alterações climáticas.

Isso explica desde logo porque é que a União Europeia tem hoje a estratégia de biodiversidade a 2030 mais ambiciosa do mundo, com metas quantificadas para a conservação, para o restauro, para o uso sustentável, no sentido de abordar as principais causas de perda de biodiversidade.

Outro facto de relevância tem a ver com o novo acordo global para a biodiversidade, alcançado em dezembro de 2022 na COP15 da Convenção da diversidade biológica. Foi um sucesso histórico e algo inesperado, perante o contexto bem conhecido de guerras e de inflação, e quando a COP27 sobre alterações climáticas não tinha tido resultados assinaláveis. O sucesso da COP15 implica que o mundo passou a ter um conjunto de objetivos quantificados para a biodiversidade de vários tipos: restauro da natureza, conservação, uso sustentável, nutrientes, pesticidas, financiamento, abandono de subsídios perversos para o ambiente, etc.. São várias metas quantificadas, ambiciosas e com data para o seu cumprimento a 2030. Ou seja, existem razões acrescidas para que daqui para a frente o planeamento e investimento tenha também em conta esta dimensão da biodiversidade. Um aspeto chave neste contexto será: A palavra-chave para esta questão é a expressão: Soluções Baseadas na Natureza.

Desde logo, muitos dos investimentos em alterações climáticas são também investimentos relevantes para a natureza. A visão da natureza como um detalhe, ou como uma espécie de ‘parente pobre’ dos investimentos ambientais, está a mudar. A redução de emissões ou a adaptação às alterações climáticas é ou pode ser muitas vezes abordada através de investimentos em soluções naturais, cujos resultados também económicos

são eficientes. Não se trata meramente da defesa de espécies protegidas, mas sim da reposição de serviços de ecossistemas que nos fazem falta, dos quais dependemos e que muitas vezes perdemos ou degradamos em larga medida. Estas Soluções Baseadas na Natureza aplicam-se numa grande diversidade de áreas, incluindo na agricultura práticas agroecológicas que ajudam a substituir inputs químicos, ou em práticas de silvicultura mais próximas da natureza, como promovidas na Estratégia Florestal da EU a 2030. Aplicam-se igualmente no planeamento urbano, onde a infraestrutura verde incorporada na cidade dá reconhecidas vantagens, desde a qualidade de ar e água até à contenção de efeitos de calor e prevenção de cheias, entre outras. Estas soluções também estão a ser promovidas na defesa costeira, com resultados que podem ser iguais ou superiores às soluções convencionais, e em geral na adaptação às alterações climáticas.

No que diz respeito à água, a maior parte dos efeitos climáticos extremos têm uma relação estreita com o meio hídrico. O recente impacto de cheias e secas na União Europeia e fora dela é muito evidente, por exemplo na produção agrícola com perda de colheitas, e até a navegação tem sido afetada pela seca em grandes cursos de água europeus, havendo ainda ameaças ao abastecimento público de água nalgumas regiões e uma redução na produção de energia hidroelétrica.

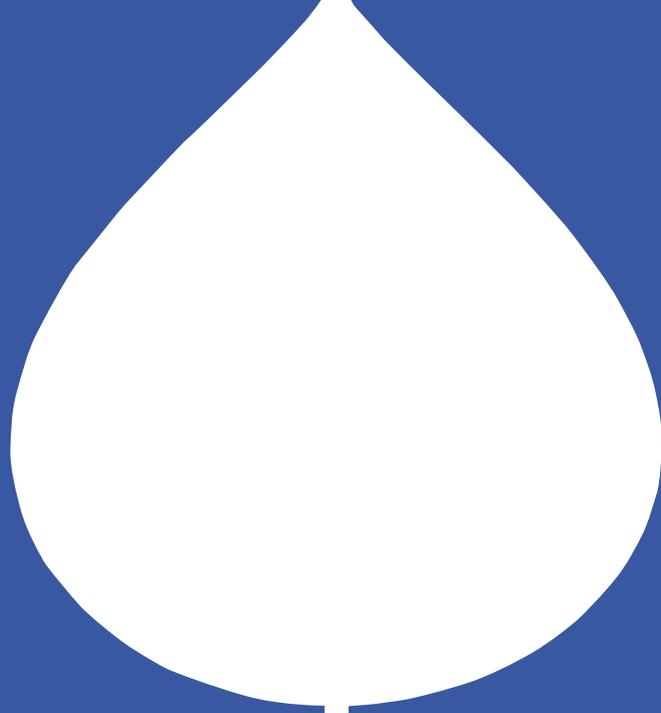
A escassez de água deixou de ser uma raridade ou um problema só de certos países. Hoje, 20% do território e 30% dos europeus num ano médio são afetados por stress hídrico. São necessários investimentos focados na resiliência do ambiente e dos ecossistemas. As soluções baseadas na natureza não são uma panaceia universal, não substituem só por si as soluções tecnológicas, mas são complementares e em muitos casos alternativas, podendo coexistir com uma boa proporção custo-benefício. É nesse sentido que as infraestruturas verdes e cinzentas nos meios urbanos e na defesa costeiras podem e devem coexistir. É um bom momento para uma certa “re-engenharia” emergente, que incorpore a engenharia ecológica em coexistência com a engenharia mais tradicional, e com vantagens para investimentos estratégicos, também e em particular no domínio da água.

O último tema que quero abordar relaciona-se com o restauro da natureza, no mesmo enquadramento

das Soluções Baseadas na Natureza. A Comissão Europeia apresentou em junho de 2022 uma proposta de lei de restauro da natureza, com vista a impor metas obrigatórias de restauro dos ecossistemas em mau estado, inclusive os aquáticos, nos quais houve uma grande perda de populações de espécies aquícolas, uma perda de zonas húmidas e um mau estado ecológico das águas superficiais. A lei de restauro da natureza veio propor metas vinculativas de restauro para uma série de habitats, uns já protegidos e outros não, com uma relação complementar com outras leis já existentes, como Diretiva-Quadro da Água e as Diretivas Aves e Habitats. Esta lei cobre o restauro de ecossistemas de águas doces, em particular a fragmentação dos rios que na UE têm demasiados obstáculos: calcula-se que haja uma barreira por quilómetro, ou seja, mais de um milhão de barreiras nos rios europeus. Por isso, um dos objetivos da lei da natureza é contribuir para repor a continuidade nos rios, nuns casos pela remoção das barreiras obsoletas, que causam mais danos do que benefícios, noutros casos construindo sistemas de passagens para peixes migradores. Um dos objetivos da lei de restauro da natureza é a identificação e remoção de barreiras obsoletas, visando contribuir para uma meta assumida na estratégia de biodiversidade - pelo menos 25 000 km de rios europeus livres até 2030.

A proporção custo-benefício do restauro da natureza está estimada em média para a UE de 1€ para 8€, em média, ou seja, por cada euro gasto há oito euros de retorno. Nem todo o valor será um retorno que possa ser monetizável ou apropriado pelo mercado, mas parte dele sim, quando o restauro dá um benefício económico direto. Para os restantes casos em que há benefícios públicos e sociais mais vastos, o investimento público no restauro da natureza é plenamente justificável.

A mensagem principal que quero deixar neste Congresso é esta: os investimentos estratégicos futuros em água implicarão prioridade a uma economia positiva para a natureza ou regenerativa, às Soluções Baseadas na Natureza, ao restauro da natureza, e à integração dos serviços de ecossistemas no planeamento e na engenharia da água. Estou certo de que este tema tem plano enquadramento neste Congresso espero ter contribuído para o debate sobre esta matéria.



Colaboradores

Colaboradores

A APRH e a direção da *Recursos Hídricos* agradecem o apoio dos seguintes colaboradores na revisão de artigos submetidos para possível publicação nesta revista durante o ano de 2022.

Patrícia Nunes	Universidade do Algarve
António Albuquerque	Universidade da Beira Interior
João Pato	ISCTE
Pedro Reis	INIAV
José Manuel Gonçalves	ESAC
Juliana Viventini	Univ. São Paulo
Cláudia Brandão	DGADR
Joana Piseiro	-
Rodolpho Rocco	UFRG
Maria da Natividade Vieira	FEUP

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Os autores interessados em publicar artigos científico-técnicos ou discussões de artigos anteriormente publicados na revista Recursos Hídricos deverão respeitar as seguintes normas:

1. O artigo, necessariamente original e preferencialmente redigido em Português, na forma impessoal, tem de ser entregue em suporte informático. O processador de texto a utilizar deverá ser o Word (Microsoft). São também aceites artigos redigidos em Inglês.
2. O título, o nome do(s) autor(es) e o texto do artigo (incluindo quadros e figuras) devem ser compostos e guardados num ficheiro único, devidamente identificado (por exemplo, artigo.doc). Tal ficheiro tem de conter a indicação, de forma clara, das zonas onde se pretendem inserir as figuras, desenhos ou fotografias. O texto do artigo deve ser corrido a uma coluna, com espaçamento normal e com a extensão máxima de quarenta mil caracteres (incluindo espaços).
3. O título do artigo tem de ser redigido em Português e em Inglês.
4. A seguir ao título deve ser indicado o nome do(s) autor(es) e um máximo de três referências aos seus graus académicos ou cargos profissionais, assim como o número de associado, caso seja membro da APRH.
5. O corpo do artigo tem de ser antecedido do resumo, redigido em Português e em Inglês (abstract). O resumo em qualquer um dos anteriores idiomas não deve exceder dois mil e quinhentos caracteres (incluindo espaços).
6. Os elementos gráficos (figuras, desenhos e fotografias) têm também de ser fornecidos separadamente em suporte informático, num único ficheiro ou em ficheiros individuais, mas sempre devidamente identificados (por exemplo, Figuras.doc, Figura1.jpg, etc.). Não existe qualquer restrição quanto à utilização de cor naqueles elementos.
7. As referências bibliográficas no corpo do texto devem ser feitas de acordo com a norma portuguesa NP-405 de 1996, indicando o nome do autor (sem iniciais) seguido do ano de publicação entre parêntesis. No caso de mais de uma referência relativa ao mesmo autor e ao mesmo ano, devem ser usados sufixos a), b), etc.
8. Os artigos devem terminar por uma lista de referências bibliográficas organizada por ordem alfabética do nome (apelido) do primeiro autor, seguido dos nomes dos outros autores, caso os haja, do título da obra, editor, local e ano de publicação (ou referência completa da revista em que foi publicada). De tal lista só podem constar as referências bibliográficas efectivamente citadas no corpo do texto.
9. Só serão aceites discussões de artigos publicados até dois meses após a publicação do número da revista onde esse artigo se insere. As discussões serão enviadas ao autor do artigo, o qual poderá responder sob a forma de réplica. Discussões e réplica, caso exista, serão, tanto quanto possível, publicados conjuntamente.
10. O título das discussões e da réplica por elas originada é o mesmo do artigo original acrescido da indicação Discussão ou Réplica. Seguidamente, deve constar o nome do autor da discussão ou da réplica de acordo com o indicado no ponto 4.
11. À publicação de discussões e de réplicas aplicam-se as normas antes explicitadas para a publicação de artigos
12. Os artigos e as discussões devem ser enviados por correio electrónico para o endereço da APRH (aprh@aprh.pt). O assunto desse correio electrónico deve elucidar sobre o respectivo conteúdo (por exemplo, submissão de artigo ou discussão de artigo). No corpo do correio, o autor ou os autores têm ainda de sugerir três revisores que considerem adequados, face ao teor científico técnico e ao idioma do respectivo artigo.

Secretariado da APRH
A/c LNEC – Av. do Brasil, 101
1700-066 Lisboa
Portugal

Apoiantes



Direção-Geral de Agricultura
e Desenvolvimento Rural

