

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

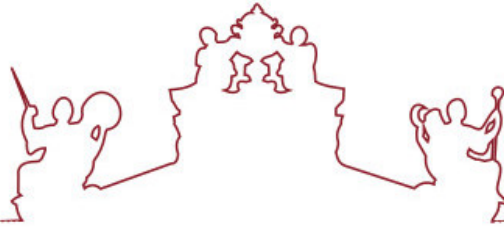
**Plano de gestão das infestações de jacinto-aquático no rio
Alviela (Santarém)**

Pedro Nuno Andrade Martins Félix

Orientador(es) | Francisca Constança Frutuoso de Aguiar
Maria Teresa Marques Ferreira

Évora 2020





Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia

Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Dissertação

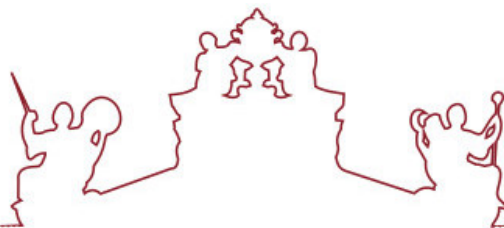
**Plano de gestão das infestações de jacinto-aquático no rio
Alviela (Santarém)**

Pedro Nuno Andrade Martins Félix

Orientador(es) | Francisca Constança Frutuoso de Aguiar
Maria Teresa Marques Ferreira

Évora 2020





A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

- Presidente | Pedro R. Almeida (Universidade de Évora)
- Vogal | Ana Maria da Silva Monteiro (Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia)
- Vogal-orientador | Francisca Constança Frutuoso de Aguiar (Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia)

Agradecimentos

Neste texto faz sentido fazer alusão a todos os que participaram nesta caminhada, pois aqui se finaliza uma etapa da minha vida, e por isso, quero tentar lembrar todos que contribuíram para o meu crescimento e desenvolvimento pessoal.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, aos meus pais e meu irmão, por sempre me terem dado tudo e nunca ter faltado nada. Por me proporcionarem a oportunidade de estudar e seguir o caminho que eu pretendi. Obrigado.

Quero agradecer à minha parceira Maria que me acompanha sempre e está sempre ao meu lado. Estar contigo nesta fase foi uma sensação de que nada foi difícil, de que as coisas iriam de ser ultrapassadas com naturalidade, e foram! Quero também lembrar e agradecer todo o apoio que foi, e é dado pelos pais da Maria, João e Fátima.

Quero agradecer a todos os que estiveram diretamente ligados à minha dissertação de mestrado, a todos os que me ajudaram e que me acompanharam, principalmente, à Professora Francisca Aguiar. Agradecer também o todo do pessoal da Câmara Municipal de Santarém por mostrarem grande disponibilidade e me terem facilitado documentação para o meu trabalho, por me acompanharem nas visitas ao rio Alviela e na realização dos inquéritos. Destes destaco a Eng^a Maria João Cardoso e a Ana Alves.

Quero agradecer à “malta” da turma do Mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais 2017/2018, a todos sem exceção, por termos formado um grupo onde a cooperação e entreatajuda prevaleceu e permitiu que todos nós fossemos bem-sucedidos durante toda esta fase.

Quero agradecer a todos os professores que me formaram tanto da Universidade de Évora como do Instituto Superior de Agronomia, e ainda, do Polo de Sines-UE, por se mostrarem sempre disponíveis a ajudar.

A todos os meus amigos que estiveram comigo nesta caminhada académica.

E por fim, quero agradecer à vida!

Resumo

As plantas invasoras alteram a funcionalidade dos ecossistemas, destroem habitats e reduzem a biodiversidade nativa. O jacinto-aquático é a espécie invasora que mais ameaça os ecossistemas dulçaquícolas no mundo. Portugal possui um grande historial de invasões por jacinto-aquático desde a primeira ocorrência, há cerca de 80 anos. Este trabalho tem como objetivo principal a elaboração de um Plano de gestão do jacinto-aquático no rio Alviela, a ser implementado pela Câmara Municipal de Santarém. Foi efetuada uma extensa revisão bibliográfica sobre a espécie, avaliada a extensão atual da invasão no rio Alviela (c. 6,3 km lineares, 2 ha) e estudada a evolução espaço-temporal das manchas de jacinto aquático desde 1995 através de ferramentas de deteção remota, bem como as causas da invasão. Observou-se um aumento exponencial da área ocupada por jacinto-aquático ao longo do tempo. O plano é constituído por 18 ações distribuídas por sete fases.

Palavras-chave: Plantas aquáticas invasoras; gestão fluvial; *Eichhornia crassipes*; rio Alviela

Abstract

Title: Weed management plan for water hyacinth in the Alviela river (Santarém, Portugal)

Alien plants modify ecosystems functioning, destroy habitats and decrease native biodiversity. Water hyacinth is the most threatening invasive alien species in freshwater ecosystems of the world. Portugal has had a history of biological invasions by water hyacinth for the last 80 years. This work aims to develop a management plan for water hyacinth in a river of central Portugal that will be implemented by the Municipality of Santarém. An extensive bibliographical review was conducted about the species, as well as an evaluation of the current existing infestation in the Alviela river (6,3 km linearly, 2 ha) and an assessment of the spatio-temporal evolution of water hyacinth mats since 1995 with remote sensing tools. Causes of the invasion were also assessed. The results showed an exponential increase in the total area occupied by water hyacinth along the period assessed. This plan contemplates 18 interventions divided by 7 main stages.

Keywords: Invasive aquatic plants; fluvial management; *Eichhornia crassipes*; Alviela river

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de quadros.....	ix
Lista abreviaturas.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. ÁREA DE ESTUDO	3
3. ESTUDO DA INVASÃO POR JACINTO-AQUÁTICO	6
3.1. Jacinto-aquático: biologia, impactos e métodos de controlo	6
3.1.1. Biologia e ecologia.....	6
3.1.2. Distribuição do jacinto-aquático	9
3.1.3. Métodos de controlo	11
3.1.4. Impactos causados pelas invasões de jacinto-aquático.....	18
3.2. Instrumentos legislativos	21
3.3. Valorização, aproveitamento e encaminhamento da biomassa removida.....	23
4. CARACTERIZAÇÃO DA INVASÃO NO RIO ALVIELA.....	30
4.1. Historial de estabelecimento e invasão do jacinto-aquático.....	30
4.1.1. Metodologia	30
4.1.2. Análise dos dados e resultados	32
4.2. Inquéritos de perceção do público relativo ao jacinto-aquático.....	39
4.3. Causas da invasão.....	40
5. PLANEAMENTO DA GESTÃO DAS INVASÕES	43
5.1. Fase PRE - Ações de gestão já efetuadas na BHA.....	46
5.2. Fase INFO - Recolha de INFORmação sobre o estado de invasão dos troços a intervencionar.....	48
5.3. Fase CONT - Plano de CONTrolo e CONTenção	48
5.4. Fase MONIT - Plano de MONITorização, vigilância e prevenção	50
5.5. Fase DEPUR - Implementação do sistema de DEPURação de água	52

5.6. Fase VALOR - Aproveitamento, VALORização e encaminhamento do material removido	54
5.7. Fase PREVEN - PREVENção e sensibilização.....	55
5.8. Cronograma das ações realizadas e a realizar no Plano de gestão do jacinto-aquático na BHA	57
6. CONCLUSÕES	58
7. REFERÊNCIAS.....	60
8. ANEXOS	75

Índice de figuras

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Alviela em Portugal Continental e na Bacia Hidrográfica do Rio Tejo e respetiva distribuição administrativa.....	4
Figura 2: Bacia hidrográfica do rio Alviela, mostrando a altimetria, os tributários, principais povoações (Retirado de SNIRH).....	5
Figura 3: Plantas de jacinto-aquático mostrando a inflorescência e os pecíolos intumescidos (à esquerda) e pecíolos alongados em áreas muito invadidas (à direita); exemplares recolhidos no rio Alviela em agosto de 2019.....	8
Figura 4: Invasão de jacinto-aquático ocupando toda a superfície de água do rio Alviela (à esquerda); onde também se estabelece junto às margens do rio (à direita).	9
Figura 5: Distribuição de jacinto-aquático na Europa (Mapa de Guillaume Fried, em Coetzee <i>et al.</i> , 2017).....	10
Figura 6: Remoção mecânica do jacinto-aquático a partir da margem utilizando a máquina giratória (esquerda – rio Sorraia; setembro 2019) e no leito da massa de água recorrendo a uma ceifeira-aquática (direita – Fotografia: Câmara Municipal de Águeda; Pateira de Fermentelos).	12
Figura 7: Localização da área de estudo com indicação das principais povoações ribeirinhas e definição dos troços de amostragem utilizados no estudo de deteção remota de jacinto-aquático	32
Figura 8: Mapa das manchas de jacinto-aquático num troço do rio Alviela (2015), digitalização pelos serviços <i>websig</i> da CMS.	34
Figura 9: Caixa-de-bigodes da área das manchas (m ²) de jacinto-aquático, na zona intermédia, em cada data. O símbolo * indica valores extremos e a linha indica a mediana dos valores.	35
Figura 10: Evolução da área total (m ²) ocupada por jacinto-aquático relativos aos ortofotomapas da CMS.....	36
Figura 11: Exemplo de delimitação de manchas de jacinto-aquático sobre ortofotomapa (Google Earth Pro, agosto de 2018).	37

Figura 12: Caixas-de-bigodes da área das manchas (m ²) para cada zona do rio para os anos de 2016, 2018 e 2019. O símbolo * representa os valores extremos e alinha a mediana dos valores.	38
Figura 13: a) Caixas-de-bigodes da área das manchas (m ²) em todas as zonas e nas datas disponíveis b) evolução da área (m ²) ocupada por jacinto-aquático em todas as datas analisadas (dados Google Earth Pro). O símbolo * representa os valores extremos.	39
Figura 14: Resultados antes (à esquerda) e após (à direita) a primeira intervenção da CMS, na foz do rio Alviela.	46
Figura 15: Trabalhos de remoção de jacinto-aquático no rio Alviela com recurso a embarcações (à esquerda) e manualmente com a ajuda de voluntários (à direita).	47
Figura 16: Resultado antes (à esquerda) e após (à direita) a segunda intervenção da CMS, na Enseada, no rio Alviela.....	47

Índice de quadros

Quadro 1: Parâmetros responsáveis pela classificação da qualidade da água nas estações da Rede de Monitorização da Qualidade da Água do Rio Alviela, nos anos para os quais existem dados disponíveis no SNIRH.	43
Quadro 2: Resumo das sete fases e respetivas ações do Plano de gestão do jacinto-aquático na Bacia Hidrográfica do rio Alviela	45
Quadro 3: Cronograma de atividades executadas e a executar (A) no Plano de gestão das infestações por jacinto-aquático no rio Alviela.....	57

Lista abreviaturas

ANOVA – Análise de variância

APA – Agência Portuguesa de Ambiente

ARH – Administração da Região Hidrográfica

BHA – Bacia Hidrográfica do Alviela

CMS – Câmara Municipal de Santarém

DGAV – Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

DGT – Direção Geral do Território

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ICNF – Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas

IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza

PGBH – Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica

PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

UE – União Europeia

1. INTRODUÇÃO

As espécies exóticas são organismos que estão presentes fora do seu espectro geográfico natural e a sua presença ocorreu em resultado das atividades humanas de forma voluntária ou acidental. Estas espécies tornam-se invasoras num determinado local ou região quando se naturalizam, têm capacidade de produzir descendência em números significativos e quando ocorrem em locais muito distantes da planta inicial, tendo potencial para ocupar vastas áreas. Estas plantas colonizam gradualmente locais anteriormente ocupados por espécies nativas, contribuem negativamente para a biodiversidade nativa e modificam a estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Aguiar & Ferreira, 2013). São consideradas uma das principais causas da perda de biodiversidade causando impactos ecológicos, económicos e nos serviços dos ecossistemas (MEA, 2005).

Em Portugal são descritas 772 taxa de plantas vasculares exóticas naturalizadas (espécies, subespécies, variedades, híbridos) que representam mais de 20% de toda a flora portuguesa (Almeida, 2018). No entanto, apenas dez espécies são consideradas, geralmente, como tendo potencial invasor em ecossistemas fluviais e ribeirinhos (Aguiar & Ferreira, 2013). De entre estas espécies, destaca-se o jacinto-aquático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), cujo primeiro registo data de 1939 (Moreira *et al.*, 1999c). Este macrófito está entre as espécies invasoras com maior distribuição e que mais impactos negativos causa tanto a nível nacional como a nível mundial (Catarino *et al.*, 2001). Segundo a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) o jacinto-aquático está entre as 100 espécies invasoras mais agressivas (Téllez *et al.*, 2008) e é reconhecido como estando no grupo das dez piores espécies infestantes no mundo (Patel, 2012). Na União Europeia (UE), tem o estatuto de espécie invasora preocupante (Regulamento (EU) n.º 1143/2014 de 22 de outubro) e em Portugal os impactos que a espécie causa são reconhecidos oficialmente desde 1974, quando foi publicada uma lei específica para esta espécie, que estabeleceu regras para a sua posse, transporte e comercialização (Dec-Lei n.º 165/74 de 22 de abril). Posteriormente, em 1999, o jacinto-aquático foi reconhecido como espécie exótica de carácter invasor inserida na lista “Espécies Introduzidas em Portugal Continental” (Anexo I do Dec-Lei n.º 565/99 de 21 de dezembro), posteriormente validada em 2019 (Anexo II do Dec-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho).

O jacinto-aquático é uma planta que tem grande aptidão para competir com as espécies aquáticas nativas, possui uma taxa de crescimento elevada aliada a uma rápida capacidade de propagação. Estas características resultam num enorme potencial para produção de biomassa e para a ocupação de extensas superfícies das massas de água, o que leva à diminuição da disponibilidade de habitats para outras espécies, interfere com as várias formas de uso e de gestão dos recursos hídricos, sendo muito difícil de erradicar de uma determinada área (Villamagna & Murphy, 2010; Yan *et al.*, 2017). Em contrapartida, os seus atributos criam um paradoxo de sustentabilidade ambiental, uma vez que também lhe

conferem um potencial hiper-acumulador bastante adequado para a depuração de águas contaminadas, removendo nutrientes como fósforo e azoto e outras substâncias como fenóis e metais pesados (Guereña *et al.*, 2015; Jones *et al.*, 2018a; Macário *et al.*, 2018).

As perdas económicas associadas à gestão e ao controlo são na ordem dos milhões de euros (Wise *et al.*, 2007). A título de exemplo, as medidas do Governo de Espanha para controlar uma infestação de 75 km de jacinto-aquático no rio Guadiana obrigaram a despender elevados recursos financeiros. Na remoção de 200 000 toneladas de jacinto-aquático, durante o período de 2005 e 2008, foram gastos cerca de 14,7 milhões de euros (Cifuentes *et al.*, 2007). Os impactos económicos diretos causados pelo jacinto-aquático no Lago Victoria (África Oriental), numa área onde habitam cerca de 30 milhões de pessoas, são estimados em 350 milhões de dólares anuais (Guereña *et al.*, 2015). Em Portugal, na Pateira de Fermentelos, o Município de Águeda, responsável pela gestão do jacinto-aquático numa lagoa natural, gastou entre 2006 e 2008, cerca de 278 000 euros para adquirir uma ceifeira-aquática e realizar o controlo mecânico (Laranjeira & Nadais, 2008). Na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira, Portugal, durante 1999 e 2004, o uso de metodologias combinadas (métodos mecânicos e químicos) permitiu atenuar substancialmente os custos de controlo do jacinto-aquático. Nos primeiros dois anos o uso de máquinas para remover a plantas teve um custo superior a 150 000 euros/ano. A partir do quarto ano de gestão, incluindo o controlo mecânico e a aplicação de fitoquímicos, os custos para remover o jacinto-aquático foram inferiores a 50 mil euros por ano. Durante todo este período foram gastos mais de meio milhão de euros (Monteiro *et al.*, 2003; Moreira *et al.*, 2005). Tendo em conta estes exemplos, o modo atual de controlar as invasões de jacinto-aquático deverá integrar vários métodos, e criar uma cadeia de valor dos resíduos gerados nas ações de remoção e controlo, com a utilização da planta para aplicações úteis. Assim, numa perspetiva integrada deverá ser realizado o controlo da propagação da planta e utilizar as potencialidades desta planta na produção de energia, na melhoria da qualidade do solo, e estudar a possibilidade de integração da planta em sistemas de tratamento de águas residuais ou em rações para o gado. A remoção deste macrófito de uma forma sustentada oferece, deste modo, uma oportunidade para uso de biomassa bem como o controlo de nutrientes em águas eutróficas.

O historial de poluição do rio Alviela é uma situação conhecida desde meados do século XX. Tendo já sido considerado um rio “morto” e um dos rios mais poluídos em Portugal, o passivo ambiental da bacia do Alviela é resultado da indústria de curtumes altamente poluente, da industrialização que ocorreu ao longo das suas margens e das descargas de esgotos, sem qualquer tratamento, que transformou este ecossistema num extenso coletor a céu aberto. Entretanto, foram-se instalando várias suiniculturas, vacarias e aviários que contribuíram para a degradação deste ecossistema. Os fenómenos de poluição extrema impediram o desenvolvimento das populações locais residentes e ribeirinhas. Os impactos da

poluição nunca foram contabilizados quer ao nível da saúde pública, quer ambientais, quer a nível social, no entanto o uso da água para agricultura foi inviabilizado e foram descritos fortes odores no curso de água, ocorrência de diarreias e gastroenterites nas populações ribeirinhas (Fernandes, 2004). Esta situação levou à criação de diversos movimentos cívicos de contestação relativamente ao estado de poluição do rio Alviela. Os impactos nos recursos hidrológicos e na biodiversidade são também incalculáveis. Ao longo do tempo foram empenhados esforços para mitigar o problema ambiental na bacia do Alviela, nomeadamente na construção da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Alcanena, e mais tarde, na melhoria da eficiência no tratamento de efluentes domésticos e industriais. Apesar de tudo, atualmente ainda há fenómenos de poluição provenientes das indústrias dos curtumes, suiniculturas e aviários instalados ao longo do rio, que poderão ter contribuído para o aumento da área invadida por jacinto-aquático.

Com o aparecimento e propagação de populações de jacinto-aquático tem-se verificado a existência de grandes mantos desta espécie ao longo da foz do rio Alviela, que por vezes cobre a totalidade da superfície da água. Neste sentido, conhecer a sua distribuição espacial é essencial para poder avaliar a evolução das comunidades e conseqüentemente tomar medidas, de forma a minimizar ou evitar a ocorrência de situações que possam ser mais prejudiciais ao ecossistema fluvial, nomeadamente a acumulação excessiva de biomassa e a conseqüente diminuição da concentração de oxigénio na água. Neste contexto, foi realizado o presente trabalho na área da Bacia Hidrográfica do rio Alviela (BHA), distrito de Santarém, com o apoio da Câmara Municipal de Santarém (CMS). Os principais objetivos são: i) o reconhecimento do estado da invasão por jacinto-aquático no rio Alviela e avaliação da situação atual através da quantificação das áreas invadidas pela espécie; ii) identificar uma relação causal da invasão de jacinto-aquático e dos fatores influentes de forma a enquadrar um planeamento de controlo e gestão da espécie; iii) elaboração de um planeamento adequado para a remoção do jacinto-aquático e controlo da espécie no rio Alviela.

2. ÁREA DE ESTUDO

O rio Alviela é um dos principais afluentes do rio Tejo, enquadrado na região central de Portugal (Figura 1). O rio nasce na Serra da Mendiga, na freguesia de Mendiga, Concelho de Alcanena e desagua na margem direita do rio Tejo, junto a Vale Figueira, no Concelho de Santarém. O rio é partilhado pelos distritos de Santarém e Leiria e no seu percurso, com cerca de 40 km, o rio Alviela atravessa parte dos Concelhos de Alcanena, Porto de Mós, Santarém e Torres Novas e uma pequena área na Golegã.

Os Concelhos de Santarém e Alcanena ocupam 74% da área territorial da BHA, localizando-se nestes Concelhos as atividades económicas mais relevantes da BHA e os principais aglomerados populacionais. A área do Concelho de Porto de Mós que integra a

BHA pertence ao Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, e está associada principalmente ao uso florestal. Quanto aos Concelhos da Golegã e Torres Novas ocupam uma área pouco significativa desta bacia.

A Bacia Hidrográfica do Alviela (Figura 2) ocupa uma área total de cerca de 333 km² e tem um escoamento médio anual de 3,8 m³/s (SNIRH, acedido em 21 de setembro de 2019). A rede hidrográfica do rio Alviela tem como principais tributários a ribeira Almajões, a ribeira de Pernes e ribeira da Murteira na margem direita e a vala de Rimeira, a ribeira dos Amiais, a ribeira da Gouxaria, a ribeira de Bugalhos, a ribeira do Carvalho e a ribeira da Milheirada na sua margem esquerda.

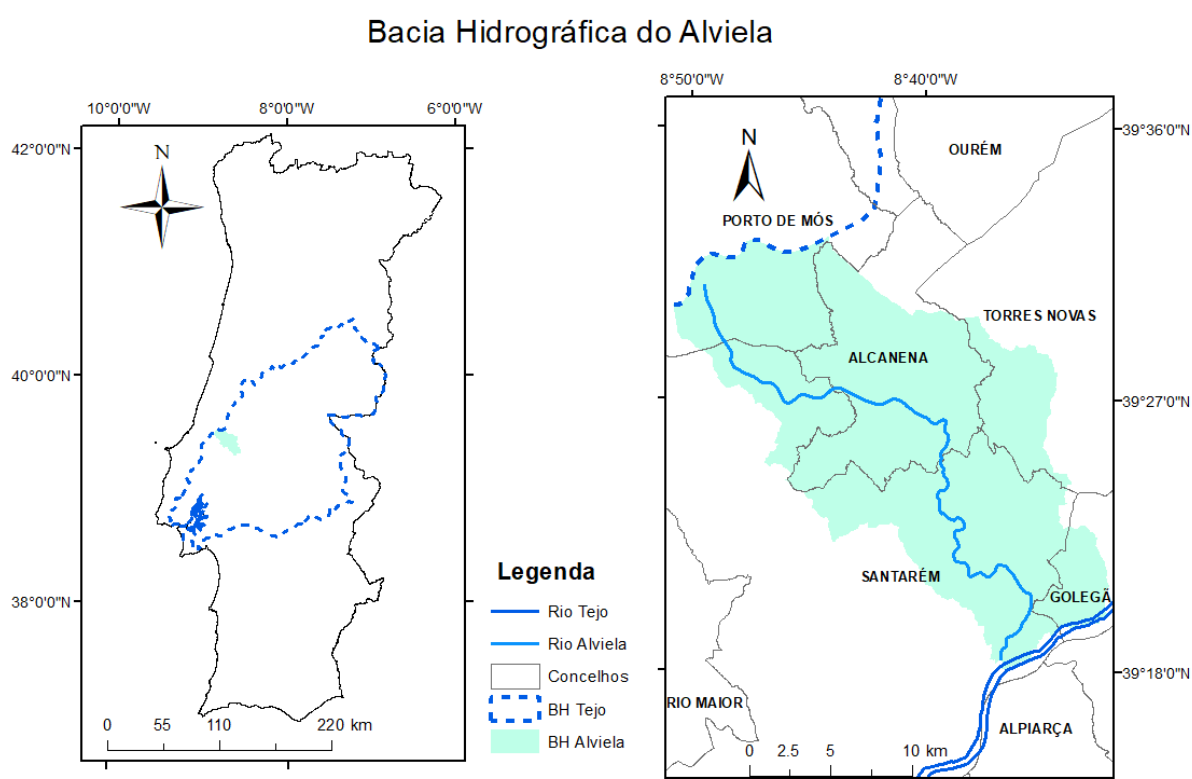


FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALVIELA EM PORTUGAL CONTINENTAL E NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TEJO E RESPECTIVA DISTRIBUIÇÃO ADMINISTRATIVA.

A sua nascente cársica, com grande valor geológico, está situada entre o Maciço Calcário Estremenho e a Bacia Terciária do Baixo Tejo, local conhecido como Olhos de Água. A sua bacia de alimentação estende-se ao longo de 180 km², onde a água escava uma complexa rede subterrânea de grutas por onde circula até chegar à nascente. A geologia da bacia do Alviela é constituída principalmente por rochas calcárias fraturadas nos cursos iniciais, que contribuem para a escorrência subterrânea, nomeadamente calcários mais ou menos margosos, margas e argilas em proporções variáveis. Em contrapartida, os cursos finais do rio são constituídos por rochas arenosas recentes onde predominam as areias,

Os principais povoamentos na BHA são Alcanena, Louriceira, Pernes, São Vicente do Paúl e Vaqueiros (Figura 2). Da análise global da área constata-se que esta se encontra inserida em espaço predominantemente rural, onde se destaca o uso natural, agrícola e florestal. A bacia hidrográfica é composta, a montante, pela paisagem acidentada da Serra de Aire e Candeeiros e por planícies e elevações suaves a jusante.

Relativamente ao uso e ocupação do solo destacam-se as atividades agrícolas seguindo-se o uso florestal. As áreas agrícolas são essencialmente ocupadas por culturas permanentes, sobretudo por olivais, áreas agrícolas heterogéneas e culturas anuais de sequeiro e regadio. O número de culturas agrícolas é bastante elevado neste território, situadas em quintas, hortas e pequenas instalações de produção agrícola, designados por sistemas culturais e parcelares complexos. A área florestal é dominada por folhosas (sobreiro, azinheira, castanheiro, carvalhos, eucalipto), enquanto a floresta de resinosas e os povoamentos mistos são reduzidos. É de assinalar a ocorrência de zonas de vegetação arbustiva ou herbácea, sobretudo esclerofítica (esteval e carrascal). As áreas de menor expressão são as áreas artificializadas urbanas, compreendem pequenos aglomerados populacionais formados por vilas, aldeias ou tecido urbano descontínuo, indústria, equipamentos, rede viária e áreas de extração mineira (CMA, 2014; CMS, 2014).

As zonas florestais nomeadamente as florestas de folhosas e vegetação arbustiva e herbácea ocupam a parte norte e oeste da BHA preenchendo o norte do Concelho de Santarém (Arneiro das Milhariças e Alcanede), o Concelho de Alcanena (Espinheiro e Louriceira) e de Porto Mós (Mendiga e S. Bento). As zonas agrícolas localizam-se maioritariamente na zona centro e sul da BHA, junto às margens do rio Alviela, abrangendo os Concelhos de Santarém, Golegã, Alcanena e Torres Novas (CMA, 2014; CMS, 2014).

3. ESTUDO DA INVASÃO POR JACINTO-AQUÁTICO

3.1. Jacinto-aquático: biologia, impactos e métodos de controlo

3.1.1. Biologia e ecologia

O jacinto-aquático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) é uma planta aquática monocotiledónea, pertencente à família *Pontederiaceae*, originária da América do Sul, região da Amazónia, Brasil. É uma planta vivaz, rizomatosa ou estolhosa, flutuante que, por vezes, se encontra ancorada às margens, mas sem qualquer conexão ao substrato, embora possa sobreviver nas margens dos rios em lamas com humidade constante nos períodos mais secos. Possui 6-10 folhas aéreas dispostas em rosetas basais, limbo até 5 cm de comprimento, romboidal e quase orbicular. Pecíolos de comprimento variado dependendo da dimensão das populações: alongados (até 1 m) em áreas muito infestadas, e pecíolos mais curtos (< 30 cm) e intumescidos na metade inferior, em áreas com menores densidades

populacionais (Figura 3). A inflorescência é uma espiga com cerca de 15 cm de comprimento com 8 a 12 flores. Produz flores hermafroditas com 5 a 7 cm de diâmetro, segmento do perianto, azul-violáceo, unidos na base, o superior com uma mancha amarela no centro. As flores produzem uma grande quantidade de sementes que podem permanecer viáveis até 20 anos na sua área de origem. O fruto é revestido pelo perianto (Gopal, 1987; Coetzee *et al.*, 2017).

O jacinto-aquático pode reproduzir-se sexualmente, através da produção de flores e sementes ou vegetativamente, produzindo estolhos na base dos pecíolos. Ambas as formas de propagação são caracterizadas por possuírem um elevado potencial para a produção de um grande número de indivíduos num curto período de tempo (Barret, 1980). A germinação das sementes requer condições ambientais complexas em ecossistemas naturais (Yan & Guo, 2017). A falta de polinizadores pode ser um fator limitante para o desenvolvimento de sementes, apesar de as abelhas do mel (*Apis mellifera*) polinizarem as flores de jacinto-aquático (Téllez *et al.*, 2008). O sucesso da germinação e estabelecimento de novas plantas de jacinto-aquático é facilitado por temperaturas entre 28-36°C, disponibilidade solar, condições aeróbicas, águas pouco profundas ou solos saturados. Estas sementes podem germinar imediatamente ou permanecer no seu estado de latência (Barret, 1980; Sullivan & Wood, 2012; Coetzee *et al.*, 2017). Em Portugal não se conhecem estudos que relatem a reprodução do jacinto-aquático por via seminal em meio natural. Contudo, Pérez *et al.* (2015) num trabalho de investigação, recolheu sementes da infestante na Ribeira da Comporta, Portugal, e verificou o sucesso da germinação das sementes com uma taxa de 95,5%, em condições laboratoriais. Téllez *et al.* (2008) menciona também que a espécie também se propaga por reprodução sexuada na bacia do Guadiana, em Espanha. No entanto, a principal forma do jacinto-aquático aumentar a sua população ocorre, maioritariamente, por reprodução vegetativa a partir de estolhos que se separam da planta mãe formando novas plantas ou a partir de pequenos fragmentos (Verma *et al.*, 2003; EPPO, 2008). As populações aumentam rapidamente dispersando novas plantas, e em condições adequadas, podem duplicar o número de indivíduos num período de uma a três semanas (Gopal 1987; EPPO, 2008). A ação da corrente promove a dispersão deste macrófito que é considerada a principal forma de dispersão da espécie, embora seja, também, facilitado pelo vento (Coetzee *et al.*, 2017).

A variabilidade fenológica do jacinto-aquático é uma adaptação específica ao ambiente para uma colonização e invasão bem-sucedida num determinado habitat. Quando existe espaço disponível, esta planta expande-se horizontalmente ao longo da superfície da massa de água produzindo o maior número de novas gerações, maximizando a disponibilidade de luz e nutrientes. Por outro lado, quando o espaço é escasso e a densidade deste macrófito aumenta, os indivíduos tendem a crescer na vertical para acumular nutrientes e energia nas suas folhas e pecíolos, competindo pela luz (Figura 4) (Yan & Guo, 2017).



FIGURA 3: PLANTAS DE JACINTO-AQUÁTICO MOSTRANDO A INFLORESCÊNCIA E OS PECÍOLOS INTUMESCIDOS (À ESQUERDA) E PECÍOLOS ALONGADOS EM ÁREAS MUITO INVADIDAS (À DIREITA); EXEMPLARES RECOLHIDOS NO RIO ALVIELA EM AGOSTO DE 2019.

O jacinto-aquático coloniza sobretudo águas lânticas, ou seja, sem movimento da corrente ou com velocidade de corrente bastante reduzida, resultando muito frequentemente numa espessa e extensa cobertura monospecífica da superfície da água. Em Portugal, a sua proliferação é associada ao elevado grau de eutrofização dos habitats aquáticos (Moreira *et al.*, 2002), preferindo as albufeiras, lagoas, pauis, cursos de água de áreas urbanas, canais de irrigação, valas de drenagem para colonizar (Catarino *et al.*, 2001). Esta planta tolera grandes flutuações do nível de água e diferentes períodos sazonais, é capaz de resistir a diferentes velocidades de corrente, pH, temperatura, radiação solar, concentração de nutrientes e substâncias tóxicas, embora não tolere águas salobras e salgadas (Gopal, 1987; EPPO, 2008). Estes parâmetros físico-químicos influenciam a sua taxa crescimento e o sucesso da sua invasão.

Em Portugal, a época de maior crescimento do jacinto-aquático ocorre a partir do início da primavera, altura de maior disponibilidade solar e quando as temperaturas começam a subir. As condições ideais para este crescimento incluem valores neutros a ligeiramente básicos de pH, entre pH6 e pH8 (Malik, 2007), contudo a espécie consegue tolerar valores entre pH4 e pH10 (Methy *et al.*, 1990; EPPO, 2008). A espécie prospera em águas com diferentes concentrações de nutrientes, porém, as taxas de crescimento do jacinto-aquático estão diretamente associadas a elevadas concentrações de nutrientes do meio aquático, principalmente azoto e fósforo, estando a sua presença relacionada com ambientes eutrofizados. A distribuição geográfica do jacinto-aquático é fortemente condicionada pela temperatura (Gopal, 1987; Yan *et al.*, 2017), as condições ótimas de crescimento ocorrem a

temperaturas na ordem dos 28-30°C. Por outro lado, quando a temperatura baixa os 10°C o crescimento é cessado, abaixo de 5°C resulta na morte da planta e superiores a 34°C produz stress na planta e o seu crescimento é condicionado. Níveis de salinidade superiores a 20-25% condicionam o seu crescimento (Muramoto *et al.*, 1991). Os fatores climáticos e as condições da água são as variáveis mais importantes para o crescimento e reprodução do jacinto-aquático, isto é, a concentração em nutrientes e a temperatura da água que, conseqüentemente, são estas variáveis que determinam se o jacinto-aquático poderá vir a ser um problema ambiental num determinado local (Wilson *et al.*, 2005).



FIGURA 4: INVASÃO DE JACINTO-AQUÁTICO OCUPANDO TODA A SUPERFÍCIE DE ÁGUA DO RIO ALVIELA (À ESQUERDA); ONDE TAMBÉM SE ESTABELECE JUNTO ÀS MARGENS DO RIO (À DIREITA).

3.1.2. Distribuição do jacinto-aquático

O jacinto-aquático está presente em todos os continentes exceto a Antártida. A distribuição atual do jacinto-aquático no mundo é entre 40°N (Portugal) e 40°S (Nova Zelândia) e ocorre abundantemente em massas de água de países de clima tropical (Center *et al.*, 2002; Coetzee *et al.*, 2009; 2017). A planta foi cultivada em diversos países da Europa, inclusive em Portugal, onde se naturalizou tendo constituído populações subespontâneas (Moreira *et al.*, 1999c). As suas flores vistosas tornaram esta planta muito apreciada e o seu valor ornamental levou à sua dispersão por todo o mundo, tendo-se naturalizado em mais de cinquenta países da África, América Central, Ásia, Austrália, Europa, Nova Zelândia (Yan *et al.*, 2017). Na Europa foi amplamente utilizada em lagos e jardins e apesar dos países do sul serem mais afetados, esta planta está espalhada um pouco por todo o continente Europeu (Figura 5).

Em Portugal, o primeiro avistamento ocorreu em 1939 na Herdade do Rio Frio e charcos de Fernão Ferro (Moreira *et al.*, 1999c) e documentado por Guerreiro (1976). A rápida expansão da área ocupada por esta planta levou à criação de um grupo de trabalho em 1970 pela Secretaria de Estado da Agricultura no sentido de introduzir medidas para conter a sua disseminação. Uma das medidas mais importantes que resultou da ação deste grupo foi a

redação e publicação do Decreto-Lei n.º 165/74 de 22 de abril que reconheceu o jacinto-aquático uma ameaça aos ecossistemas aquáticos dados os seus impactos causados, proibindo qualquer utilização associada a esta espécie (Moreira *et al.*, 1999c).

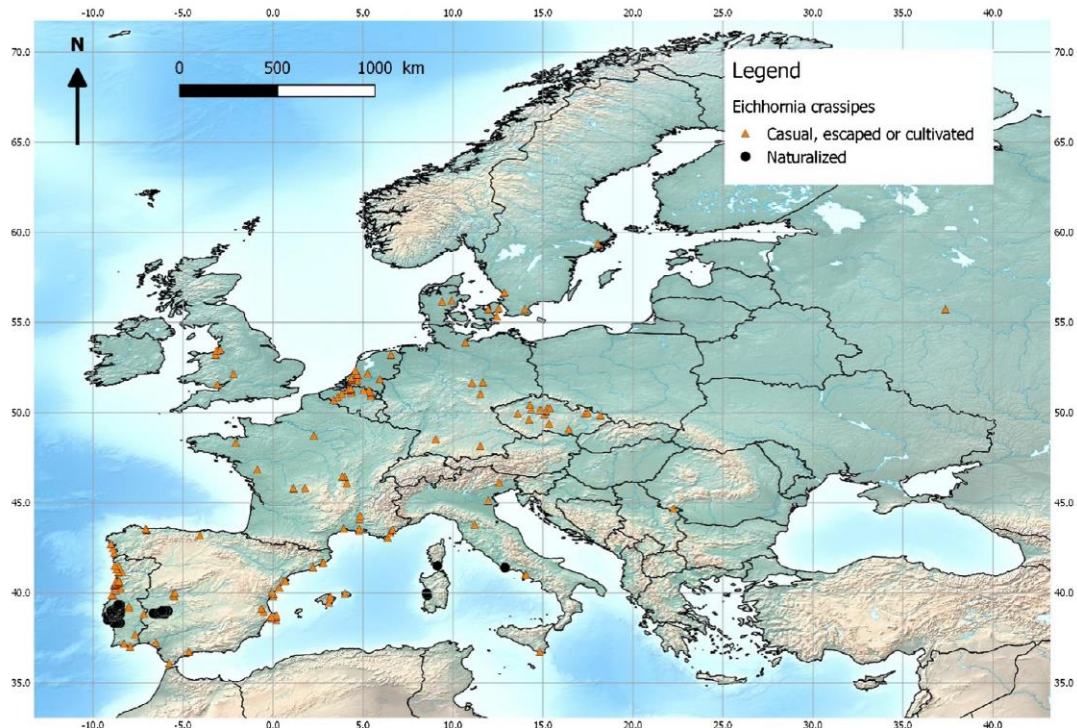


FIGURA 5: DISTRIBUIÇÃO DE JACINTO-AQUÁTICO NA EUROPA (MAPA DE GUILLAUME FRIED, EM COETZEE *ET AL.*, 2017).

A partir da década de 70, as valas de regadio do vale do Tejo foram infestadas por este macrófito que chegou a cobrir uma área significativa do rio Tejo, a montante da barragem Belver (Moreira *et al.*, 1999c). O jacinto-aquático causou, também, graves problemas em sistemas naturais ou pouco modificados e áreas protegidas como a Reserva do Paúl do Boquilobo onde as extensas áreas cobertas por esta planta causaram graves impactos nas populações de espécies de aves migradoras, mas também noutras plantas e no ecossistema em geral. Nas zonas adjacentes do Paúl, as cheias em 1996 levaram à dispersão desta planta invasora até Alverca da Golegã. Outro caso ocorreu na Pateira de Fermentelos onde a presença do jacinto-aquático se tornou um problema. Situada no curso final do rio Vouga e integrada na Zona de Proteção Especial “Ria de Aveiro”, é considerada a maior lagoa dulçaquícolas da Península Ibérica, e foram necessárias várias ações de controlo e limpeza. Em 2006, o jacinto-aquático ocupava cerca de 50% da superfície desta lagoa e foram removidos aproximadamente 15.500 m³ de biomassa (Laranjeiro & Nadais, 2008). Em valas de drenagem do Ribatejo esta planta infestava largas dezenas de quilómetros e obrigou a dispendiosas ações de limpeza, é o exemplo da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira (Monteiro *et al.*, 2003) e atualmente em troços do rio do Sorraia. O controlo do jacinto-aquático

tem sido uma das grandes preocupações da Associação de Beneficiários da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira que levou à celebração de um protocolo com o Instituto Superior de Agronomia. Este acordo traduz-se no auxílio técnico-científico para o controlo da espécie e que neste momento dispõe de uma equipa que, permanentemente, procede ao controlo e monitorização das infestantes ao qual se considera com um estatuto de controlada localmente (Ana Monteiro, comunicação pessoal). Atualmente, a distribuição da espécie em sistemas aquáticos em Portugal ocorre em zonas baixas do Ribatejo, Oeste, Beira Litoral, Estremadura, Douro Litoral, Alto Alentejo e também no arquipélago dos Açores.

3.1.3. Métodos de controlo

Para a gestão adequada das plantas aquáticas infestantes é necessário a utilização de critérios que integrem dados relacionados com a forma como cada espécie se comporta e interage com o meio envolvente, ou seja, é necessário compreender a sua bioecologia. O controlo integrado de uma espécie invasora exige um planeamento que inclua a área ocupada pela espécie, a identificação das causas da invasão, a avaliação dos impactes, definição das prioridades de intervenção, a seleção da metodologia de controlo ou combinação de metodologias específicas para o local e ainda um acompanhamento da eficácia das metodologias (Yigermal & Assefa, 2019).

Os métodos de controlo de plantas aquáticas podem dividir-se em métodos físicos, biológicos e químicos, para além de métodos preventivos, como é exemplo a redução de nutrientes numa determinada área (GISD, 2006). Cada método tem os seus próprios benefícios e desvantagens e geralmente uma integração de vários métodos, atendendo às condições ambientais específicas, é mais eficaz que o uso de um único método.

Para o controlo eficaz do jacinto-aquático a remoção da biomassa terá de ser mais rápida que a sua taxa de reprodução/propagação vegetativa. Os métodos existentes têm sido, muitas vezes, insuficientes para conter a propagação deste macrófito. Apesar de investimentos substanciais para o controlo do jacinto-aquático a taxa de sucesso é bastante reduzida devido à falta de políticas continuadas no tempo e por falta de apoios técnicos dos decisores políticos (Mujere, 2016).

3.1.3.1. Controlo físico

Um dos métodos mais utilizados para a gestão de invasões por jacinto-aquático é o método físico mecânico e manual (Villamagna & Murphy, 2010; Coetzee *et al.*, 2017). A remoção manual das plantas é um método simples, que utiliza instrumentos agrícolas (ex. ancinhos) (Westlake & Dawson, 1982), contudo é um método bastante exigente em termos de esforço, sendo mais adequado em pequenas infestações (Coetzee *et al.*, 2017). A colheita

manual do jacinto-aquático é aconselhada na fase inicial de uma infestação quando a utilização de máquinas ainda não é plausível e por isso, é mais frequente ser utilizado em planos integrados de gestão de infestantes (Hussner *et al.*, 2017).

Os equipamentos mecânicos são distinguidos por aqueles que trabalham a partir das margens e, frequentemente, estão acoplados a máquinas agrícolas (ex. tratores, escavadoras, Figura 6) e aqueles que trabalham no leito da massa de água (ex. ceifeira-aquática, Figura 6). A biomassa é colhida, removida e, se possível, valorizada através de várias formas de uso. Esta remoção é essencial para evitar a perda da qualidade da água, pela decomposição da matéria vegetal e para impedir possíveis dispersões de fragmentos que podem causar novas infestações noutros locais.



FIGURA 6: REMOÇÃO MECÂNICA DO JACINTO-AQUÁTICO A PARTIR DA MARGEM UTILIZANDO A MÁQUINA GIRATÓRIA (ESQUERDA – RIO SORRAIA; SETEMBRO 2019) E NO LEITO DA MASSA DE ÁGUA RECORRENDO A UMA CEIFEIRA-AQUÁTICA (DIREITA – FOTOGRAFIA: CÂMARA MUNICIPAL DE ÁGUEDA; PATEIRA DE FERMENTELOS).

Os métodos físicos não são igualmente eficazes nem indicados em todos os casos e é necessário ter em conta o retorno da infestação a curto ou médio prazo, porém, é a metodologia mais aconselhável para iniciar o controlo quando as áreas invadidas são muito extensas e aquela mais largamente utilizada em Portugal (Moreira *et al.*, 1999a; 1999b) e na Europa (Hussner *et al.*, 2017). O sucesso das intervenções depende da época do ano em que se realizam as operações de remoção das plantas (Moreira *et al.*, 1998).

Aliado aos processos mecânicos existem também aspetos negativos. Quer a elevada taxa de crescimento jacinto-aquático, quer situações de zonas infestadas em áreas remotas constituem grandes desvantagens, limitando a eficácia do controlo e dificulta as acessibilidades das máquinas, respetivamente. Durante os trabalhos de remoção as máquinas podem promover a erosão, danificar plantas e destruir habitats, aumentar a turvação da coluna de água, que pode ser prejudicial para as comunidades piscícolas e diminuir a biodiversidade de outros organismos aquáticos (Murfit & Haslam, 1981; Painter, 1988; Yigermal & Assefa, 2019).

Os principais custos associados às metodologias de controlo mecânico referem-se à aquisição de maquinaria de remoção, veículos de transporte e os custos de operação.

A remoção mecânica permite de forma imediata o uso da água quer para a fauna, fornecendo habitat, quer para as atividades socioeconómicas, e ainda remove de nutrientes em excesso, sendo considerada solução mais eficaz a curto prazo com resultados imediatos sem grandes danos para o ecossistema (Yigermal & Assefa, 2019).

Outras formas de controlo físico das plantas infestantes consistem em manipular o nível de água, alterar a velocidade da corrente, colocação de telas no leito das massas de água ou barreiras de contenção (Hussner *et al.*, 2017).

A manipulação do nível de água tem sido sugerida para executar o controlo dos jacintos-aquáticos. Este método é apropriado em cursos de água artificializados e manipulados pelo Homem. A inundação prolongada dos jacinto-aquáticos é bastante eficaz no controlo da espécie, reduzindo as populações até níveis aceitáveis. Esta medida tem maior eficácia em regiões onde a disponibilidade de água não é um fator limitante (Coetzee *et al.*, 2017; Hussner *et al.*, 2017). A alteração da velocidade da água aumenta a turbidez da água e promove o arrastamento de plantas aquáticas flutuantes (Ochs *et al.*, 2018). A utilização de barreiras flutuantes é uma boa alternativa para conter a população dentro de uma área pequena. A colocação de redes nas entradas das linhas de água secundárias atua como filtro e previne a infestação de fontes exteriores. A utilização de coberturas com telas no leito das massas de água tem um uso restrito, embora em canais artificializados já ter sido utilizado em regadios de Portugal com sucesso (Moreira *et al.*, 1998).

3.1.3.2. Controlo químico

A utilização de herbicidas para o controlo do jacinto-aquático apresenta, de um modo geral, bons resultados no controlo da espécie em diferentes corpos de água (Hussner *et al.*, 2017; Coetzee *et al.*, 2017). A principal vantagem da utilização de fitoquímicos é que não é muito exigente ao nível laboral e é uma opção mais económica relativamente aos meios mecânicos, embora sejam necessárias várias aplicações (GISD, 2006). Devido a essa necessidade, a aplicação de químicos pode ser potencialmente mais dispendiosa que outros métodos (Villamagna & Murphy, 2010). Embora a resolução dos problemas pareça ser mais lenta que os métodos mecânicos, o que poderia ser menos prejudicial para o ecossistema, a aplicação de fitoquímicos tem geralmente, consequências duradouras que põe em risco, a longo prazo, a qualidade da água e a biodiversidade aquática (Patel, 2012). O controlo químico não dispensa a remoção mecânica ou manual das plantas após a aplicação de fitoquímicos sob risco de diminuir a qualidade da água com a decomposição da biomassa morta (Mujere, 2016; Yigermal & Assefa, 2019).

Para mitigar possíveis impactos que advêm da sua aplicação são adequadas as formulações, modos de aplicação, doses para utilização na água e tempos de exposição, consoante os objetivos de gestão, planta alvo e massa de água. Variadas substâncias foram

utilizadas para o combate das infestantes aquáticas, aquelas que têm sido mais utilizadas são o glifosato, diquato e o 2,4-D (Hussner *et al.*, 2017). Em Portugal, de acordo com a Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV, acedido em 1 de outubro de 2019), entidade com competências que respeitam à saúde e proteção animal, sanidade vegetal, o glifosato é a única substância que pode ser utilizada no meio aquático, nomeadamente em valas e canais nas doses adequadas, estando homologada a sua utilização até 2022.

A aplicação de herbicidas na água induz maiores riscos comparativamente a aplicações em ecossistemas terrestres ou em agroecossistemas, pois há maior mobilidade dos produtos residuais. Podem causar sérios problemas se a sua degradação não for rápida, sendo transportados pela corrente até distâncias significativas. O uso excessivo de herbicidas compromete a eficiência do método em aplicações futuras visto que as plantas ganham resistência ao mecanismo de ação da substância ativa. (Malik, 2007; Hussner *et al.*, 2017).

A aplicação de herbicidas é uma técnica não seletiva e os seus impactos variam em função dos locais onde são aplicados, dos modos de aplicação e das substâncias ativas utilizadas. Consideram-se três tipos de consequências primárias que resultam da aplicação de um herbicida num ecossistema: i) a morte das infestantes; ii) a morte de outras plantas e iii) de animais suscetíveis (Mitchell, 1986). A maioria dos efeitos secundários indesejados relacionam-se com a morte de organismos não alvo, resultado da aplicação dos herbicidas e da perda de qualidade da água, aumentando a decomposição de grandes quantidades de biomassa morta, que diminui a quantidade de oxigénio dissolvido (Monteiro, 1989). A aplicação de fitoquímicos induz a necessidade de restrições à utilização da água, e podem produzir grandes impactos socioeconómicos por estes constrangimentos nos usos da água (Villamagna & Murphy, 2010).

Em Portugal, existe um historial de utilizações de herbicidas contra o jacinto-aquático, entre outras infestantes com variadas substâncias ativas durante as décadas de 70 e 80. No início do século XXI, efetuaram-se aplicações de herbicidas em cerca de 17% das valas da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira, que combinadas com remoção mecânica demonstraram uma grande eficácia no controlo do jacinto-aquático (Moreira *et al.*, 2005).

3.1.3.3. Controlo biológico

O controlo biológico consiste na utilização de organismos vivos para fazer decrescer as populações de infestantes aquáticas até níveis aceitáveis. Podem ser consideradas três tipos de métodos (Moreira *et al.*, 1998): i) o uso de organismos seletivos com ação contra uma ou poucas espécies; ii) uso de organismos não seletivos, com ação sobre todas ou quase todas as infestantes e iii) o uso de plantas que compitam com as infestantes para um ou mais fatores de crescimento crítico (Moreira *et al.*, 1998).

Por outro lado, métodos que utilizam organismos seletivos podem-se considerar de duas formas. Os métodos biológicos clássicos, que consistem na introdução de um agente fora do seu habitat de origem, utilizada contra infestantes exóticas, trazendo da sua região nativa um antagonista que não as acompanhou para a região onde foram introduzidas. Os métodos biológicos inundativos, que incrementa as densidades da população de um agente limitante da infestante que pode ocorrer naturalmente na região onde a planta causa problemas (Hussner *et al.*, 2017).

Comparando com outras formas de controlo, a utilização de organismos é, geralmente, de ação mais lenta e mais prolongada no tempo, sendo mais indicada para manutenção das infestantes em densidades reduzidas do que para utilizações de emergência em alturas em que as densidades das plantas são elevadas (Moreira *et al.*, 1998). Na maioria dos casos é recomendado baixar a densidade da população da planta através do controlo químico ou mecânico, antes da utilização de agentes de controlo biológicos (Villamagna & Murphy, 2010). Nos programas de controlo com recurso a agentes biológicos, fatores abióticos como o clima, eventos climáticos extremos ou condições locais do clima condicionam largamente o sucesso ou o falhanço destes programas (Cuda *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2018b). Relativamente a custos das operações utilizando metodologias de controlo biológicas, a sua maioria estão associados à fase de investigação e desenvolvimento que podem ser mais elevados comparativamente aos métodos químicos ou aos meios mecânicos, todavia, a longo prazo, são em geral inferiores sendo considerado o método de controlo com maior custo-eficácia (Ray & Hill, 2016; Yigermal & Assefa, 2019).

Os métodos de controlo biológico parecem não afetar significativamente a qualidade da água, sendo que as zonas das massas de água menos profundas estão mais vulneráveis a efeitos negativos, nomeadamente pelo efeito da decomposição do material vegetativo. É por isso, considerado o método mais sustentável e com menores impactos para o ambiente (Ray & Hill, 2016). Os efeitos a longo prazo do controlo biológico do jacinto-aquático ainda permanece desconhecido, e como qualquer introdução, os agentes biológicos têm um grande potencial para causar efeitos adversos a componentes não alvo do ecossistema (Villamagna & Murphy, 2010). Os efeitos a longo prazo são desconhecidos principalmente porque o financiamento dos programas de controlo biológico do jacinto-aquático incidem principalmente nas fases de avaliação, introdução e estabelecimento dos agentes e não se dá ênfase à monitorização pós-libertação dos agentes (Cuda *et al.*, 2008), como resultado, existe uma falta de informação empírica no estudo dos seus impactos, comparando cenários pré- e pós-libertação (Hajek *et al.*, 2016; Jones *et al.*, 2018b).

Os organismos mais utilizados no controlo biológico contra infestantes aquáticas são artrópodes, fungos e peixes (Moreira *et al.*, 1998).

i) Artrópodes

Atualmente são conhecidas algumas espécies de artrópodes, normalmente insetos, para o controlo de várias espécies invasoras aquáticas. No entanto, os métodos biológicos clássicos com libertação de agentes predadores ou parasitoides exigem trabalho de pesquisa na região de origem da espécie e estudos de especificidade do agente biológico, bem como trabalhos relacionados com quarentena e aclimação no local onde poderá ser introduzido (Moreira *et al.*, 1998).

Relativamente ao controlo do jacinto-aquático, conhecem-se alguns artrópodes que já demonstraram a sua eficácia. É o caso dos gorgulhos das espécies *Neochetina eichhorniae* e *Neochetina bruchi* (Ray & Hill, 2016). Estes coleópteros estão inseridos no espectro geográfico nativo do jacinto-aquático constituindo inimigos naturais. Alimentam-se das suas folhas e dos pecíolos, reduzindo a sua flutuabilidade que leva a acumulação das plantas no fundo da coluna de água. O recurso a métodos biológicos com estes gorgulhos tem sido bastante estudado (Akbay, 1991; Akbay *et al.*, 1991). A utilização destas espécies tem sido uma prática comum em programas de controlo biológico para o jacinto-aquático em diversos países da América, Ásia, África e Oceânia (Coetzee *et al.*, 2017). Outros insetos têm sido utilizados em programas de controlo, é o caso de lepidópteros da espécie *Sameodes albiguttalis* (sin. *Niphograptus albiguttalis*) (Gopal, 1987; Pieterse & Murphy, 1990; Coetzee *et al.*, 2009; Winston *et al.*, 2014). Todavia, tem-se encontrado limitações na ação deste inseto, nomeadamente quando se procede à aplicação de outros métodos como são exemplo os métodos químicos. Quando se trata dos gorgulhos, a largada de densidades elevadas destes agentes tem mostrado que são eficazes em evitar a recolonização de colónias incipientes de jacinto-aquático, relativamente a densidades inferiores, contudo, a largada de números elevados destes insetos mostrou ser difícil a recolhas destes insetos, e tem-se estudado a utilização de semioquímicos para ultrapassar estas dificuldades no controlo das populações de jacinto-aquático (Rebelo, 2012).

Em Portugal, já se realizaram ensaios utilizando estes agentes, relativamente a sua especificidade ao hospedeiro e a metodologias de quarentena (Faustino, 1995a; d'Orey, 1996; Alves, 1994; Faustino, 1995b). Alves (1994) realizou ensaios com cultura de espécies de gorgulho (*Neochetina* spp.) que foram colocadas em plantas mantidas ao ar livre em tanques cobertos por redes. Esta experiência acabou por não ser bem-sucedida, surgindo a hipótese da dificuldade de sobrevivência deste inseto durante o inverno ou do reduzido número de plantas hospedeiras que pode ter inviabilizado a recolonização da população, ou ainda, a idade avançada dos adultos que poderiam já não ter a mesma vitalidade. Por questões legais não foram conduzidos estudos conducentes à produção deste agente biológico para posterior libertação destes coleópteros curculinídeos em meio natural.

ii) Fungos

A utilização de fungos e outros agentes patogénicos podem ser realizados através de métodos biológicos clássicos e do uso de herbicidas microbianos. Na forma clássica, procede-se, de um modo geral, à libertação do patógeno trazido da região de origem da espécie.

Existe uma variedade de fungos com potencial para servir como agente biológicos de controlo ao jacinto-aquático, os géneros que têm sido mais estudados e que demonstram maiores resultados são *Alternaria*, *Cercospora*, *Myrothecium* (Martínez & Gutiérrez, 2001; Mohan *et al.*, 2003; Praveena & Naseema, 2004; Sutton *et al.*, 2016). A espécie *Alternaria alternata* é aquela que mais é descrita e utilizada em programa de controlo biológico tendo já ter sido utilizada um pouco por todo o mundo (El-Morsy, 2004; Ray *et al.*, 2008; Yirefu *et al.*, 2017). Fatores que limitam o sucesso de programas de controlo biológico utilizando micofitocidas estão associados à eutrofização, interação de espécies com o agente biológico, dinâmicas do agente biológico, práticas de gestão, fatores climáticos (Sims-Chilton *et al.*, 2010; Coetzee *et al.*, 2011; Coetzee & Hill, 2012) e ainda, a utilização de herbicidas que sendo não seletivos acabam por reduzir ou mesmo dizimar a população do agente biológico (Center *et al.*, 1999).

O uso de patógenos para controlar o jacinto-aquático não tem tido interesse suficiente para se desenvolver técnicas de controlo biológico, apesar de, já se ter demonstrado bons resultados em condições laboratoriais e em estudos realizados no campo (Ray *et al.*, 2008, Ray & Hill, 2012). Frequentemente o sucesso dos programas biológicos de controlo de infestantes requer a utilização de múltiplos agentes (Moran, 2005). A libertação de fungos com outros agentes biológicos, preferencialmente insetos, pode ser vantajosa no controlo de populações de jacinto-aquático, aumentando o efeito sinérgico de ambas as formas de controlo (Martínez, 2003). Posteriormente, o sucesso do seu controlo irá depender do grau de interação entre o agente herbívoro e o fitopatogénico (Ray & Hill, 2016; Caeser, 2011). Kluth *et al.* (2002) sugere que a herbivoria não induz apenas stress na planta como também facilita a infeção do patógeno na planta hospedeira. Porém, não está implícito que quanto maior o número de agentes libertados maior sucesso terão os programas de controlo biológico e, por isso, são necessários mais estudos para conhecer a interação das espécies (herbivoria-patógeno-planta hospedeira) (Ray & Hill, 2016).

iii) Peixes

Os peixes herbívoros têm sido usados no controlo de plantas infestantes, conhecem-se cerca de vinte famílias embora as famílias mais utilizadas sejam *Cichlidae* e *Cyprinidae* (Okeyo, 1989). Relativamente à família dos ciprinídeos, a carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) é uma das espécies mais utilizadas no controlo de infestantes aquáticas e em

aquacultura (Catarino, 1995). A carpa herbívora revela uma elevada taxa de ingestão e uma grande eficiência no controlo de variadas infestantes aquáticas, sendo considerada um importante instrumento na gestão da vegetação aquática. Esta espécie consegue ingerir até 40% do seu peso corporal por dia e apresenta comportamentos que a tornam muito útil, alimenta-se de várias plantas, é tolerante a uma ampla gama de condições ambientais (temperatura, condições limnológicas, velocidade da corrente), geralmente não se reproduz naturalmente fora do seu habitat nativo e tem uma longevidade considerável, o que permite uma boa gestão dos efetivos populacionais (Gopal & Sharma, 1981; Pinheiro *et al.*, 2002; Gopalakrishnan *et al.*, 2011). Porém, nem todas as espécies tem uma afinidade alimentar específica ao jacinto-aquático baixando consideravelmente a eficácia de programas de controlo para este macrófito (Kolar & Lodge, 2001).

Ensaio efetuados em Portugal em tanques experimentais com jacinto-aquático não permitiram reconhecer a seletividade da carpa herbívora. De forma geral, observou-se que com o aumento da idade a seletividade das carpas é menor e que o jacinto-aquático não está entre as plantas preferidas (Catarino, 1995). Catarino *et al.* (1997) verificou que a carpa herbívora se alimentou das raízes, pecíolos e folhas do jacinto-aquático e a sua utilização para o controlo da planta é mais eficaz recorrendo a peixes com idade superior a um ano. Porém, foi observado um baixo consumo diário de jacinto-aquático pelas carpas.

A utilização desta forma de controlo biológico tem de ser cuidada, para evitar fugas, e não a acidentais que poderiam afetar a vegetação nativa. Outras desvantagens apontadas à introdução de carpas herbívoras dizem respeito a um aumento da turvação e da eutrofização do meio aquático (Catarino, 1995; Catarino *et al.*, 1997).

3.1.4. Impactos causados pelas invasões de jacinto-aquático

Quando ocorre um desenvolvimento excessivo de plantas macrófitas em ecossistemas dulçaquícolas, estas podem-se tornar prejudiciais para os ecossistemas naturais. A vegetação nativa pode, rapidamente, ser substituída por populações monoespecíficas de espécies exóticas, que podem ocupar extensas áreas. Este processo ocorre frequentemente na presença de espécies invasoras, i.e., espécies exóticas cuja introdução na natureza ou propagação num dado território ameaça ou tem um impacto adverso na diversidade biológica e nos serviços dos ecossistemas a ela associados, ou tem outros impactos adversos (Dec-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho). Os principais impactos relativos a invasões por jacinto-aquático estão associados a constrangimentos nas atividades económicas e sociais associadas aos sistemas dulçaquícolas ou por afetarem o funcionamento e estrutura dos ecossistemas aquáticos.

i) Perturbações nos ecossistemas

Os impactos ambientais causados pelo jacinto-aquático referem-se sobretudo à degradação ou destruição dos habitats e à diminuição da biodiversidade nativa, quer ao nível da flora, quer de outros organismos. As interações que jacinto-aquático produz com o meio são descritas ao nível do fitoplâncton, zooplâncton, bentos, invertebrados, vertebrados e aves (Villamagna & Murphy, 2010; Yan *et al.*, 2017). A estrutura da comunidade de macrófitos determina a composição de fitoplâncton, zooplâncton e peixes nos sistemas de água doce. O jacinto-aquático desafia a estabilidade dos habitats dulçaquícolas, competindo com a flora nativa, levando frequentemente ao desaparecimento total da vegetação macrofítica aquática em áreas muito invadidas. O jacinto-aquático altera as condições abióticas dos sistemas aquáticos, diminui os níveis de oxigénio dissolvido, estabiliza os níveis de pH e temperatura da água prevenindo a estratificação da coluna de água (Villamagna & Murphy, 2010). A total cobertura da superfície da água limita a incidência de radiação da coluna de água e consequentemente a fotossíntese, põe em causa a produtividade primária do fitoplâncton e consequentemente altera as comunidades superiores na cadeia alimentar de invertebrados, e em última instância afeta as comunidades piscícolas (Hansen *et al.*, 1971; McVea & Boyd, 1975). As comunidades de aves parecem, também, ser afetadas em ecossistemas onde o jacinto-aquático está presente, que impede que a avifauna tenha acesso ao seu alimento ou porque grandes densidades desta infestante não permite a sobrevivência das populações das suas presas (Villamagna & Murphy, 2010).

ii) **Constrangimentos no fluxo de água, agricultura e pesca**

A grande densidade de jacinto-aquático obstrui rios e canais de irrigação, interfere com equipamento de irrigação de culturas agrícolas e pode pôr em perigo componentes estruturais de infraestruturas como pontes (Jones, 2009). Em rios afetados, a planta pode interromper ou dificultar o seu escoamento normal e condicionar o acesso à água, causando perdas em culturas agrícolas. Em culturas de arroz, o jacinto-aquático pode impedir o seu cultivo, impedindo a germinação e pode dificultar a colheita (Jones, 2009; Patel, 2012). Os impactos causados em culturas agrícolas associadas a zonas húmidas como é o caso do arroz é bastante descrito por invasões por jacinto-aquáticos (Dereje *et al.*, 2017; Rakotoarisoa, 2017; Yigermal & Assefa, 2019).

As populações de jacinto-aquático limitam o acesso a zonas de reprodução e de alimentação para os peixes com interesse comercial contribuindo para a diminuição dos efetivos populacionais (Villamagna & Murphy, 2010). Implicitamente, é condicionada a navegação das massas de água e impede o funcionamento de motores e mobilidade de barcos, contribuindo de igual modo, para dificultar as atividades piscatórias. As comunidades ribeirinhas que dependem substancialmente desta atividade são aquelas que os impactos são significativos (Cho & Tifuh, 2012; Waithaka, 2013; Kateregga & Sterner, 2009). As invasões

de jacinto-aquático já obrigaram pescadores a deslocarem-se para locais não infestados (Erkie, 2017), por outro lado, esta planta não permite que esta tarefa seja realizada (Ndimele *et al.*, 2011).

iii) Constrangimentos na navegabilidade e atividades de recreação

A grande densidade de plantas impede o acesso a docas e dificulta a navegação de embarcações, uma vez que impedem o funcionamento dos motores e dificultam a mobilidade dos barcos afetando transportes fluviais, atividade lúdicas e turísticas (Yigermal & Assefa, 2019). Em zonas muito afetadas por esta infestante o uso das massas de água é uma tarefa quase impossível (UNEP, 2013). Os densos tapetes de jacinto-aquático bloqueiam e entopem os cursos de água e impedem o funcionamento das atividades económicas e atividades de subsistência, principalmente em países mais pobres (Cho & Tifuh, 2012). Os mantos de jacinto-aquático impedem o normal funcionamento de transportes fluvial afetando especialmente comunidades que dependem destas formas de transporte como forma de deslocação (Mujere, 2016).

iv) Redução da secção e da capacidade de armazenamento

Em massas de água de pequena dimensão, os impactes negativos são bastante evidentes uma vez que o armazenamento de água é reduzido e as infestantes ocupam a quase totalidade da coluna de água e reduzem a secção e o escoamento, favorecem a sedimentação, o que contribui para uma ainda menor capacidade de armazenamento da água (Pitlo, 1990).

v) Perdas de água por evapotranspiração

Estudos mostraram que os mantos de jacinto-aquático promovem perdas de água (Mailu, 2001). A presença de uma grande densidade de jacinto-aquático numa determinada área, provoca maiores perdas de água por transpiração que a mesma área sem vegetação. De Groot (1993) verificou que a cedência de água para a atmosfera pelo jacinto-aquático é 3,5 vezes superior à evaporação, no rácio transpiração/evaporação. Outros estudos indicam que a perda de água por transpiração pode aumentar de 2,7 a 3,2 vezes (Penfound & Earl, 1948; Lallana *et al.*, 1987). A água desperdiçada estimada em reservatórios utilizados para irrigação infestados por jacinto-aquático foi entre 390 mil e 2,9 milhões de metros cúbicos (Howard & Matindi, 2003). O desperdício de água fomentado pelo jacinto-aquático agrava-se, principalmente, em países com fraca disponibilidade hídrica (Yigermal & Assefa, 2019).

vi) Diminuição oxigenação da água e redução da qualidade da água

A cobertura da superfície da água em grande extensão por jacinto-aquático dificulta o balanço de oxigénio que ocorre entre a atmosfera e a coluna de água e diminui a produção de oxigénio por outras plantas e algas (Villamagna & Murphy, 2010), tal como, reduz eficazmente a dinâmica produzida pelo vento e a estratificação térmica da massa de água. Por outro lado, quando a planta morre e fica submersa, durante o processo de decomposição, leva a um esgotamento do oxigénio dissolvido por parte da atividade microbiológica que gradualmente deteriora a qualidade da água e põe em risco alguns peixes mais sensíveis a essas mudanças (Bicudo *et al.*, 2007; EEA, 2012). Os níveis de oxigénio podem ser extremamente baixos até uma situação anaeróbica acelerando os processos de eutrofização, libertando fósforo, e pode levar a uma expansão massiva de jacinto-aquático ou algas. Assim, é comprometida a qualidade de grandes massas de água, a quantidade de água potável e aumenta os custos de tratamento da água consumida (Patel, 2012; UNEP, 2013). As comunidades ribeirinhas são diretamente afetadas pela degradação da qualidade da água pelo seu mau cheiro e acumulação de biomassa (Cho & Tifuh, 2012).

vii) Prejuízo em complexos hidroelétricos

A acumulação de infestantes flutuantes sobretudo em albufeiras de barragens ameaça o funcionamento das centrais hidroelétricas que são forçadas a parar a sua produção energia e podem comprometer o abastecimento de energia elétrica. Os jacinto-aquáticos bloqueiam as turbinas e provocam perdas de água para gerar energia elétrica (Yirefu *et al.*, 2014).

viii) Problemas saúde pública

Os tapetes derivados do desenvolvimento massivo do jacinto-aquático sustentam organismos que podem causar problemas à saúde pública. As raízes, as folhas e os estames diminuem a velocidade da corrente e proporcionam habitat e alimento para variados microrganismos, muitos deles vetores de doenças humanas como malária, encefalite, filariose ou cólera (UNEP, 2013; Coetzee *et al.*, 2017).

3.2. Instrumentos legislativos

Em 1974, o Decreto-Lei n.º 165/74 de 22 de abril, reconheceu o jacinto-aquático como uma espécie invasora, um instrumento de gestão pioneiro que se procedeu após uma grande invasão ocorrida em terrenos agrícolas do Ribatejo. Esta regulamentação proibiu a sua importação, cultivo, venda, transporte e posse da espécie e estabeleceu uma coima no caso de infração.

Posteriormente, a legislação portuguesa reconheceu com abrangência a gravidade do problema das espécies invasoras e foi publicado o Decreto-Lei n.º 565/99, de 21 de dezembro, com o objetivo de regular a introdução na natureza de espécies não-indígenas

(exóticas) da flora e da fauna. Neste diploma foi criada uma lista das espécies exóticas que foram introduzidas no país (Anexo I do diploma), identificadas aquelas que têm comportamento invasor, e foram proibidas as introduções de novas espécies. O jacinto-aquático está incluído nesta lista. Ainda proíbe a detenção, a criação, o cultivo e a comercialização das espécies consideradas invasoras e de risco ecológico. O mesmo Decreto-Lei previa ainda que as espécies exóticas invasoras já introduzidas na natureza fossem objeto de um plano nacional com vista ao seu controlo ou erradicação.

O Regulamento (UE) n.º 1143/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de outubro de 2014, publicado pela UE determina princípios de prevenção e gestão de espécies exóticas invasoras. O Regulamento estabelece normas para impedir, minimizar e atenuar os impactos adversos na biodiversidade da introdução e propagação, de forma intencional ou acidental de espécies exóticas invasoras na UE. Neste documento são reconhecidas aproximadamente 12 000 espécies exóticas no território europeu das quais 10 a 15% são de carácter invasor. O regulamento incorpora as diretrizes da Convenção sobre a Diversidade Biológica e é dada prioridade às espécies exóticas invasoras listadas na “Lista da União”. Esta lista, criada no Regulamento (UE) n.º 1143/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de outubro, e executada no Regulamento de Execução (UE) 2016/1141 da Comissão, de 13 de julho de 2016, reconhece as espécies prioritárias que “suscitam maior preocupação na UE”, passíveis de criar mais impactos, onde se inclui o jacinto-aquático. As espécies listadas são sujeitas a atualizações pela Comissão em períodos nunca superiores a seis anos, não podem ser introduzidas no território da UE, mantidas, criadas, transportadas, comercializadas, utilizadas ou libertadas no meio natural. Os Estados Membros ainda ficam responsáveis pela criação de planos de ação para controlar as vias de introdução, estabelecer um sistema de vigilância para deteção precoce e erradicação rápida, implementar medidas de gestão eficazes para as espécies invasoras que estejam castamente dispersas no seu território, e ainda, são responsáveis pela recuperação dos ecossistemas invadidos, à exceção se o custo-benefício seja desproporcional face aos benefícios da recuperação.

Em 2019, foi publicada na legislação portuguesa a revisão e substituição do diploma anterior, Decreto-Lei n.º 92/2019, de 10 de julho. Este instrumento estabelece o regime jurídico ao controlo, à detenção, à introdução na natureza e ao repovoamento de espécies exóticas e assegura a execução, na ordem jurídica nacional, do regulamento imposto pela União Europeia, Regulamento (EU) n.º 1143/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de outubro, relativo à prevenção e gestão da introdução e propagação de espécies exóticas invasoras. O novo diploma concretiza uma das medidas previstas na Estratégia Nacional para a Conservação da Natureza e Biodiversidade para 2030 (ENCNB 2030), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 55/2018, de 7 de maio, que defende uma visão a longo prazo e a melhoria do estado de conservação do património natural,

identificando medidas que o preservem face às principais ameaças. Uma melhoria efetuada neste diploma é o princípio de uma cultura preventiva, cujo se estabelecem mecanismos de monitorização, deteção precoce e reação rápida, de forma a conter qualquer propagação de espécies invasoras, a que acresce a manutenção dos planos de controlo, contenção e erradicação já previstos nos regimes jurídicos anteriores. Ainda, é criada a Lista Nacional de Espécies Invasoras (Anexo II do diploma) que será revista com uma periodicidade até seis anos, onde é interdita a detenção, cultivo, criação, comercialização, introdução na natureza e estabelecido o regime de repovoamento de indivíduos das espécies incluídas na lista. Assim, as espécies que constam da lista, das quais está presente o jacinto-aquático, devem ser objeto de planos de ação com vista ao seu controlo, contenção ou erradicação.

3.3. Valorização, aproveitamento e encaminhamento da biomassa removida

O jacinto-aquático é uma planta com enorme capacidade de produção de biomassa devido às suas características biológicas, grande adaptabilidade ecológica, rápido crescimento e facilidade de proliferação. Se a planta não for efetivamente controlada e a sua biomassa não for recolhida periodicamente, rapidamente se expande, causando diversos impactos. Este é um desafio que necessita o desenvolvimento de novas tecnologias para utilizar a biomassa do jacinto-aquático. As medidas de gestão, na sua maioria, conduzem à acumulação de grandes quantidades de biomassa e desafiam a necessidade de um encaminhamento adequado do resíduo criado. Os custos inerentes à sua gestão traduzem-se na necessidade de uma mudança de paradigma no sentido de valorizar um recurso que muitas vezes é indesejado, tornando assim uma oportunidade de criar valor e torná-lo útil, associado a uma rentabilização de custos da gestão desta infestante.

Este desafio a ser vencido, não diminui apenas os impactos causados pelo jacinto-aquático como também poderá mitigar os problemas de eutrofização das massas de água fazendo a reciclagem de nutrientes, possibilitando o uso dos recursos hídricos, o sequestro de carbono e a produção de biocombustível utilizando estratégias de gestão integrada. O jacinto-aquático demonstrou possuir características que podem ser usadas para fins domésticos e industriais e as suas aplicações estão relacionadas com a alimentação animal, fertilizantes e tratamento de águas residuais. As principais razões para o insucesso na utilização comercial do jacinto-aquático é o teor de água na biomassa fresca, cerca de 95%, que reduz o seu valor comercial e cria dificuldades no processo de colheita, transporte, armazenamento e processamento. O armazenamento do jacinto-aquático fresco é impossibilitado pela decomposição da própria planta. A segunda razão é que usando a planta unicamente para a fermentação de biogás, as características físicas e a composição da matéria-prima não são as mais adequadas para a produção de energia. Outra das razões é

que o jacinto-aquático tem uma eficiência baixa na produção de biogás, e por último, sendo o jacinto-aquático uma planta exótica invasora, o seu controlo e gestão é bastante restrito por razões de segurança ecológica (Coetzee *et al.*, 2009; Sutolo, 2013).

Considerando o progresso e inovação de equipamentos e tecnologias para a colheita e desidratação da matéria-prima fresca é possível o desenvolvimento de algumas das técnicas em larga escala, sendo um recurso barato que, com um teor de água residual até 70% na biomassa, aumenta o valor comercial da matéria-prima (Yan & Guo, 2017).

i) Alimentação animal

Esta planta é uma boa fonte de alimento para o gado principalmente pelo seu teor nutricional rico em proteína e sais minerais (Sharma *et al.*, 2016). No entanto, fornecer apenas esta planta ao gado por longos períodos, como alimento não é boa solução e por isso, é mais conveniente ser combinada com outros alimentos que complementam as suas necessidades nutricionais. Esta prática é mais utilizada em animais não ruminantes que são alimentados com rações, contendo jacinto-aquático em proporções maioritárias e incentivada em países em desenvolvimento que têm extensas áreas cobertas por jacinto-aquático (Sharma *et al.*, 2016). Por exemplo na China, o jacinto-aquático tem sido utilizado para alimentação de suínos, conforme descrito em Malik (2007), após cozedura, trituração e adicionado a uma mistura de arroz, vegetais, derivados de coco e outros alimentos resultado do aproveitamento agrícola. Estas misturas utilizando a planta fresca são rações que mantêm as necessidades alimentares e nutritivas e podem ser utilizadas em porcos, cabras, patos tal como em peixes no caso de explorações aquícolas. O jacinto-aquático é uma boa fonte de proteína, em que o seu valor nutricional e a digestibilidade podem ser melhorados quando são combinados com outros alimentos altamente energéticos.

Num outro estudo, utilizou-se jacinto-aquático desidratado, vagens de ervilhas e restolho de amendoim para alimentação de caprinos (Sunday, 2002). Os resultados sugerem que uma alimentação com uma proporção de até 40% de jacinto-aquático na dieta é benéfica para o crescimento dos animais. Uma das desvantagens da suplementação de gado utilizando o jacinto-aquático é o seu alto teor de água (aproximadamente 95%) o que o torna num alimento com menos qualidade e leva à necessidade de o desidratar até um teor de 15% (Sutolo, 2013; Sharma *et al.*, 2016). Outra desvantagem é a probabilidade de na sua composição estarem presentes substâncias fosfatadas ou cloro, o que pode ser prejudicial, principalmente, para equinos e bovinos (Coetzee *et al.*, 2009). Esta finalidade parece ser a mais adequada quando se trata de realizar um plano estratégico de controlo do jacinto-aquático visto que após a sua passagem pelo trato digestivo dos animais a suas sementes são significativamente destruídas impossibilitando a sua viabilidade, principalmente quando se trata de animais ruminantes (Pérez *et al.*, 2015).

O jacinto-aquático para além de se poder utilizar na alimentação do gado pode também ser uma alternativa na indústria da aquacultura. Esta alternativa pode ser utilizada quer para alimentação, quer para depuração das águas e tem um papel preponderante na sustentabilidade ambiental e economia destes sistemas. Os peixes que têm hábitos herbívoros e que são usados para controlo de plantas infestantes são aqueles que melhor se adequam a utilização do jacinto-aquático (Jafari, 2010). A adição desta planta desidratada à dieta de alevins da espécie *Ictalurus punctatus* mostrou ser trazer vantagens no aumento de biomassa dos animais (Gopal, 1987). Em estudos onde se utilizou o jacinto-aquático fermentado para alimentar ciprinídeos das espécies *Ctenopharyngodon idella*, *Barbonymus gonionotus*, *Cyprinus carpio* as taxas de crescimento foram superiores quando a planta foi utilizada como suplemento na alimentação de juvenis (Tuan *et al.*, 1994). Porém, uma das grandes desvantagens associado à utilização desta planta na alimentação de peixes é seu alto teor em fibra que pode tornar o alimento pouco digerível (Buddington, 1980).

ii) Fertilizantes verdes

A decomposição do jacinto-aquático promove a mineralização de nutrientes e matéria orgânica que aumenta o teor de carbono orgânico no solo, fósforo e potássio. Nas raízes está presente azoto inorgânico que torna bastante adequado a sua utilização em composto ou fertilizantes inorgânicos (Su *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2016).

O uso do jacinto-aquático para composto é uma das técnicas mais utilizadas na produção de adubos verdes, principalmente em regiões pouco desenvolvidas de África e sudoeste asiático (Sharma *et al.*, 2016). A planta é ideal para se incorporar no solo e pode ser utilizada como cobertura do mesmo (*mulching*) (Jafari, 2010). Ela pode ser aplicada diretamente no solo, como adubo verde pode ser processada por processos de fermentação, previamente à sua aplicação sob forma de composto (Sharma *et al.*, 2016). Após ser colhida, a planta pode ser desidratada e ser integrada num substrato com cinzas, solo ou estrume animal. Este composto após ser curtido, pode ser diretamente adicionado ao solo aumentando a fertilidade do mesmo e a produção da cultura em causa. Em países em desenvolvimento, onde os fertilizantes de síntese são de difícil aquisição, a utilização do jacinto-aquático é uma forma de reduzir a sua proliferação ao mesmo tempo que aumentam a fertilidade do solo, que são, geralmente, pobres em matéria orgânica (Jafari, 2010). O jacinto-aquático misturado com resíduos orgânicos domésticos e de origem agrícola ou florestal pode ser bastante interessante em formas de proteção integrada do solo especialmente em zonas suscetíveis a seca, pois protege o solo da radiação solar e mantém a humidade do mesmo.

Embora pareça haver muitas vantagens na utilização do jacinto-aquático para fertilização do solo e uso agrícola, Pérez *et al.* (2015) recomenda precauções na sua utilização para este fim em concreto. As pilhas de composto orgânico no seu processo de compostagem

se atingirem temperaturas acima dos 54 °C durante alguns dias agentes patogénicos são eliminados e as sementes tornam-se inviáveis (Gunnarson & Petersen, 2007; Montoya *et al.*, 2013). O estudo realizado por Pérez *et al.* (2015) mostrou que as sementes não são destruídas completamente mesmo sofrendo processos de decomposição aeróbia e expostas a altas temperaturas nesse processo, o que evidencia que as sementes do jacinto-aquático podem permanecer viáveis, e mesmo tendo menor germinação pode originar novas áreas colonizadas. Assim, é necessário ter em conta local da colocação dos resíduos vegetais no planeamento na remoção e controlo do jacinto-aquático, tal como é necessário ter precaução quando há a intenção de utilizar a biomassa para fertilização do solo. Por outro lado, este método não é atrativo para ser utilizado em larga escala pelos custos associados extração mecânica, necessidade de grande espaço e os custos associados ao transporte da biomassa verde, e ainda uma baixa eficiência.

No caso de Portugal o aproveitamento do jacinto-aquático para fertilizante verde poderá ser viável. Neste contexto, ainda não existe uma noção de aproveitar e valorizar um resíduo indesejado num resíduo com valor acrescentado e constituir-lhe utilidade. As invasões que afetaram a Pateira de Fermentelos em Águeda (Laranjeiro & Nadais, 2008), o encaminhamento do resíduo recolhido foi descarregado na margem para um camião, sendo conduzido posteriormente para aproveitamento da massa vegetal como fertilizante dos solos (Câmara Municipal de Águeda, 2012) que, atualmente tem vindo a realizar esforços para avaliar formas de criar valor ao resíduo.

iii) Produção de biogás e biodiesel

O biogás é produzido na digestão anaeróbia ou fermentação a partir de qualquer material biodegradável provenientes de fontes animais ou vegetais. O produto final resultado da conversão da matéria orgânica em biogás pode ser utilizado para combustível para cozinhar, iluminação ou para a produção de energia, entre outras. A biomassa é rica em azoto, que é um componente essencial para aumentar o rácio C/N, e também abunda em celuloses e outros polissacarídeos fermentáveis (Sharma *et al.*, 2016). A produtividade do jacinto-aquático é uma fonte atrativa de biomassa para obtenção de biogás que pode fornecer continuamente biomassa para produzir metano. Em média, são produzidas 45 toneladas de biomassa seca de jacinto-aquático por ano, por hectare, que possui um rendimento de 340 mL/g. Por cada hectare, há um potencial de produzir 15 300 m³ de gás por ano. Porém a composição química do jacinto-aquático, e conseqüentemente o gás obtido, varia consoante os fatores abióticos onde se desenvolve a planta, tal como, a concentração de nutrientes da água. Na Índia, Gopal (1987), produziu 4000 litros de gás por tonelada de jacinto-aquáticos semi-seco com um teor de metano de cerca de 64%.

A biomassa do jacinto-aquático bastante rica em celuloses e baixo teor de lignina, facilita o processo de conversão deste resíduo em açúcares fermentáveis resultando numa grande quantidade de biomassa para produção de biocombustíveis e torna-se uma matéria-prima bastante atrativa (Sharma *et al.*, 2016). Para além disso, esta é uma planta aquática não precisa de terra cultivável para ser produzida e não utiliza espaço que poderia estar a ser utilizado para produção de alimento. Estudos já realizados mostraram a eficácia dos processos de obtenção de etanol a partir do material vegetal (Mahmood *et al.*, 2010; Sornvoraweat & Kongkiattakajorn, 2010; Kasthuri *et al.*, 2012). O bioetanol produzido a partir de jacinto-aquático é comparável àquele obtido a partir dos desperdícios das culturas agrícolas e potencia esta planta para a produção de biocombustível (Mishima *et al.*, 2008).

A grande desvantagem da utilização desta tecnologia consiste em grandes custos associados para a implementação desta medida, o teor de água elevado que contém o jacinto-aquático e ainda a necessidade de adaptar e desenvolver biodigestores próprios e com procedimentos complexos para a produção de biocombustíveis, a partir desta planta (Jafari, 2010) e ainda, esta tecnologia tem um grande consumo de energia. O tempo de fermentação, a baixa taxa de produção de gás, a necessidade de grandes espaços e o alto investimento são uma barreira para a exploração comercial deste produto para produção de energia. Pérez *et al.* (2015), sugere ainda que a utilização do jacinto-aquático para produção de gás como estratégia para controlar esta infestante parece ainda não ser totalmente segura, pois após utilização desta planta verificou que a anatomia da sua semente não é danificada, podendo ela vir a germinar posteriormente.

iv) Briquetes

A tecnologia de *briquetes* é semelhante àquela mais comumente conhecida em Portugal, os *pellets*. Consiste em triturar, peneirar e comprimir a biomassa seca de forma a produzir um combustível sólido (Jafari, 2010). O seu poder calorífico, de 8,3 GJ/m³, é semelhante ao do carvão, 9,6 GJ/m³. As plantas podem ser secas ao sol e o seu teor de água dever ser reduzido até cerca de 15%. Esta tecnologia exige grande espaço, mão-de-obra, tempo e condições climáticas favoráveis para secar a biomassa. Os custos desta tecnologia podem impedir que o produto seja competitivo no mercado em comparação ao carvão ou à gasolina. Porém, pode ser uma alternativa em casos de utilização do jacinto-aquático para remediar a contaminação por metais pesados ou poluição orgânica, pois as cinzas têm um reduzido volume e são fáceis de serem tratadas (Yan & Guo, 2017).

Portugal possui uma indústria de biomassa bem consolidada e o consumo de *pellets* tem vindo a crescer na última década. Embora o mercado de *pellets* seja bastante reduzido no nosso país, Portugal assume um papel exportador (Gonçalves, 2016). A biomassa que é

utilizada para fazer *pellets* deriva de sobranes da indústria madeireira, neste sentido, o jacinto-aquático que é um recurso muito produtivo tem grande potencial para vir a ser explorado e valorizado.

v) Fitorremediação e tratamento de águas residuais (fito-ETAR's)

A fitorremediação é o termo genérico que engloba várias técnicas e têm como objetivo a remoção de metais, hidrocarbonetos, pesticidas e solventes clorados do solo ou águas contaminadas através de processos microbiológicos, de absorção e acumulação em órgão vegetais (ex. raízes, folhas) (Newete & Byrne, 2016). É considerada uma tecnologia natural e sustentável, de baixo custo, baixo consumo energético e laboral, comparativamente aos métodos convencionais de tratamento de águas. O jacinto-aquático é referenciada como a planta que maior capacidade tem na remoção de nutrientes e metais pesados de efluentes (Upadhyay *et al.*, 2007; Dahake & Hedao, 2018). O seu rápido crescimento, capacidade de crescer em águas muito poluídas e em diferentes concentrações de diferentes poluentes, inclusive com acumulação de iões metálicos (Malik, 2007). O jacinto-aquático é um potencial depurador de metais pesados e elementos tóxicos provenientes de efluentes industriais e domésticos (Upadhyay *et al.*, 2007; Ray, 2010). As suas raízes alongadas absorvem e acumulam a matéria orgânica fracionada e dissolvida, que através de processos mecânicos e biológicos agem como um filtro removendo partículas em suspensão da água (Matagi *et al.*, 1998). O jacinto-aquático mostrou ter capacidade de remover nutrientes e outros elementos químicos de esgotos e efluentes industriais, isto é, a planta bioacumula grandes quantidades de substâncias como arsénio, prata, zinco, crómio, cádmio, cobalto, ferro, níquel, cobre, chumbo e mercúrio (Sharma *et al.*, 2016).

O jacinto-aquático foi intensivamente estudado em sistemas húmidos artificiais e em sistemas de tratamento de águas numa tentativa de melhorar o tratamento de águas residuais (EPA, 1988), embora sejam as plantas emergentes que são mais utilizadas neste tipo de sistemas (Vymazal, 2011). O seu potencial confere-lhe a capacidade para absorver nutrientes torna-o uma ferramenta útil e possibilita ser uma alternativa para tratamentos secundários e terciários de águas residuais (Ho & Wong, 1994). Outra forma de utilização de plantas aquáticas é a integração de filtros biológicos utilizando o jacinto-aquático para melhorar as condições da água em indústrias aquícolas, a partir de um sistema de lagos para o tratamento de águas eutróficas (Sutolo, 2013). As fito-ETAR's com jacinto-aquático podem dimensionar-se para afluente doméstico bruto, para afluente primário ou secundário. Estes sistemas estão particularmente indicados para as zonas tropical e subtropical. Em Portugal existe alguma investigação sobre sistemas de tratamento de água incluindo o jacinto-aquático (Saraiva *et al.*, 1992; Macário *et al.*, 2018) mas não se conhecem instalações de carácter permanente a operar.

Ingole & Bhole (2003) verificou que o jacinto-aquático tem uma grande eficiência na acumulação de vários metais pesados (arsénio, crómio, mercúrio, níquel, chumbo, zinco) aquando a solução aquosa tem uma concentração do poluente inferior a 10 mg/L. A partir deste valor de concentração a sua eficiência na remoção de metais pesados é diminuída. Mishra & Tripathi (2009) estudaram a eficiência do jacinto-aquático na remoção de crómio e zinco de efluentes industriais. Verificaram que o jacinto-aquático concentra grandes quantidades dos metais pesados referidos. O macrófito acumulou, ao fim de onze dias, zinco e crómio em quantidades até 3,542 e 2,412 mg/g, respetivamente, numa solução de 10mg/L, removendo com sucesso cerca de 84% de crómio e 94% de zinco. Asrari & Nezhad (2017) estudaram a aptidão dos processos de fitorremediação com o auxílio do jacinto-aquático para a remoção de cádmio em diferentes concentrações do poluente. Os resultados mostraram, que para todas as concentrações, o jacinto-aquático tem uma eficiência de 99% na remoção do poluente conseguindo extrair até 8,28 mg/L da água. Saha *et al.* (2017) nas suas experiências não só demonstrou a eficiência do jacinto-aquático na remoção de crómio hexavalente (99,5%), como demonstrou a capacidade desta espécie em reduzir a concentração de sólidos dissolvidos totais, carência bioquímica de oxigénio, carência química de oxigénio no tratamento de efluentes domésticos. No tratamento de águas residuais, o jacinto-aquático pode ser bastante eficiente na remoção de fosfatos e nitratos. Estima-se que, em um hectare o jacinto-aquático possa remover cerca de 32 kg de fósforo e 182 kg de azoto (Poddar *et al.*, 1991).

Diversos estudos demonstraram a eficiência do jacinto-aquático para remover metais pesados de águas residuais de atividades industriais (Mishra & Tripathi, 2009; Lissy & Madhu, 2010; Maulion *et al.*, 2015; Asrari & Nezhad, 2017; Macário *et al.*, 2018). A bioacumulação de metais pesados por parte do jacinto-aquático é também evidenciada por Oliveira (1995) na remoção de prata e cádmio. Na sua generalidade, o jacinto-aquático mostrou ser bastante tolerável em diferentes concentrações, tem uma taxa de remoção muito elevada principalmente para os metais pesados como ferro, zinco, cobre, crómio, cádmio e manganês (Priya & Selvan, 2017), que pode ser superior a 90% de poluente removido.

A recolha e encaminhamento pós-fitorremediação do jacinto-aquático não incentiva utilização destes sistemas de tratamento de água, tornando desvantajoso economicamente. O encaminhamento da planta com níveis bastante elevados de poluentes não permite que a planta seja novamente utilizada e valorizada e exige tratamentos específicos para reduzir riscos ambientais inerentes. O local a colocar as plantas contaminadas é uma questão que ainda não está bem definida para que o seu encaminhamento seja efetuado de forma segura e sustentável (Newete & Byrne, 2016). Apesar de todas as dificuldades esta técnica é uma solução com potencial elevado que precisa de maior investigação para se tornar uma alternativa comercialmente viável.

vi) Outras utilizações

Para além das utilizações que se consideram mais viáveis para criar valor ao jacinto-aquático, esta planta ainda pode ser utilizada para a produção de celulose, papel, cordas e outros produtos industriais de pequena escala. O jacinto-aquático é também utilizado para a produção de materiais de construção como placas de fibra (Jafari, 2010). Os tecidos da planta podem ser utilizados para produzir pasta de papel e ser transformados em papel ou cartão de qualidade média. As fibras provenientes dos estames das plantas pode-se fazer corda e usada para acabamentos de mobílias, e ainda, é possível utilizar a planta para a produção de produtos artesanais como tapetes ou cestos. Foram sugeridas ainda alternativas como a produção de blocos de carvão, proveniente da queima do jacinto-aquático (Jafari, 2010).

O jacinto-aquático é ainda passível de ser utilizado na medicina convencional para problemas relacionado com a tiróide. Nas suas folhas, a planta possui ácido ascórbico ou vitamina C em níveis significativos e revelantes para o uso medicinal relacionados com cuidados de pele e com a tiróide (Ogunlesi *et al.*, 2010), tal como, possui propriedades antioxidantes (Sharma *et al.*, 2016) que permitem a utilização em cosméticos que retardam o envelhecimento (Lalitha & Jayanthi, 2014). Finalmente, o jacinto-aquático pode ser um material alternativo e interessante principalmente pelo seu baixo custo de obtenção comparativamente a outras substâncias antioxidantes extraídas de plantas, como por exemplo os grãos de soja ou o alho (Sharma *et al.*, 2016).

4. CARACTERIZAÇÃO DA INVASÃO NO RIO ALVIELA

Este capítulo pretende fazer uma abordagem cronológica do estabelecimento do jacinto-aquático no rio Alviela, desde a primeira ocorrência da espécie, ou seja, o local do rio onde se registou a primeira presença, a direção da invasão e a situação atual (ou mais recente possível) da invasão no rio Alviela. A metodologia utilizada consistiu em quantificar a área ocupada pelo macrófito no rio Alviela, realizaram-se inquéritos para aferir a perceção do público relativamente ao jacinto-aquático e os impactos que causa e ainda, identificaram-se as principais perturbações associadas à degradação da qualidade do ecossistema do rio Alviela.

4.1. Historial de estabelecimento e invasão do jacinto-aquático

4.1.1. Metodologia

A metodologia efetuada nesta análise utilizou ferramentas de deteção remota através da interpretação de imagens de ortofotomapas relativas a diferentes períodos temporais, que estão disponíveis gratuitamente. As imagens disponíveis foram avaliadas por duas vias, a

primeira foi obtida pela cobertura de ortofotomapas que a Direção Geral do Território (DGT) dispõe, utilizadas nos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT) e acessíveis no *websig* do sítio do Município de Santarém (<http://websig.cm-santarem.pt>) com um registo histórico desde 1995. A segunda análise foi efetuada a partir das imagens do Google Earth Pro que disponibiliza um repositório de imagens com registo temporal desde 2004.

A diferenciação entre manchas de jacinto-aquático e outras plantas aquáticas foi feita a partir de características como a cor e a textura e a comparação com outras fotografias disponíveis.

As imagens disponíveis no PMOT do Município de Santarém têm cobertura temporal desde 1995 até 2015, e no total são disponibilizados seis produtos geográficos relativos aos anos 1995, 1998, 2007, 2010, 2012 e 2015. A interpretação e quantificação da área coberta por jacintos-aquáticos foi feita com auxílio das ferramentas disponíveis no *websig* que permitem a construção de polígonos para delimitar manchas sobre a fotografia aérea e as medições das áreas associadas.

Relativamente aos ortofotomapas disponíveis no *software* Google Earth Pro, apesar das imagens serem disponibilizadas desde 2004, foram selecionadas apenas aquelas que permitem uma avaliação total, com nitidez, da área infestada por jacinto-aquático sendo descartadas as imagens remanescentes. Este *software* permite, também, criar polígonos, desenhar e realizar medições, que neste caso permitiram delimitar manchas contínuas de jacinto-aquático e o cálculo da área das manchas.

Em relação à variação do tamanho das manchas ao longo do tempo foram realizadas análises de variância (ANOVA) com um fator (ano), em separado para os períodos de 2010 a 2015 e 2016 a 2019, uma vez que os produtos geográficos utilizados não permitem o estudo em áreas do rio semelhantes. Foi testada a normalidade dos dados e a homogeneidade de variância, que foram rejeitadas para ambos os conjuntos de dados, pelo que se aplicou em todas as análises a ANOVA não paramétrica (teste Kruskal-Wallis). O teste de comparações múltiplas de Dunn (também designado de pós-teste de Dunn ou teste post-hoc de Dunn) foi utilizado após o teste de Kruskal-Wallis para os dados de 2016 a 2019, uma vez que neste caso a hipótese de igualdade de medianas foi rejeitada e o teste de Dunn permite conhecer quais os grupos de dados que são significativamente diferentes. Refere-se ainda, que o teste aplicado aos dados de 2010 a 2015 é apenas indicativo, uma vez que o número de dados da amostra é muito reduzido.

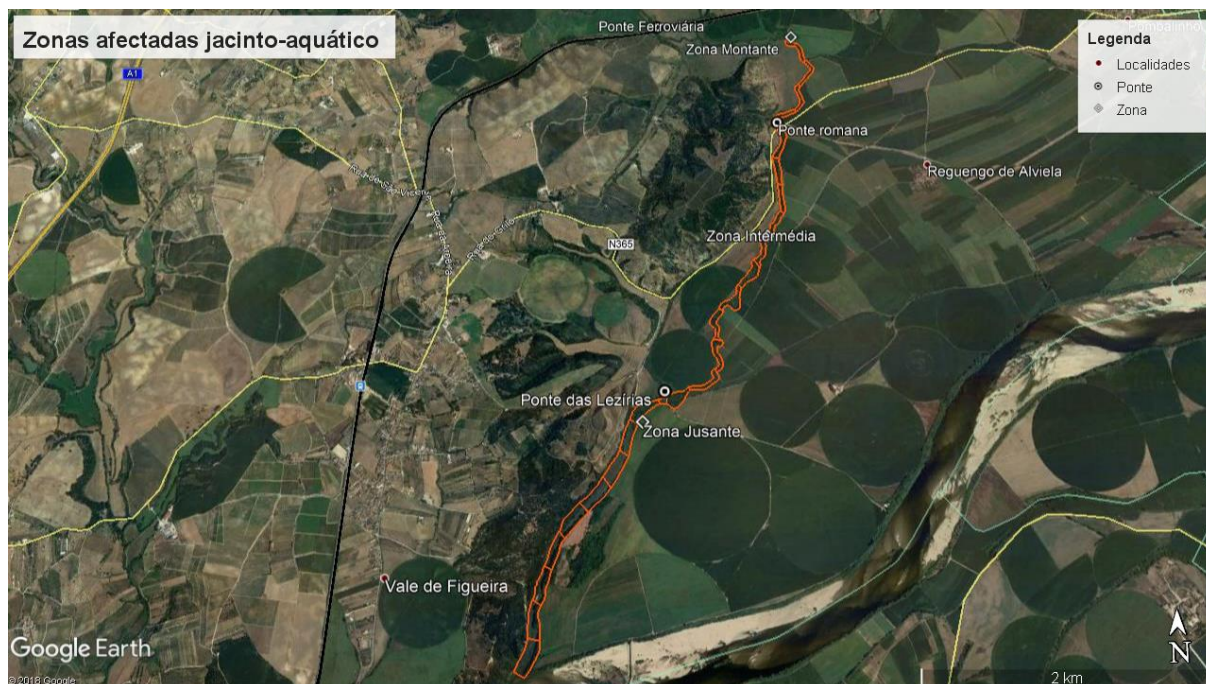


FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM INDICAÇÃO DAS PRINCIPAIS POVOAÇÕES RIBEIRINHAS E DEFINIÇÃO DOS TROÇOS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS NO ESTUDO DE DETECÇÃO REMOTA DE JACINTO-AQUÁTICO

Para melhor interpretação da trajetória de invasão por jacinto-aquático, o segmento de rio onde se observou a presença de jacinto-aquático foi dividido em 24 troços ou secções de 250 m, medidos em linha reta com os pontos de cada segmento centrados na linha talvegue.

Posteriormente, foram criadas zonas que agregam características físicas e ambientais mais ou menos semelhantes em termos geomorfológicos (Zona Montante, Intermédia e Jusante) (Figura 7), sendo que a ordenação das secções é feita a partir da foz do rio Alviela. A Zona Jusante situa-se entre a foz do rio Alviela e a Ponte das Lezírias agrupando o troço 1 ao 8. A Zona Intermédia situa-se entre estas duas zonas extremas, também contendo 8 troços, do 9 ao 16. A zona Montante é delimitada pela área onde ocorre o início da infestação até 1000 m a montante da Ponte Romana (estrada EN365) agrupando os troços 17 ao 24. Esta divisão é utilizada para facilitar a implementação das medidas a realizar para controlar as populações da espécie invasora.

4.1.2. Análise dos dados e resultados

A quantificação das áreas ocupadas por jacinto-aquático utilizando toda a documentação disponível permitiu verificar que a dimensão linear da invasão do jacinto-aquático no rio Alviela é de cerca de 6,31 km e a zona afetada situa-se localizada entre a foz do rio e a 800 m a montante da Ponte Romana (estrada EN365), na confluência com a Vala de Outeiro. A zona afetada é relativamente pequena, no entanto, existem zonas pontuais que

constituem maior preocupação e onde a área ocupada por jacinto-aquático cobre a totalidade da superfície de água.

Esta informação está de acordo com os primeiros levantamentos realizados sobre a extensão da zona invadida pelo jacinto-aquático realizados pelos técnicos Câmara Municipal de Santarém.

i) Ortofotomapas do PMOT da Câmara Municipal de Santarém

As imagens aéreas recolhidas mostram várias manchas de jacinto-aquático ao longo do rio Alviela e permitem identificar e quantificar as áreas que estão cobertas pela infestante (Figura 8 e Anexo I). De notar, que a área das manchas é geralmente subestimada, uma vez que só é possível visualizar as áreas não cobertas pelas canópias das árvores ribeirinhas.

No total, foi possível identificar 21 manchas que correspondem aos principais aglomerados de jacinto-aquático (Figura 9 e Anexo III). As imagens do PMOT da Câmara Municipal de Santarém disponibilizam seis produtos geográficos referentes aos anos 1995, 1998, 2007, 2010, 2012 e 2015. Nas análises realizadas relativas às fotografias aéreas dos anos de 1995, 1998 e 2007 não foi possível identificar qualquer mancha de jacinto-aquático. O primeiro núcleo de jacinto-aquático foi efetivamente registado nas fotografias aéreas de 2010, identificando-se quatro manchas próximas de jacinto-aquático com tamanho médio de 82 m² (Anexo III), que perfazem uma área total de 328 m² (Figura 9 e 10).

As fotografias aéreas relativas ao ano de 2012 mostraram um pequeno aumento da área total coberta pelo jacinto-aquático em relação a 2010 (Figura 10). Neste ortofotmapa o tamanho médio das manchas foi de 62,8 m² e foi possível identificar seis manchas que se mantiveram na mesma Zona relativamente a 2010 (Anexo III). Outras manchas foram identificadas mais perto da foz, imediatamente a montante da Ponte das Lezírias, também na Zona Intermédia. Comparativamente a 2010, as manchas representam um aumento da área coberta pela espécie de 49 m², para 377 m².

Por último, no ano de 2015, verificou-se um aumento expressivo relativamente ao ortofotmapa de 2012. A área total ocupada por jacinto-aquático foi de 618 m², que corresponde a um aumento de 241 m² no período de 3 anos. Foram registadas 11 manchas com tamanho médio de 56,2 m². As manchas localizadas encontravam-se dispersas pela zona infestada e todas localizadas na Zona Intermédia (Anexo III). A extensão ocupada por jacinto-aquático para o ano de 2015 quase duplicou relativamente ao período inicial analisado (2010).

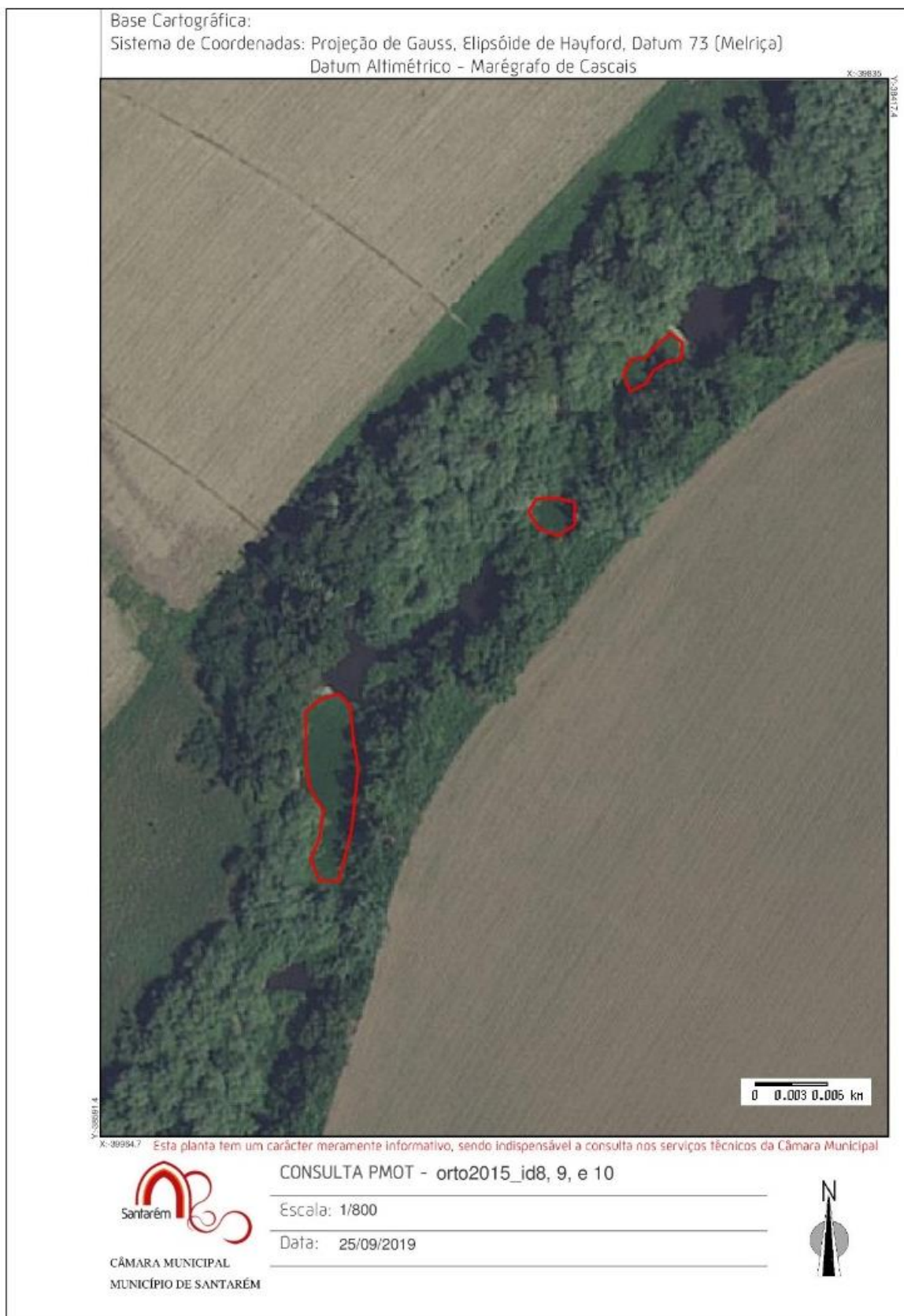


FIGURA 8: MAPA DAS MANCHAS DE JACINTO-AQUÁTICO NUM TROÇO DO RIO ALVIELA (2015), DIGITALIZAÇÃO PELOS SERVIÇOS WEBSIG DA CMS.

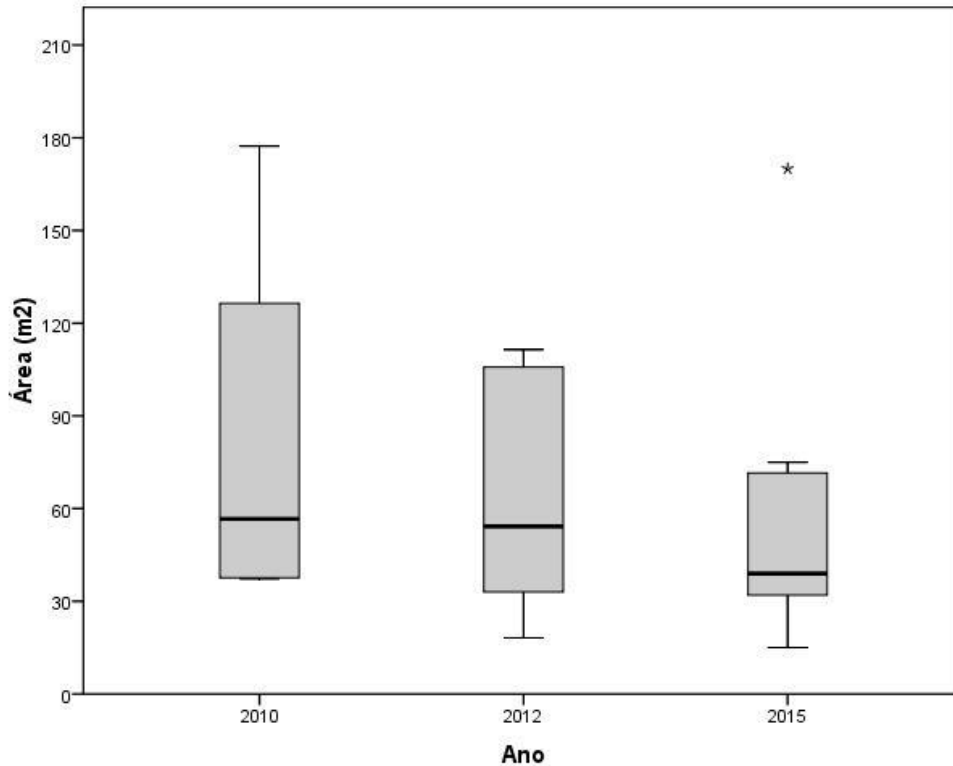


FIGURA 9: CAIXA-DE-BIGODES DA ÁREA DAS MANCHAS (M²) DE JACINTO-AQUÁTICO, NA ZONA INTERMÉDIA, EM CADA DATA. O SÍMBOLO * INDICA VALORES EXTREMOS E A LINHA INDICA A MEDIANA DOS VALORES.

A Figura 9 mostra que ao longo do tempo a área das manchas diminuiu, acompanhada de um aumento do número de manchas da planta na zona em estudo (Zona Intermédia). Embora com carácter indicativo, o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis não permitiu rejeitar a hipótese de que as medianas das áreas das manchas são significativamente iguais nos anos em avaliação (Anexo IV).

Todas as manchas digitalizadas nesta análise foram identificadas na Zona Intermédia, verificou-se que áreas ocupadas por jacinto-aquático aumentaram progressivamente, tendo se observado um aumento mais acentuado no ano de 2015 (Figura 10).

Associada a esta metodologia de quantificação da área coberta por jacinto-aquático, existe naturalmente um desvio resultante da subvalorização da área ocupada por esta infestante. A utilização de vários produtos geográficos relativos a anos diferentes implica erro na área ocupada pelas canópias das formações ripícolas, variações na captura das imagens em diferentes momentos do dia e do ano, tal como, uma sucessiva melhoria da tecnologia e da resolução das imagens. Todas estas variáveis mencionadas devem ser tomadas em atenção, uma vez que influenciam a interpretação dos dados resultantes destes produtos geográficos.

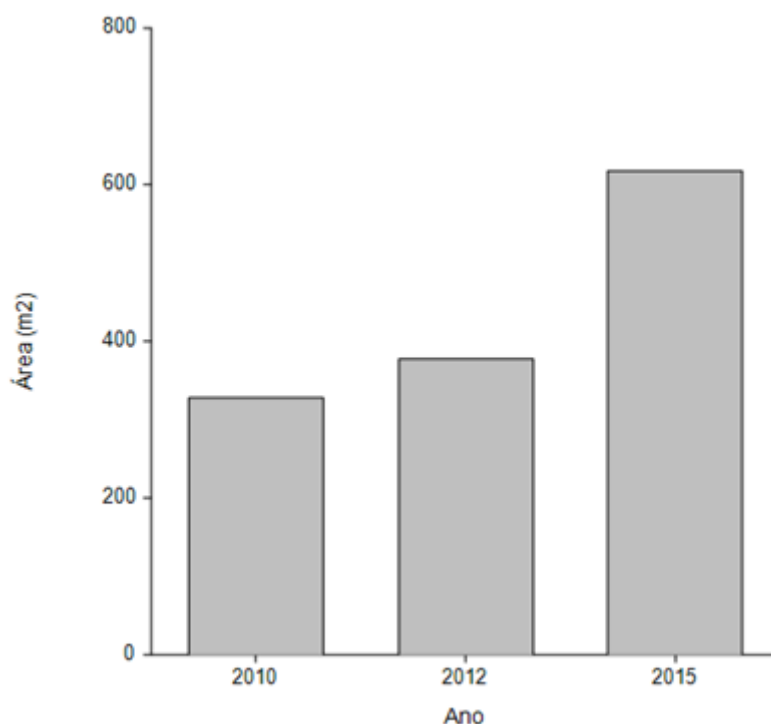


FIGURA 10: EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL (M²) OCUPADA POR JACINTO-AQUÁTICO RELATIVOS AOS ORTOFOTOMAPAS DA CMS.

ii) Ortofotomapas Google Earth Pro

Nesta fase foram utilizadas sete imagens relativas aos anos de 2006, 2016, 2018 e 2019. No total, digitalizaram-se 198 manchas de jacinto-aquático (Figura 11).

Nas imagens referentes ao ano de 2006 (13/02/2006 e 30/10/2006), não foram encontradas quaisquer manchas de jacinto-aquático. A primeira mancha referenciada é relativa a agosto de 2016. Neste ano identificou-se, ao longo da área afetada, dez manchas de jacinto-aquático correspondendo a 2049,3 m² cobertos pela espécie (Anexo V). A área afetada estava distribuída pelas três Zonas (Figura 12), sendo que a maioria dos jacintos-aquáticos se situam em locais afastados da foz, nomeadamente, na Zona Montante.

Relativamente ao ano de 2018, foram avaliadas duas datas referentes aos meses agosto e setembro (18/08/2018 e 21/09/2018) (Figura 12). Constatou-se que houve uma tendência crescente na área total coberta por jacinto-aquático desde 2016, registando-se uma área de 4384,0 m² em agosto e em setembro de 9129,6 m² (Anexo V). A Figura 12 mostra uma grande variação das dimensões das manchas de jacinto-aquático e possui alguns valores extremos referenciando que algumas manchas possuem grandes dimensões.

De forma geral, a invasão foi ganhando maior expressão em 2018 tendo aumentado de forma expressiva entre agosto e setembro em todas as zonas (Figura 12). O jacinto-aquático tem maior expressão nas Zona Intermédia e a Zona Montante. Nestes meses as manchas identificadas foram 45 em agosto e 43 em setembro.

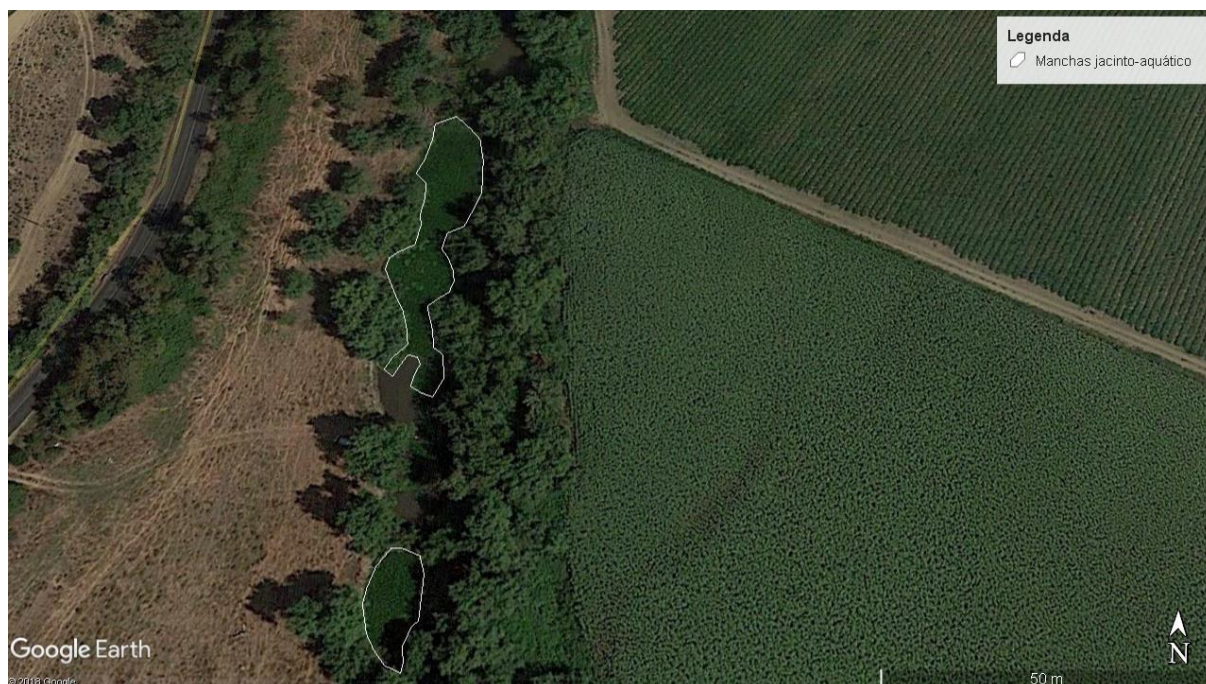


FIGURA 11: EXEMPLO DE DELIMITAÇÃO DE MANCHAS DE JACINTO-AQUÁTICO SOBRE ORTOFOTOMAPA (GOOGLE EARTH PRO, AGOSTO DE 2018).

A invasão no ano mais recente, 2019, também aumentou comparativamente a 2018, como constatado nos ortofotomapas de agosto e setembro (21/08/2019 e 01/09/2019). Em 2019 a área total coberta por jacinto-aquático foi de 12421,0 m² em agosto registando-se 49 manchas da espécie, e em setembro registou-se um total de 22897,2 m² cobertos por jacinto-aquático ao longo das zonas afetadas tendo-se identificado 49 manchas (Anexo V). Nesta análise, continuam a ser os troços de Montante invadidos por jacinto-aquático que demonstram maior preocupação e que possuem maior número de valores extremos na área das manchas (Figura 12).

Portugal Continental, e mais especificamente a área de estudo, durante os anos de 2018 e 2019, foi atingido por um período de seca acompanhado por períodos com temperaturas favoráveis ao crescimento da planta. Estas condições meteorológicas podem ter favorecido o desenvolvimento das manchas de jacinto-aquático, aumentando a sua área, aliado ao facto de não ter havido qualquer intervenção no controlo do jacinto-aquático.

Globalmente, observou-se um sucessivo aumento da superfície total coberta por jacinto-aquático nos 6,31 km onde está presente no rio Alviela (Figura 13b) e um aumento do tamanho das manchas de jacinto-aquático (Figura 13a). Entre a primeira referência em agosto de 2016 e setembro de 2019 a área ocupada pelo jacinto-aquático aumentou 18513,2 m² mostrando haver um grande acréscimo de área. Em setembro de 2019 a invasão pela espécie é superior a 2 hectares (Figura 13b). Constatou-se também uma tendência para um aumento das áreas das manchas de jacinto-aquático em todas as zonas do rio. O teste de variância Kruskal-Wallis e o teste de Dunn permitiram reconhecer que há diferenças significativas entre

o tamanho das manchas entre as várias datas e a data de agosto de 2018, e que há diferenças significativas entre o tamanho das manchas de agosto de 2019 e setembro de 2019, com maior área em setembro de 2019 (Anexo VI).

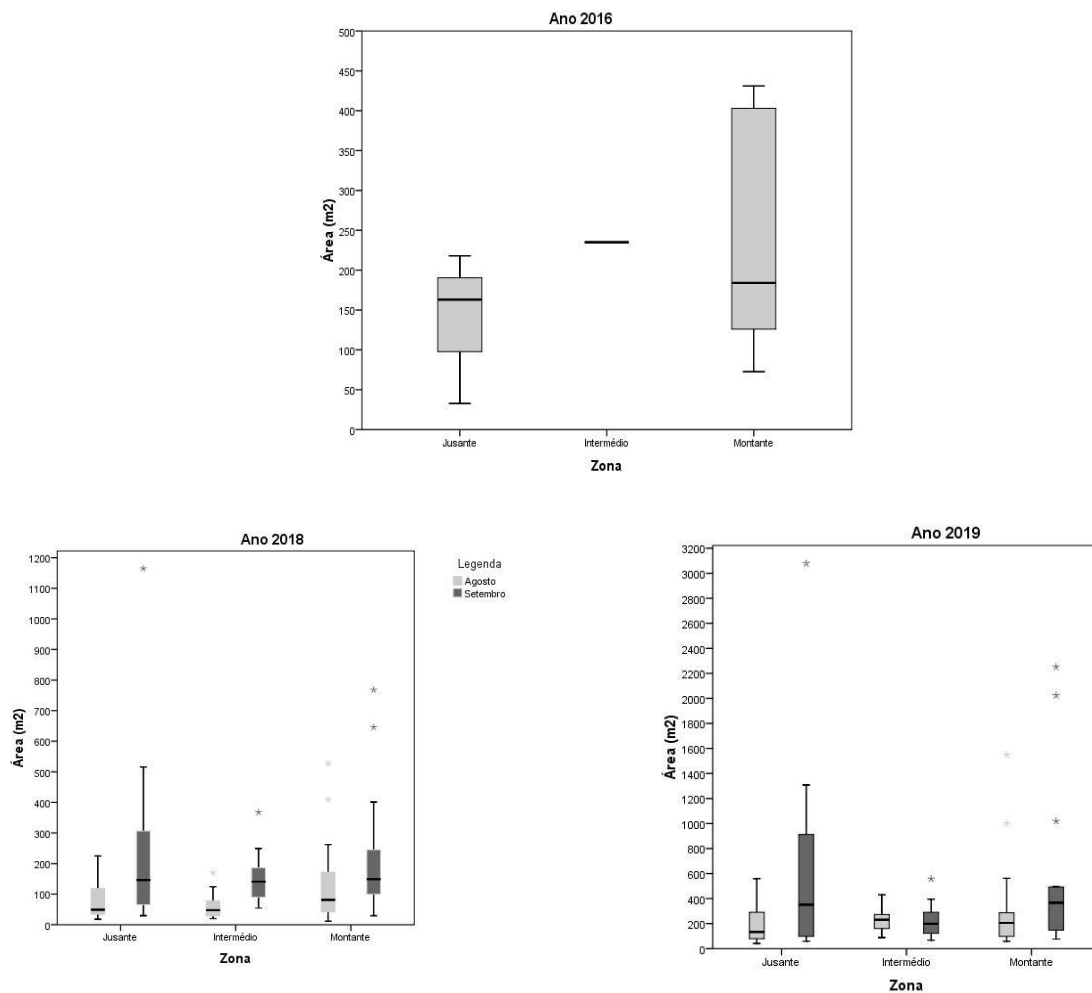


FIGURA 12: CAIXAS-DE-BIGODES DA ÁREA DAS MANCHAS (M²) PARA CADA ZONA DO RIO PARA OS ANOS DE 2016, 2018 E 2019. O SÍMBOLO * REPRESENTA OS VALORES EXTREMOS E ALINHA A MEDIANA DOS VALORES.

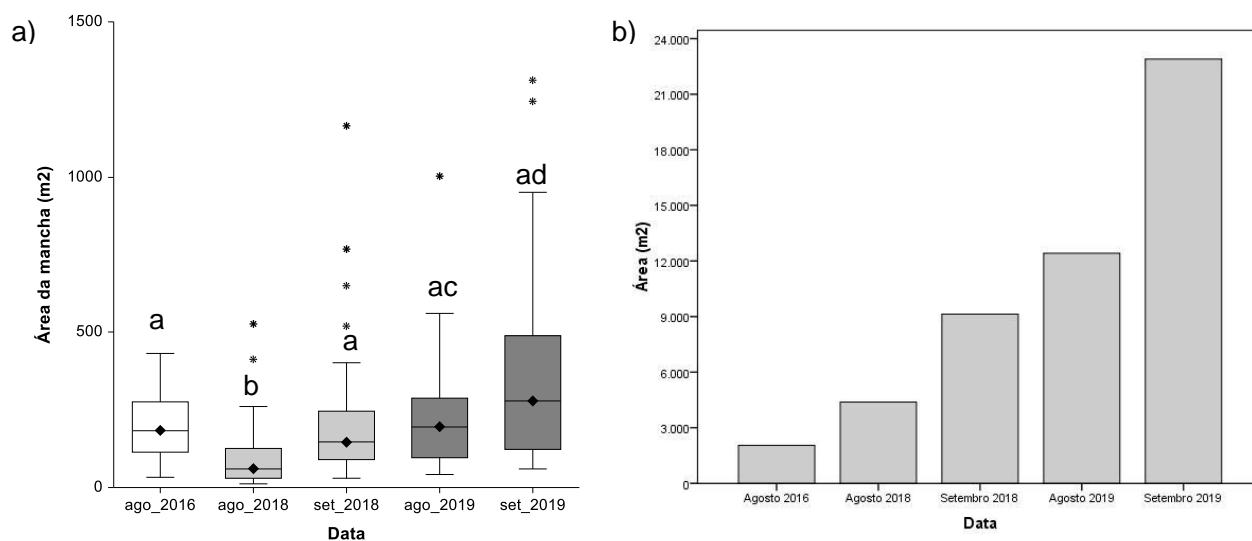


FIGURA 13: A) CAIXAS-DE-BIGODES DA ÁREA DAS MANCHAS (M²) EM TODAS AS ZONAS E NAS DATAS DISPONÍVEIS B) EVOLUÇÃO DA ÁREA (M²) OCUPADA POR JACINTO-AQUÁTICO EM TODAS AS DATAS ANALISADAS (DADOS GOOGLE EARTH PRO). O SÍMBOLO * REPRESENTA OS VALORES EXTREMOS.

4.2. Inquéritos de percepção do público relativo ao jacinto-aquático

No âmbito do protocolo realizado com a Câmara Municipal de Santarém realizou-se um inquérito que pretendeu, fundamentalmente, compreender a invasão do jacinto-aquático no rio Alviela, os prejuízos para a população e a situação atual da invasão (Anexo II). Foram realizadas entrevista a cidadãos do Município de Santarém que residem junto ou tenham especial ligação ao rio Alviela.

As entrevistas não permitiram dar resposta às principais questões, sobretudo por a amostra ser pouco representativa, de apenas quatro inquéritos. No entanto, será de reter, que todos os entrevistados responderam afirmativamente ao referir que a presença do jacinto-aquático causa problemas ao rio, sugerindo que os prejuízos principais associadas a atividades piscatórias e agrícolas.

Relativamente à presença do jacinto-aquático naquele ecossistema, os inquiridos referem que este macrófito está presente no rio Alviela há mais de 20 anos, e apenas um inquirido respondeu ter conhecimento da sua existência há pelo menos dez anos, e que a área ocupada por jacinto-aquático tem vindo a aumentar no sentido jusante-montante. Quanto às causas deste aumento, referem a poluição do rio por indústrias, a resiliência da planta e a sua capacidade de rápida multiplicação.

Os inquiridos referem ainda que o aparecimento da planta no rio Alviela possa ter sido consequência do cultivo do jacinto-aquático em lagos e uma posterior largada voluntária da planta no rio, embora também tivesse sido indicado que a planta tivesse surgido no rio Alviela a partir do rio Tejo.

Apesar de o rio ser navegado por embarcações, a utilização do rio por barcos atualmente é bastante menos frequente. As principais diferenças encontradas pelos inquiridos após a presença do jacinto-aquático foram a menor quantidade de peixe, menor caudal no rio e a acumulação de biomassa no leito. Por último, quando foi pedido uma sugestão para diminuir ou mesmo erradicar o jacinto-aquático no rio Alviela as respostas foram a remoção mecânica da biomassa, a limpeza e desobstrução do leito do rio ocupado por amontoados de resíduos e madeira morta ou por vegetação e ainda, a utilização de herbicida.

4.3. Causas da invasão

Os rios, as zonas húmidas e os habitats ripícolas são os ecossistemas que mais estão sujeitos a perturbações humanas ou hidromorfológicas e são referidos como aqueles que estão mais ameaçados por plantas exóticas invasoras (Hood & Naiman, 2000). De facto, os ecossistemas fluviais são afetados por múltiplas e contínuas pressões, permanentes alterações hidrológicas e perturbações diretas a longo prazo (Aguiar & Ferreira, 2013). Das perturbações, destacam-se a remoção da vegetação ripícola e destruição de habitats, poluição difusa, regulação de caudais, linearização e artificialização das margens e ainda desassoreamento do leito. Estas pressões alteram as características hidromorfológicas, os habitats dulçaquícolas e frequentemente levam à perda das comunidades nativas e a um desequilíbrio nos ecossistemas, que geram perdas significativas dos serviços de suporte, regulação e provisionamento que sustentam (Vilà *et al.*, 2009).

Neste sentido, ecossistemas que estão sujeitos a pressões contínuas tornam-se mais suscetíveis a invasões biológicas, embora estabelecer relações dos efeitos das perturbações nos processos de invasão seja bastante complexo. Porém, existem variadas referências que associam a presença de grandes extensões de jacinto-aquáticos a ecossistemas bastante degradados ou com grandes *inputs* de nutrientes (Moreira *et al.*, 2002; Coetzee & Hill., 2012; Aguiar & Ferreira, 2013; Degaga, 2019).

A BHA está sujeita a várias pressões humanas que alteram a funcionalidade dos ecossistemas fluviais, como são exemplo a poluição pontual e difusa. A primeira perturbação ocorre na nascente do rio Alviela, onde parte do seu caudal é desviado para servir o sistema de abastecimento de água da EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres). Por outro lado, os diferentes usos do solo, sobretudo o uso agrícola, nos terrenos confinantes ao rio provocam uma grande pressão nas galerias ripícolas, ficando estas com uma largura bastante reduzida, verificando-se, em alguns locais, a sua total destruição.

As fontes poluidoras na BHA são essencialmente de natureza doméstica e provenientes das indústrias de curtumes, pecuária (suinicultura, bovinicultura e avicultura), lagares de azeite e agricultura e estão situados principalmente nos Concelhos de Alcanena e Santarém (Hidroprojecto, 2008). O Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras

do Oeste (APA, 2016) identifica diversas fontes de poluição com diferentes graus de severidade associadas. Destas destacam-se fontes de poluição provenientes de instalações de Seveso, instalações PCIP (Prevenção e Controlo Integrado da Poluição) e não PCIP e ETAR (Anexo VII)

A atividade que maior prejuízo causa ao ecossistema do rio e a toda a BHA são as atividades ligadas à indústria dos curtumes situadas nos Municípios de Alcanena e Santarém que em 2012 albergavam, respetivamente, 71,4% e 2,9% das empresas do sector a nível nacional (FESETE, 2012). No processo de curtimento dos couros utilizam-se grandes quantidades de produtos químicos altamente tóxicos ao meio ambiente e esta é uma indústria fortemente geradora de resíduos sólidos (INETI, 2000). O resultado da poluição caracteriza-se por águas com tonalidades escuras, elevados teores de sulfuretos, crómio, eventualmente cloretos (Hidroprojecto, 2008), quanto ao crómio, exposto às condições ambientais oxida, transformando-se para um estado de oxidação hexavalente, crómio (VI), altamente perigoso para a saúde e meio ambiente (INETI, 2000).

A poluição proveniente das atividades agropecuárias é responsável pela degradação do rio Alviela. Nas atividades agrícolas há uma utilização de fertilizantes excessiva, que com as chuvas são lixiviadas até ao rio, por outro lado as atividades pecuárias (suína, bovina, aves) são responsáveis por gerarem resíduos poluentes fundamentalmente caracterizados por elevados teores de matéria orgânica, sólidos totais, coliformes, amoníaco, azoto total, fósforo total, cloretos e cor.

Um estudo adjudicado à empresa Hidroprojecto Engenharia e Gestão SA, para a Câmara Municipal de Santarém pretendeu a elaboração de um trabalho de caracterização do rio e diagnóstico da situação, há data de 2008. O estudo menciona que o rio se encontra poluído em determinados troços. Na avaliação das cargas poluentes das diferentes fontes, refere-se que as atividades que mais contribuíram para a poluição do ecossistema fluvial do Alviela é a indústria pecuária associada à suinicultura, seguida pela indústria de curtumes e menos representativo, efluentes de origem doméstica não tratados ou deficientemente tratados. É ainda referido o funcionamento deficiente do sistema de tratamento de águas e a possível colocação indevida de resíduos animais como estrumes e chorumes que, em épocas de maior pluviosidade, podem ser transportados por arrastamento e ir parar ao rio.

Os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) acompanham e monitorizam a qualidade das massas de água de Portugal. Os dados disponíveis relativamente ao estado do rio Alviela, nos anos 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, indicam que a qualidade das águas superficiais tem a pior classificação possível em praticamente todas as estações disponíveis e em todos os anos do período mencionado em relação a elementos físico-químicos. O Quadro 1 sintetiza a classificação do estado da massa

de água e o parâmetro responsável pela classificação em cada estação de amostragem para o período mencionado acima.

A BHA no seu curso inferior está inserida na Zona Vulnerável a Nitratos. Ao abrigo do Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro, que transpõe a Diretiva Europeia (Diretiva 91/676/CEE, de 12 de dezembro), delimita áreas que drenam águas poluídas ou em risco de virem a tornar-se poluídas com nitratos, como consequências, da utilização excessiva ou incorreta da aplicação de azoto no solo agrícola. O rio Alviela está parcialmente inserido na Zona Vulnerável do Tejo e a União das freguesias de São Vicente do Paúl e Vale Figueira consta na Lista das freguesias em Zona Vulnerável do Tejo.

O Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (APA, 2016), nas suas medidas de mitigação e melhoramento do estado da massa de água sugere, fundamentalmente, um programa de medidas associadas a problemas de cargas poluentes pontuais. Destas destacam-se, enquadrado no “Projeto Alviela”, medidas base como a melhoria da eficiência do sistema de tratamento da ETAR de Alcanena que, de acordo com o documento relativo à Avaliação Intercalar da Implementação das Medidas do PGRH já foi concluída (APA, 2019). Outra medida mencionada é a adaptação da unidade de tratamento de resíduos industriais (“raspas verdes” – restos e aparas de couros sem valor comercial que libertam odores com a decomposição) que segundo o mesmo documento ainda não foi totalmente executada (APA, 2019).

De facto, é bastante evidente que existem fatores de perturbação do ecossistema do rio Alviela. A situação da poluição química e orgânica agrava-se em períodos secos como se tem verificado nos anos transatos, que resulta na diminuição dos caudais do rio, favorecendo as invasões de jacinto-aquático. Como foi referido nas secções anteriores, os habitats preferenciais do jacinto-aquático são locais onde a velocidade do escoamento da água é reduzida ou inexistente. A planta prospera nestas condições de grande poluição e beneficia com águas enriquecidas com nutrientes como fósforo e azoto, aumentando exponencialmente o número de novas plantas. Para finalizar, os ecossistemas fluviais por ação do escoamento, são sistemas facilitadores de sementes e propágulos, aumentando a dispersão de plantas exóticas invasoras (Aguiar & Ferreira, 2013). Assim, o rio Alviela sendo um ecossistema fluvial, torna-se bastante vulnerável à invasão de novas espécies exóticas tal como à expansão daquelas que já existem, como é o caso do jacinto-aquático.

QUADRO 1: PARÂMETROS RESPONSÁVEIS PELA CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS ESTAÇÕES DA REDE DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ALVIELA, NOS ANOS PARA OS QUAIS EXISTEM DADOS DISPONÍVEIS NO SNIRH.

Ano		Estação amostragem (Código da estação SNIRH)			
		Ponte da ribeira (17F/03)	Moseiro (17F/06)	Açude Ponte Pedra (17E/03)	Ponte São Vicente do Paúl (17F/13)
2007	Parâmetro	Crómio e Azoto amoniacal	Fosfatos P2O5, Azoto amoniacal e Cómio	Fosfatos P2O5, Azoto amoniacal e Cómio	Azoto amoniacal, Oxigénio dissolvido (sat), Carência bioquímica de oxigénio, Crómio, Fosfatos P2O5 e Fósforo P
	Classe	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má
2008	Parâmetro	Crómio e Azoto amoniacal	Crómio e Azoto amoniacal	Crómio e Azoto amoniacal	Fósforo P, Carência bioquímica de oxigénio, Condutividade Fosfatos P2O5, Crómio, Oxigénio dissolvido (sat), Azoto amoniacal
	Classe	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má
2011	Parâmetro	Crómio e Azoto amoniacal	Oxigénio dissolvido e Azoto amoniacal	Oxigénio dissolvido e Azoto amoniacal	Coliformes fecais e Coliformes totais
	Classe	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má
2012	Parâmetro	Crómio e Azoto amoniacal	Azoto amoniacal	Azoto amoniacal	Azoto amoniacal, Coliformes totais, Oxigénio dissolvido (sat) e Coliformes fecais
	Classe	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má
2013	Parâmetro	Azoto amoniacal	Azoto amoniacal	Azoto amoniacal	Coliformes fecais, Oxigénio dissolvido (sat) e Coliformes totais
	Classe	E-Muito má	E-Muito má	E-Muito má	D-Má

5. PLANEAMENTO DA GESTÃO DAS INVASÕES

A estratégia de gestão mais apropriada para o jacinto-aquático nem sempre é óbvia e depende de cada local. A sua gestão requer um plano ativo e esforços para o controlo das populações invasoras devido à sua elevada taxa de crescimento vegetativo, rápida capacidade de expansão e dispersão de propágulos. Alguns aspetos a ter em consideração são as características da planta, se há ou não necessidade do uso do curso de água para navegação, o clima, o tamanho e a idade da infestação, a presença ou ausência de infestações para montante, a velocidade da corrente, e ainda os recursos humanos e financeiros disponíveis para gestão das invasões. Assim o principal propósito deste plano é o de providenciar diretrizes para o controlo das infestações atuais e a prevenção do restabelecimento e a propagação do jacinto-aquático no rio Alviela.

Como anteriormente referido, existem diferentes métodos de controlo que englobam métodos físicos, químicos e biológicos e que podem ser aplicados individualmente ou combinados. Para qualquer método aplicado é preciso ter em conta a especificidade do local e assegurar medidas de monitorização das populações, ou seja, um acompanhamento sistemático.

Intervenções pontuais e esforços de controlo não coordenados leva, na maioria dos casos, ao insucesso de todo o planeamento das intervenções, visto que o jacinto-aquático restabelece rapidamente as suas populações. Nesta ótica, as intervenções realizadas geram grandes gastos de energia e esforço, aliados geralmente a elevados recursos humanos e financeiros, que posteriormente se traduzem no desinteresse por parte dos gestores ou decisores políticos em reunir esforços para continuar a controlar as populações.

Na maioria dos casos, a erradicação do jacinto-aquático não é factível, por ser difícil e onerosa, e por isso, uma visão a longo prazo acompanhada por um controlo sistemático, a redução de biomassa e o controlo da sua expansão é o objetivo mais plausível para um programa de gestão.

A remoção do jacinto-aquático não garante a erradicação da espécie embora numa fase inicial esta solução possa ser adequada porque devolve as funcionalidades do ecossistema num curto período, porém, é preciso um acompanhamento permanente de monitorização de forma a evitar a constituição de novos focos. A monitorização deve ser regular e com maior frequência durante a época de crescimento do macrófito. É necessário ter em conta que a partir de uma pequena planta ou apenas de um fragmento se pode originar uma nova invasão. Nesta perspetiva é indicado aqui um plano para o controlo e monitorização do jacinto-aquático. Posteriormente, numa perspetiva de aproveitamento e valorização do recurso sugere-se, ainda, a implementação de uma medida pioneira e inovadora, tanto para aproveitar o jacinto-aquático como recurso natural como o papel que desempenha no ecossistema com a finalidade de servir e aumentar a qualidade do ecossistema fluvial e consequentemente a qualidade e bem-estar humano. O jacinto-aquático é uma planta com grande capacidade de absorver elementos tóxicos e nutrientes da água e pode ser aproveitada como uma ferramenta útil para a depuração e filtração de águas contaminadas.

Conhecendo o contexto do rio Alviela e a seu historial de poluição, sugere-se então um aproveitamento do jacinto-aquático para a implementação de um filtro natural utilizando esta planta. Neste plano consideraram-se sete fases estratégicas, que são detalhadas nos subcapítulos respetivos e resumidas no Quadro 2. Estas fases são específicas da invasão da BHA, mas poderão ser adaptadas para locais com problemas e características semelhantes.

As intervenções a realizar deverão ser coordenadas por um técnico responsável da Câmara Municipal de Santarém. O apoio técnico, é da responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente-Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste (APA-ARH Tejo e Oeste), Município de Santarém e do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF). O apoio logístico deverá reunir esforços do Município de Santarém e União de Freguesias de S. Vicente do Paúl e Vale Figueira. O apoio operacional cabe ao Município de Santarém, à APA-ARH Tejo e Oeste, aos Bombeiros Municipais e à população que pretenda dar o seu contributo de forma voluntária.

QUADRO 2: RESUMO DAS SETE FASES E RESPECTIVAS AÇÕES DO PLANO GESTÃO DO JACINTO-AQUÁTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALVIELA

Fase do plano		Ações	Meios
1	PRE – Ações de gestão já efetuadas na BHA	PRE A1 – Compilação das ações realizadas, meios humanos e materiais e análise do sucesso da intervenção	Recolha de informação na Câmara Municipal de Santarém
2	INFO - Recolha de INFORMAção atual sobre o estado de invasão dos troços a intervencionar	INFO A1 - Detecção remota para avaliação da área invadida atual INFO A2 - Visita de campo para validação da área invadida atual	Imagens Google Earth Pro ou outras; Transporte para visita de campo; material fotográfico; mapas (digitais ou em papel)
3	CONT -CONTrolo e CONTenção	CONT A1 – Remoção mecânica CONT A2 - Remoção pontual manual ou com recurso a embarcações CONT A3 - Limpeza e desobstrução do leito do rio	2 Giratórias e/ou retroescavadoras; 2 Embarcação, com pelo menos, 2 técnicos cada; 7 Fateixas para remover a vegetação manualmente; 1 Barreira de contenção; 2 Motosserras 2 Moto roçadoras Material de equipamento individual (Galochas, Luvas, Capacetes com viseira, Protetores auditivos).
4	MONIT - Plano MONITorização, vigilância e prevenção	MONIT A1 – Remoção mecânica e manual de prevenção/vigilância MONIT A2 – Limpeza do rio/podas MONIT A3 - Mapeamento e acompanhamento contínuo da invasão MONIT A4 - Revisão do Plano de ação	1 Embarcação, com equipa de pelo menos 2 indivíduos; 2 Fateixas para remover as plantas; Material de equipamento individual (Galochas, Luvas, Capacetes com viseira, Protetores auditivos).
5	DEPUR - Implementação do sistema de DEPURação de água	DEPUR A1 - Instalação DEPUR A2 – Manutenção DEPUR A3 - Limpeza e monitorização do funcionamento	2 Barreiras de contenção; Estacas de aço inox; Meio de transporte de plantas e material (contentor estanque de plástico); 2 Fateixas com cabos extensíveis ou telescópicas.
6	VALOR - Aproveitamento, VALORização e encaminhamento do material removido	VALOR A1 – Contacto com proprietários adjacentes e demais interessados; apresentação de sugestões e propostas VALOR A2 – Encaminhamento efetivo da biomassa	Meios para transporte, armazenamento e material associado ao carregamento e/ou espalhamento no solo.
7	PREVEN – PREVENção e Sensibilização	PREVEN A1 – Educação Ambiental nas escolas PREVEN A2 – Sensibilização do público em geral PREVEN A3 – Formação e capacitação de técnicos do Município, proprietários e gestores	Recursos humanos para criação dos instrumentos de informação (panfletos, gestão de páginas de redes sociais); Técnicos especializados para realização de visitas de campo e ações de controlo do jacinto-aquático; Formadores para lecionar cursos de gestão das espécies invasoras

5.1. Fase PRE - Ações de gestão já efetuadas na BHA

Numa tentativa de mitigar um problema ambiental de degradação do equilíbrio dos ecossistemas, a Câmara Municipal de Santarém pretendeu desenvolver e cooperar num plano de controlo, monitorização, avaliação e comunicação com o intuito de erradicar as espécies exóticas invasoras nos recursos hídricos do Concelho. Neste momento, foi já realizada uma ação de controlo do jacinto-aquático promovida pelo Município que contou com entidades públicas com competências integradas em matérias de política da água e da conservação da biodiversidade e por voluntários com interesse nas problemáticas ambientais do Concelho e com vontade na participação pública. A participação pública em projetos científicos numa perspetiva de ciência-cidadã foi também um dos objetivos deste projeto de forma a integrar toda a sociedade ao serviço dos interesses da própria comunidade (Figura 15).

Esta ação foi realizada em janeiro de 2018 e efetuaram-se duas intervenções no troço final do rio Alviela. A primeira intervenção teve lugar na foz do rio (Figura 14), numa extensão de cerca de 200 metros de manchas de jacinto-aquático. Na impossibilidade de utilizar máquinas devido à falta de acessibilidade, a biomassa de jacintos-aquáticos foi removida manualmente e com recurso a embarcações. Os recursos materiais e humanos utilizados nesta intervenção foram:

- Equipa de 6 pessoas;
- Barco de bombeiros;
- Barco da APA-ARH do Tejo e Oeste;
- Fateixa e ancinhos;
- Botas de pescador e Luvas.



FIGURA 14: RESULTADOS ANTES (À ESQUERDA) E APÓS (À DIREITA) A PRIMEIRA INTERVENÇÃO DA CMS, NA FOZ DO RIO ALVIELA.

A segunda intervenção foi realizada imediatamente a montante da primeira ação, na Enseada (Figura 16), onde os mantos de jacinto-aquático possuíam uma extensão de 200 metros ao longo do rio. Neste local, foi possível recorrer a um controlo mecânico junto da margem do rio por se verificarem boas acessibilidades para colocar maquinaria e um caudal que permitia a navegabilidade das embarcações. Assim, os jacintos-aquáticos foram removidos mecanicamente por uma retroescavadora auxiliada por barcos e pessoas que

manualmente concentravam as plantas para a margem (Figura 14). Os recursos utilizados nesta intervenção foram:

- Equipa de 3 pessoas;
- Retroescavadora com braço extensível;
- Botas de pescador e Luvas;
- Ancinhos;
- Rede de malha larga.

Neste conjunto de ações que foram realizadas, ficou ainda planeada uma próxima ação de controlo do jacinto-aquático após ter sido identificada uma população de grandes dimensões (cerca de 450 metros de extensão). O plano estima que seria necessário aproximadamente 2 a 3 dias de trabalho junto à Ponte Romana de São Vicente do Paúl, refere que existem boas acessibilidades para uma ação mecânica e com acessibilidade para colocação de embarcações na água.



FIGURA 15: TRABALHOS DE REMOÇÃO DE JACINTO-AQUÁTICO NO RIO ÁLVIELA COM RECURSO A EMBARCAÇÕES (À ESQUERDA) E MANUALMENTE COM A AJUDA DE VOLUNTÁRIOS (À DIREITA).



FIGURA 16: RESULTADO ANTES (À ESQUERDA) E APÓS (À DIREITA) A SEGUNDA INTERVENÇÃO DA CMS, NA ENSEADA, NO RIO ÁLVIELA.

5.2. Fase INFO - Recolha de INFOrmação sobre o estado de invasão dos troços a intervir

Apesar deste plano ter sido realizado com base na data atual (setembro 2019), deverão ser realizados estudos para validação da informação recolhida.

Ação 1 – Detecção remota para avaliação da área invadida atual

Antes de qualquer intervenção é de extrema importância identificar os principais focos de jacinto-aquático, que são aqueles que têm área maior e que são passíveis de causar maiores constrangimentos. Posteriormente, é necessário assegurar que nenhuma vala ou ribeira que drena para o rio Alviela esteja já invadida. Para definir cada método de controlo procedeu-se a uma prévia análise a cada troço, ou conjunto de troços com características semelhantes, e adequou-se o tipo de gestão a cada troço. Foi também analisada a adequação dos métodos de controlo ao objetivo específico deste plano.

Ação 2 - Visitas de campo para validação da área invadida atual

Será necessária uma verificação em campo, uma vez que a deteção remota de invasões nos afluentes através dos ortofotomapas não permitiu esta avaliação, devido ao reduzido tamanho destes cursos de água. Neste caso, o principal afluente que possa estar sujeito a contaminação por jacinto-aquático é a Vala de Outeiro. Os meios utilizados serão a colocação de redes metálicas de contenção para reter a infestação e evitar que esta evolua para o rio Alviela.

5.3. Fase CONT - Plano de CONTrolo e CONTenção

Troços a intervir

A intervenção será realizada em toda a extensão do rio Alviela nos locais infestados por jacinto-aquático, ao longo dos cerca de 6,31 km, entre o troço que se desenvolve a jusante da Vala de Outeiro até à foz do rio Alviela. A extensão do rio está dividida em 3 zonas que possuem cada, 8 troços ou secções de 250 m que englobam toda a área do rio infestada com um total de 24 troços (Figura 7).

Da análise efetuada no capítulo 3, as áreas prioritárias são aquelas onde a área coberta pelo jacinto-aquático tem vindo a ganhar maior expressão, nomeadamente na Zona Intermédia e sobretudo na Zona Montante. Para além do critério de maior área do curso de água invadida, estas zonas foram selecionadas numa perspetiva preventiva, uma vez que estas zonas são potenciais focos de dispersão da planta. Desta forma, pretende-se diminuir o foco de contaminação nas zonas superiores de modo a limitar a invasão de troços a jusante

Ação 1 – Remoção mecânica

Os trabalhos mecânicos de remoção, com recurso à giratória/retroescavadora nas margens será complementado com as embarcações no curso de água que permitem agrupar e dirigir a biomassa para as margens, ao alcance das máquinas. É ainda necessário algum trabalho manual para desprender plantas que eventualmente estejam escoradas nas margens de modo a facilitar os trabalhos de remoção feito com a maquinaria.

Pretende-se dar início às intervenções, se possível, em dois troços em simultâneo (2 equipas), na Zona Montante, nomeadamente, uma a montante da Ponte Romana, no troço 23 e a segunda, ainda na mesma zona, mas imediatamente a jusante da Ponte Romana no troço 20 (Figura 7).

Cada equipa, após terminar as intervenções num determinado troço, deverá continuar os trabalhos sempre de montante para jusante. De modo semelhante, em cada troço, as intervenções deverão ser realizadas no sentido montante-jusante. O material removido será colocado na margem para desidratação num local afastado da mesma, que impossibilite uma possível reinfestação. O destino final da biomassa dependerá do interesse manifestado por agricultores na utilização agrícola. No entanto, há que ter em conta a legislação em vigor sobre plantas invasoras.

Esta ação deve ser realizada durante a fase de latência anual do jacinto-aquático, uma vez que a planta é sensível ao frio, com a descida da temperatura tenderá a desaparecer, crescendo novamente quando as temperaturas voltam a subir. Assim a ação deverá ser realizada, a partir do início de novembro até, no máximo, finais de abril.

Deverá sensibilizar-se os operadores das máquinas para uma cuidada realização dos trabalhos e manuseamento das máquinas, por um lado, pela grande suscetibilidade dos taludes ao desmoronamento, e por outro, pela possibilidade de destruição da vegetação ribeirinha.

Ação 2 – Remoção pontual manual ou com recurso a embarcações

Antes de finalizar os trabalhos em cada troço e de passar para o troço seguinte deverá ser realizada uma inspeção em zonas de difícil acesso, que poderão ter propágulos de jacinto-aquático. Recomenda-se a remoção manual de plantas se possível com embarcação, contudo, se o acesso a partir de barcos não for possível terá de ser realizado manualmente a partir das margens com recurso a fateixas. Esta ação tem também o objetivo de monitorizar o sucesso das medidas de controlo da Ação 1.

Esta intervenção deve, obrigatoriamente, suceder à Ação 1, estimando-se que deverá realizar-se no máximo até 1 semanas após esta ação. É de extrema importância, pois eventuais focos de jacinto-aquático poderão comprometer todo o planeamento realizado devido ao seu rápido crescimento.

Ação 3 – Limpeza e desobstrução do leito do rio

A limpeza e desobstrução do rio é uma ação necessária para manter o leito desimpedido e o escoamento natural do rio, a acumulação de resíduos cria zonas de águas paradas e habitats propícios para o desenvolvimento do jacinto-aquático. Esta ação pretende desimpedir o rio de materiais lenhosos e outros resíduos, provenientes da bacia de escoamento ou de montante. Estes pequenos amontoados ou pequenos açudes não só põem em perigo as populações com o risco de cheia como promovem a fixação do jacinto-aquático às margens e a criação de focos de infestação. A realização de uma limpeza facilita, também, a operacionalização das embarcações no leito do rio no decorrer das fases controlo e monitorização.

Nesta fase devem-se realizar os trabalhos de manutenção segundo as recomendações da APA. Assim, as intervenções deverão:

- ser realizadas de jusante para montante;
- ser realizadas manualmente ou com equipamentos de corte ligeiro (p.e. motosserras, moto-roçadoras), não recorrer a meios mecânicos pesados;
- ser efetuadas do modo mais rápido e silencioso possível;
- realizar os trabalhos antes do período das chuvas e fora da época de reprodução da avifauna e ictiofauna locais;
- preservar a vegetação e fauna autóctone característica da região, promovendo, sempre que possível, a plantação de espécies autóctones em locais sem vegetação;
- ser realizadas numa margem de cada vez;
- incluir a realização de cortes e podas de formação da vegetação existente, se necessário, garantindo sempre o ensombramento do leito, e garantindo a preservação das comunidades existentes;
- manter a geometria da secção e não linearizar a linha de água;
- ter uma periodicidade entre 2 a 3 anos, para permitir intervenções mais ligeiras (monitorização);
- permitir que o material retirado possa ser separado e valorizado;
- sempre que possível, ser efetuadas de forma conjunta e em coordenação com os diversos proprietários e freguesias.

5.4. Fase MONIT - Plano de MONITorização, vigilância e prevenção

Para a gestão do jacinto-aquático nos ecossistemas naturais deve dar-se uma grande relevância à monitorização seguindo uma cultura de prevenção após as grandes intervenções. Se este acompanhamento não for realizado, a primeira fase dos trabalhos não terá efeito a médio/longo prazo, uma vez que é provável que após um ano as populações de jacinto-

aquático estejam restabelecidas. Completadas as fases iniciais de controlo da planta, a fase de monitorização é aquela que se irá prolongar mais no tempo.

A monitorização é parte fundamental deste plano para assegurar que o mesmo tem vindo a ser realizado com bons resultados. Deverá haver uma alternativa ao plano inicial no caso de os métodos de controlo não terem o sucesso pretendido. Assim, todos os trabalhos devem ser monitorizados e avaliados para que as ações de gestão possam ser adaptadas à medida que vão sendo efetuadas.

Ação 1 - Remoção mecânica e manual de prevenção/vigilância

Esta ação é realizada por uma equipa que, periodicamente, navega o rio Alviela para deteção e remoção de eventuais plantas que estejam no leito ou nas margens do rio. Numa perspetiva de aproveitamento e rentabilização dos trabalhos, pretende-se ainda que nas visitas ao rio se identifique os locais onde existe acumulação de materiais vegetais e/ou outros resíduos que possam favorecer o estabelecimento do jacinto-aquático. Como o rio não está totalmente infestado é importante que haja acompanhamento nas zonas não infestadas, principalmente na extremidade a montante da invasão biológica.

Os trabalhos deverão ser realizados durante todo o ano, porém devem intensificar-se os esforços na altura em que a planta se desenvolve com maior agressividade, que corresponde à época do ano mais quente, na primavera e verão. As intervenções deverão ser realizadas mensalmente entre novembro e março, que corresponde à época fria, por outro lado durante o período mais quente, entre abril e outubro, as visitas ao rio Alviela deverão ser realizadas bimensalmente.

Sugere-se que as zonas infestadas sejam visitadas imediatamente após grandes chuvadas ou cheias, e também, após períodos com temperaturas muito baixas (abaixo dos 0°C). Após estes eventos, as manchas tendem a se alterarem, no caso de grande períodos e chuva as manchas de jacinto-aquático podem ser arrastadas pela água em direção à foz ou acumulam-se em outros locais do rio. Em períodos de temperaturas muito baixas as plantas reagem parando o seu crescimento e ganham uma tonalidade amarela/castanha. Estes momentos constituem oportunidades e são úteis para verificar a estado da invasão por jacinto-aquático e avaliar a necessidade de empenhar esforços imediatos de controlo e gestão.

No troço 10 - Zona intermédia - na Ponte das Lezírias existe um açude com cerca de 0,5 m de altura que não é transponível em situações de caudais reduzidos. Nesse local existe uma pequena barreira que constitui uma zona de escoamento muito reduzido que pode eventualmente ser um local propício ao estabelecimento do jacinto-aquático. Recomenda-se sempre a sua monitorização para verificação do estado do local.

Ação 2 - Limpeza do rio/podas

Esta ação tem como objetivo realizar uma limpeza do sistema fluvial no que diz respeito a possíveis acumulações de materiais lenhosos, como troncos, ramos e outros resíduos vegetais. Pretende-se que a limpeza dos leitos ou podas de formação da galeria ripícola sejam ligeiras mantendo, o máximo possível, a naturalidade do local conservando o ensombramento do leito do rio. As orientações de trabalho estão listadas na Ação 3 da Fase CONT.

Este trabalho deverá ser realizado com uma frequência de dois a três anos durante o verão, pois é a época de caudais reduzidos que possibilita uma maior acessibilidade dos trabalhadores aos locais, permite identificar grandes aglomerados do inverno transato e corresponde à altura do ano que menor impacto cria à fauna selvagem existente, nomeadamente a avifauna.

Ação 3 – Mapeamento e acompanhamento contínuo da invasão

Esta ação pretende avaliar sistematicamente a extensão da invasão no rio Alviela. Sugere-se que se acompanhe e se construam mapas através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para avaliar a extensão total da área ocupada por jacinto-aquático. Esta medida permite visualizar as zonas do rio mais infestadas pela planta e possibilita avaliar as zonas mais suscetíveis a novas infestações. Posteriormente, a informação recolhida permite destacar meios específicos para cada situação, priorizar metodologias e áreas a intervencionar, e ainda, auxilia a tomada de decisão caso seja necessário a alteração das metodologias de ação utilizadas para o controlo e gestão do jacinto-aquático.

Ação 4 – Revisão do Plano de ação

O Plano de controlo e gestão, para alcançar maior sucesso, deverá ser revisto e adaptado às necessidades de cada momento e podem ser definidas novas metodologias, de modo a serem cumpridos os objetivos centrais do plano. A informação recolhida na Ação 3 da presente fase serve de suporte para avaliar a necessidade da reformulação do plano. Uma vez que o crescimento vegetativo do jacinto-aquático é muito rápido esta fase não pode ser adiada, as tomadas de decisão devem acompanhar o desenvolvimento das plantas, de forma a que haja uma deteção precoce do estado da invasão aliada a uma capacidade a ação rápida. A inação conduzirá ao fracasso do plano.

5.5. Fase DEPUR - Implementação do sistema de DEPURação de água

O jacinto-aquático pode ser integrado num sistema de filtragem e depuração das águas do rio que tem uma utilização e manutenção bastante simplificada, esta utilização traz grandes benefícios aos ecossistemas aumentando a qualidade da água. Este sistema natural de depuração de água pretende cultivar o jacinto-aquático num sistema fechado, de forma a

impedir a saída das plantas para o exterior. Esta fase inclui ações de implementação, manutenção e monitorização do sistema.

Ação 1 - Instalação

Com esta ação pretende-se cultivar o jacinto-aquático num ambiente controlado. Assim, serão colocadas junto à margem barreiras de contenção, onde no seu interior serão colocadas as plantas. As barreiras deverão ficar ancoradas à margem e fixadas a estacas de aço inox, totalmente vedadas impossibilitando que qualquer planta saia para o exterior. Pretende-se instalar dois sistemas que terão as dimensões 3 m x 10 m perfazendo um total de 60 m² de leito de macrófitas. As barreiras terão de ser colocadas em zonas de fácil acesso para facilitar as ações de monitorização e manutenção. Desta forma sugere-se que seja localizada na Zona Intermédia, nomeadamente nos troços 18 e 20 junto à margem direita, pois são locais onde há bons acessos e não existe uma galeria ripícola demasiado densa. O sistema terá de ser dimensionado e instalado considerando possíveis subidas do nível da água em períodos de maior precipitação.

Ação 2 – Manutenção

O trabalho a realizar para manter o funcionamento do sistema de depuração do Alviela consiste principalmente na remoção de biomassa do interior das barreiras de contenção. Pretende-se que sejam retiradas periodicamente as plantas de jacinto-aquático para garantir que estas tenham sempre espaço disponível para se desenvolverem horizontalmente. Deve-se evitar o desenvolvimento excessivo que leva a planta a crescer na vertical (Figura 7), para assegurar que nenhuma planta escapa e para diminuir o risco de possíveis acidentes em caso de tempestades ou inundações (Yan & Guo, 2017). O encaminhamento e valorização do material vegetal removido do sistema de depuração de água deverá seguir as recomendações indicadas na Fase VALOR.

Esta ação deverá realizar-se com uma periodicidade mensal nos meses de menor desenvolvimento do jacinto-aquático (novembro-março). Em meses mais quentes que coincide com maiores taxas de crescimento (abril-outubro) sugere-se que se realize esta ação duas vezes por mês.

Ação 3 - Limpeza e monitorização do funcionamento

Esta ação tem como objetivo a realização da limpeza periódica das barreiras de contenção para remoção de resíduos ou outros materiais orgânicos que se possam acumular na sua envolvente. Pretende-se também garantir que todo o dispositivo se encontra nas devidas condições de segurança, nomeadamente assegurando que a sua estrutura está

devidamente imobilizada junto da margem e verificar as condições dos materiais utilizados para garantir plenamente o seu funcionamento.

Fazer um acompanhamento da quantidade de biomassa removida e a quantidade de poluentes removidos, através de análises periódicas aos diferentes órgãos da planta, iria ajudar a avaliar a eficiência do sistema na depuração da água do rio Alviela e a compreender os benefícios da implementação de um sistema na remoção de poluentes.

Este trabalho deverá realizar-se com uma periodicidade mensal para garantir o funcionamento do sistema. É de referir que se deve ter especial atenção em meses de maior pluviosidade que aumentam o caudal do rio e transportam maiores quantidades de resíduos sólidos que se podem acumular na envoltória do sistema.

5.6. Fase VALOR - Aproveitamento, VALORização e encaminhamento do material removido

O aproveitamento, a valorização, e o encaminhamento da biomassa de jacinto-aquático deve ser uma componente importante de qualquer plano integrado de gestão desta planta invasora. Esta medida deve ser bem equacionada pois um deficiente encaminhamento dos resíduos pode pôr em causa o plano e criar novos desafios. Os resíduos, após a sua recolha podem ser tratados como lixo ou podem ser utilizados como um biorecurso em projetos de engenharia (Yan & Guo, 2017).

O jacinto-aquático tem uma percentagem superior a 90% de água (Su *et al.*, 2018). Uma vez que a maioria do peso da planta é água, numa primeira instância os resíduos serão colocados numa das margens do rio para desidratar, ou seja, para perder água e volume. Os resíduos têm de ser colocados a uma distância suficiente do canal para evitar que pequenos fragmentos possam retornar ao curso de água. Apesar de, em Portugal, não se verificar produção de sementes pelo jacinto-aquático em meio natural, o seu manuseamento deve ter em consideração o potencial que a planta tem na produção de sementes e os cuidados associados de uma possível propagação via seminal.

Paralelamente, ter-se-á de realizar uma sondagem que permita inferir a disponibilidade e interesse dos proprietários de terrenos confinantes ao rio ou outros, com interesse em colocar resíduos no solo para a fertilização do mesmo (**Ação 1**). É de salientar que a utilização e o aproveitamento da biomassa de jacinto-aquático devem ter sempre em consideração a legislação em vigor (Dec-Lei n.º 92/2019) uma vez que se está a lidar com uma planta exótica.

Por outro lado, com o sistema de depuração de água implementado seria interessante realizar análises para verificar a bioacumulação do jacinto-aquático por poluentes. Desta forma, sugere-se que sejam feitas análises aos diferentes órgãos vegetais tanto à planta verde como à planta seca, de modo a inferir o grau de contaminação de poluentes e verificar se é possível dar uso ao resíduo posteriormente. Se se verificar que a acumulação não é prejudicial

para o ecossistema, o material deverá ser utilizado para fertilizante verde, de forma contrária, se o resíduo acumular poluentes que possam pôr em causa a funcionalidade do ecossistema, a viabilidade de terrenos agrícolas ou a saúde pública, então o material vegetal deverá ser eliminado com recurso à incineração (Yan & Guo, 2017). A última ação (**Ação 2**) corresponde ao encaminhamento efetivo do material, para incorporação no solo, alimentação do gado, para estação de depuração ou para aterro municipal. Esta ação dependerá da quantidade de biomassa a retirar, bem como da disponibilidade e aceitação das várias partes interessadas.

5.7. Fase PREVEN - PREVENção e sensibilização

A fase PREVEN deve assentar em ações de educação e sensibilização cívica e ambiental, destacando a importância da preservação dos recursos naturais, e especificamente, a problemática das invasões biológicas. A formação e capacitação para a gestão das espécies exóticas também deverá ser contemplada nesta fase. As ações devem acompanhar em qualquer momento o Plano de gestão e controlo e devem ser destinadas a variados públicos-alvo. As atividades de sensibilização e formação têm o objetivo de despertar a consciência ambiental do público em geral (grupos escolares com programas de educação ambiental e atividades de sensibilização para públicos adultos), capacitar os trabalhadores e técnicos dos Municípios, e ainda, os proprietários dos terrenos confinantes ao rio, para que se efetuem as melhores práticas associadas ao controlo e gestão das plantas invasoras e mais concretamente, o jacinto-aquático. As ações a desenvolver são:

- Oficinas de identificação de espécies exóticas invasoras, com ênfase para o jacinto-aquático;
- Divulgação e informação acerca do jacinto-aquático e a problemática das espécies invasoras através da distribuição de panfletos e utilização das redes sociais;
- Divulgação de eventos através dos *media* locais, através da rádio (Rádio RCA) ou jornais (O Mirante, O Ribatejo)
- Elaboração de documentos periódicos informativos acerca do plano de controlo do jacinto-aquático – Seguimento e divulgação dos trabalhos de monitorização;
- Ações de sensibilização e campanhas de controlo de espécies invasoras;
- Seminários de divulgação de resultados;
- Realização de ações de formação para técnicos municipais, proprietários e gestores;
- Promoção de visitas de estudo com as escolas e percursos interpretativos – Utilização do rio Alviela como objeto de estudo.

O Município de Santarém tem realizado ações de sensibilização e valorização do património natural do Concelho, é o caso de o projeto municipal “Reabilitar Troço a Troço” que tem o objetivo de sensibilizar os proprietários dos terrenos adjacentes às linhas de água, restabelecendo a conectividade dos cursos de água. Neste sentido, deve-se enquadrar a

temática das invasões biológicas e da identificação das plantas exóticas invasoras para sensibilizar o público da problemáticas e da sua situação no Município.

6. CONCLUSÕES

O Plano de gestão das infestações de jacinto-aquático no rio Alviela foi desenvolvido com intuito de controlar o jacinto-aquático que tem vindo a ocupar grandes áreas dos ecossistemas dulçaquícolas de Portugal. O jacinto-aquático é uma espécie exótica invasora que altera significativamente os ecossistemas e ameaça a biodiversidade nativa. A iniciativa de desenvolver um Plano de gestão partiu da Câmara Municipal de Santarém com o objetivo de conservar o património natural endógeno. Pretende-se assim, que as medidas propostas constituam uma mais valia para a Autarquia e que possa, futuramente, ser integrado no Plano Diretor Municipal.

O Concelho de Santarém ocupa parte da BHA e a área infestada por jacinto-aquático está completamente inserida na sua área administrativa. Contudo, os esforços para conservar o ecossistema do rio Alviela, na sua componente de controlo e gestão de espécies exóticas, nomeadamente, o jacinto-aquático, devem ser conjuntos, englobando as Autarquias inseridas na BHA, os proprietários dos terrenos confinantes ao rio e ainda o público em geral para preservar um bem natural comum.

O Plano, no seu desenvolvimento contempla uma análise da invasão que avalia a extensão da área ocupada pelo jacinto-aquático. A área ocupada pelas populações de jacinto-aquático em setembro de 2019 foi superior a dois hectares, tendo-se registado um aumento exponencial das populações da espécie ao longo do tempo. De maneira geral, constata-se que o jacinto-aquático está localizado nos troços superiores do rio Alviela, embora a invasão esteja distribuída nas três Zonas consideradas, ocupando uma extensão de 6,31 km.

O crescimento vegetativo do jacinto-aquático e o desenvolvimento das suas populações é facilitado pela presença de águas enriquecidas por nutrientes e outros poluentes. A BHA tem um passado de ocupação e utilização do rio pelo que este ecossistema tem um historial associado a problemas graves de poluição. O passivo de poluição e contaminação do rio Alviela afeta não só a biodiversidade nativa como constitui um problema de saúde pública às populações que vivem junto do rio. Neste sentido, reduzir as populações da planta implica também reduzir significativamente as fontes de contaminação. Será, portanto, fundamental identificar as fontes de poluição e responsabilizar os poluidores para que haja um aumento da qualidade da água do rio.

Neste plano não se contabilizaram os custos do controlo e gestão do jacinto-aquático, o que constitui uma desvantagem à sua implementação. Porém, segundo a bibliografia, as intervenções de controlo inicial de remoção da biomassa são as que dependem de maiores recursos financeiros. Ao longo do tempo, os custos das ações posteriores, isto é, as ações de monitorização e acompanhamento, vão sendo reduzidos progressivamente.

A Câmara Municipal de Santarém promove a participação pública nas diferentes atividades que organiza, e por isso, o plano integra um eixo essencial estratégico de sensibilização, educação e formação. Pretende-se dar a conhecer os problemas das espécies invasoras e capacitar para o seu controlo, englobando o público adulto e o mais jovem, assim como, trabalhadores e privados que no seu quotidiano fazem a gestão e manutenção de espaços naturais. O objetivo é dar a conhecer a importância da conservação dos ecossistemas naturais e a forma de como deve proceder para o controlo do jacinto-aquático.

Finalmente, para mitigar os problemas das invasões biológicas sugeriu-se a implementação de um sistema de depuração de água no rio Alviela. Este dispositivo pretende demonstrar uma forma de aproveitar o jacinto-aquático e a sua eficácia no tratamento de águas altamente poluídas. A utilização do jacinto-aquático para filtração de água, em ambiente controlado e com conhecimento adequado, pode trazer grandes vantagens na melhoria da qualidade da água (Yan & Guo, 2017). A implementação deste sistema no rio Alviela é simbólica uma vez que as suas dimensões teriam de ser ajustadas à natureza da bacia hidrográfica e à grau de perturbação humana, porém, serve de incentivo a futuras utilizações da fitorremediação com recurso ao jacinto-aquático.

7. REFERÊNCIAS

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA), (2016). *Plano de Gestão de Região Hidrográfica: Parte 2 – Caracterização e diagnóstico: Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5)*, 215 pp
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA), (2019). *Plano de Gestão de Região Hidrográfica: Avaliação intercalar de implementação de medidas – Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5)*, 179 pp
- Aguiar FCF, Ferreira MT, (2013). Plant invasions in the rivers of Iberian Peninsula, south-western Europe: A review, *Plant Biosystems* 147: 1107-1119
- Akbay KS, (1991). Using optimization and simulation techniques to estimate initial weevil populations. *Journal Aquatic of Plant Management*, 29: 21-24
- Akbay KS, Howell FG, Wooten JW, (1991). A computer simulation model of waterhyacinth and weevil interactions. *Journal Aquatic of Plant Management*, 29: 15-20
- Almeida JD, (2018). New additions to the exotic vascular flora of continental Portugal. *Flora Mediterranea*, 28: 259-278
- Alves ASCR, (1994). Estudos preliminares para a luta biológica contra o jacinto aquático (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.). *Relatório de Trabalho de fim de curso de Engenharia Agronómica*, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 63pp
- Asrari E, Nezhad G, (2017). Evaluation of cadmium removal from the water in phytoremediation process using *Eichhornia crassipes*. *Pollution*, 3: 29-38
- Barrett SCH, (1980). Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). II. Seed production in natural populations. *Journal of Applied Ecology*, 17: 113-24
- Bicudo D, Fonseca B, Bini L, Crossetti L, Bicudo C, Araujo-Jesus T, (2007). Undesirable side-effects of water hyacinth control in a shallow tropical reservoir. *Freshwater Biology*, 52: 1120–1133
- Buddington RK, (1980). Hydrolysis-resistant organic matter as a reference for measurement of fish digestive efficiency. *Transactions of the American Fisheries Society*, 109: 653-656
- Caeser AJ, (2011). The importance of intertrophic interactions in biological weed control. *Pest Technology*, 5: 28-33

Câmara Municipal de Águeda, (2012). Ceifeira aquática para controlo do jacinto-de-água. Agrotec: revista técnico-científica agrícola, n.º3 junho, *Publindústria*, 120 pp

Câmara Municipal de Alcanena (CMA), (2014). *Plano Municipal Defesa Contra Incêndios Florestais de Alcanena - 2013-2017 (Informações base – Caderno I)*, Comissão Municipal de Defesa da Floresta, 76 pp

Câmara Municipal de Santarém (CMS), (2014). *Plano Municipal Defesa Contra Incêndios Florestais de Santarém - 2013-2017 (Informações base – Caderno II)*, Comissão Municipal de Defesa da Floresta, 90 pp

Catarino L, Moreira I, Ferreira T, Duarte MC, (2001). Plantas aquáticas infestantes de valas e canais, *ISA Press*, Lisboa, 100-101

Catarino LF, Ferreira MT, Moreira I, (1997). Preferences of grass carp for macrophytes in Iberian drainage channels. *Journal of Aquatic Plant Management*, 36: 79-83

Catarino LMF, (1995). Ecologia das infestantes aquáticas em canais de rega e utilização da carpa herbívora em protecção integrada. *Dissertação Mestrado em Protecção Integrada. Instituto Superior Agronomia*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 128 pp

Center TD, Dray Jr FA, Jubinsky GP, Grodowitz MJ, (1999). Biological control of water hyacinth under conditions of maintenance management: can herbicides and insects be integrated?, *Environmental Management*, 23: 241-256

Center TD, Hill MP, Julien, Cordo HA MH, *Waterhyacinth*. (In): Van Driesche R *et al.*, (2002), *Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States*, USDA Forest Service Publication FHTET-2002-04, 41-64, disponível em: <https://www.invasive.org/biocontrol/4WaterHyacinth.cfm>.

Cho M, Tifuh J, (2012). Quantification of the impacts of water hyacinth on riparian communities in Cameroon and assessment of an appropriate method of control: the case of the Wouri River Basin. *World Maritime University Dissertations*, Malmö, Sweden, 103 pp

Cifuentes N, Hurtado A, Ruiz T, (2007). Integral control of the Water Jacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Guadiana river. *Invasiones Biológicas, un facto de cambio global. EEI 2006 actualización de conocimientos*, 1: 266–269, GEIB Grupo Especialista en Invasiones Biológicas. Dep.Leg LE2069-2007, León (ES)

Coetzee J, Hill MP, Julien MH, Center TD, Cordo HA, (2009). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms–Laub. (Pontederiaceae). (In); Rangaswamy M, Reddy G, Raman A, (Eds.) *Biological Control of Tropical Weeds Using Arthropods*: 183-210

Coetzee JA, Hill MP, (2012). The role of eutrophication in the biological control of water hyacinth, Eichhornia crassipes, in South Africa. *Biocontrol*, 57: 247–261

Coetzee JA, Hill MP, Byrne MJ, Bownes A, (2011). A review of the biological control programmes on Eichhornia crassipes (C. Mart.) Solms (Pontederiaceae), Salvinia molesta D.S. Mitch. (Salviniaceae), Pistia stratiotes L. (Araceae), Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc. (Haloragaceae) and Azolla filiculoides Lam. (Azollaceae) in South Africa. *African Entomology*, 19: 451–468

Coetzee JA, Hill MP, Ruiz-Téllez T, Starfinger U, Brunel S, (2017). Monographs on invasive plants in Europe N.º2: Eichhornia crassipes (Mart.) Solms, *Journal Botany Letters*, 164, 303-326

Cuda JP, Charudattan R, Grodowitz MJ, Newman RM, Shearer JF, Tamayo ML, Villegas B, (2008). Recent advances in biological control of submersed aquatic weeds. *Journal of Aquatic Plant Management*, 46: 15–32

d'Orey CBS, (1996). A luta biológica no combate ao jacinto-aquático – (Revisão bibliográfica). *Relatório de trabalho de fim de curso de Engenharia Agronómica*, Instituto Superior Agronómica, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa

Dahake AS, Hedao MN, (2018). Application of water hyacinth (Eichhornia crassipes) in wastewater treatment – A review. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5: 1573-1577

De Groot PJ, (1993). Introduction and Summary. (In) Greathead A, De Groot P, (Eds.) *Proc. Workshop Control of Africa's floating water weeds*. Commonwealth Science Council Series Number CSC (93) AGR-18 Proc 295, London

Decreto-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho, Presidência do Conselho de Ministros, *Diário da República* n.º 130/2019, Série I, 3428-3442, de 10/07/2019

Decreto-Lei n.º 165/74 de 22 de abril, Ministério da Agricultura e do Comércio, *Diário da República* n.º 94/74, Série I-A, 569-570, de 22/04/1974

Decreto-Lei n.º 235/97 de 3 de setembro, Ministério do Ambiente, *Diário da República* n.º 203/97, Série I-A, 4640-4644, de 03/09/1997

Decreto-Lei n.º 565/99 de 21 de dezembro, Ministério do Ambiente, *Diário da República* n.º 295/99, Série 1-A, 9100-9115, de 21/12/1999

Degaga AH, (2019). Water Hyacinth (Eichhornia crassipes). Biology and its impacts on ecosystems, biodiversity, economy and human well-being. *Journal of Life Science and Biomedicine*, 8: 94-100

Dereje T, Erkie A, Wondie Z, Brehan M, (2017). Identification of impacts, some biology of water hyacinth (Eichhornia crassipes) and its management options in Lake Tana, Ethiopia. *Net Journal of Agricultural Science*, 5: 8-15

Diretiva 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro de 1991, Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº L375/1 de 31/12/1991, 1-8

EI-Morsy ME, (2004). Evaluation of microfungi for biological control of water hyacinth in Egypt. *Fungal Diversity*, 16: 35-51

Erkie, A. (2017). Current trend of water hyacinth expansion and its consequence on the fisheries around north eastern part of Lake Tana, Ethiopia. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 5: 189

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), (2008). Data sheets on quarantine pests: Eichhornia crassipes. *EPPO Bulletin*, 38: 441-449

European Environment Agency (EEA). (2012). *The impacts of invasive alien species in Europe*. EEA Technical report No 16/2012, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 61-63 pp

Faustino ANR, (1995a). Luta biológica com Neochetina spp. (Coleoptera: Curculionidae) contra o jacinto aquático (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.). *Adenda ao Relatório do Projecto AGR/0047/93-95, Programa STRIDE, "Luta integrada contra infestantes aquáticas em canais de rega"*, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa

Faustino ANR, (1995b). A quarentena de artrópodes exóticos usados na luta biológica contra infestantes. *Adenda ao Relatório do Projecto AGR/0047/93-95, Programa STRIDE, "Luta integrada contra infestantes aquáticas em canais de rega"*, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa

Federação dos Sindicatos dos Trabalhadores Têxteis, Lanifícios, Vestuário, Calçado e Peles de Portugal (FESETE), (2012). *Manual de caracterização, avaliação e prevenção dos riscos e doenças profissionais no sector dos curtumes*, n.º6, Autoridade para as Condições do Trabalho, 167 pp

Fernandes R, (2004). Ambiente e desenvolvimento: Da morte à ressurreição do Alviela, *Actas dos ateliers do V Congresso Português de Sociologia: Sociedades Contemporâneas – Reflexividade e Acção*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, 96-105

Global Invasive Species Database (GISD), (2006). *Species profile: Eichhornia crassipes*. Disponível em: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=70>, acessado em 23 de novembro de 2019

Gonçalves E, (2016). Consumo Europeu de *Pellets* e suas variáveis explicativas, *Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Economia e Gestão do Ambiente*, Faculdade de Economia, Universidade do Porto, 31 pp

Gopal B, (1987). *Water Hyacinth*. Aquatic Plant Studies 1, Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 471 pp

Gopal B, Sharma KP, (1981). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) most troublesome weed of the world. *Hindasia Publishers*, New Delhi, 227 pp

Gopalakrishnan A, Rajkumar M, Sun J, Parida A, Venmathi MBA, (2011). Integrated biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* by a novel combination of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), and the weevil, *Neochetina* spp. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29: 162-166

Guereña D, Neufeldt H, Berazneva J, Duby S, (2015). Water Hyacinth control in Lake Victoria: Transforming an ecological catastrophe into economic, social and environmental benefits, *Sustainable Production and Consumption*, 3: 59-69

Guerreiro ARO, (1976). Jacinto-aquático (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) em Portugal. // *Simpósio Nacional Herbologia*, 1: 1-17

Gunnarson CC, Petersen CM, (2007). Water hyacinth as a resource in agriculture and energy production: a literature review. *Waste Management*, 27: 117-129

Hajek AE, Hurley BP, Kenis M, Garnas JM, Bush SJ, Wingfield MJ, van Lenteren JC, Cock MJW, (2016). Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions. *Biological Invasions*, 18: 953–969

Hansen KL, Ruby EG, Thompson RL, (1971). Trophic relationships in the water hyacinth community. *Quarterly Journal of the Florida Academy of Science*, 34: 107-113

Hidroprojecto, Engenharia e Gestão SA, (2008). *Estudos para a recuperação do ecossistema do rio Alviela-Relatório Final*, Santarém, Portugal, 109 pp

Ho YB, Wong WK, (1994). Growth and macronutrient removal of water hyacinth in a small secondary sewage treatment plant. *Resources, Conservation and Recycling*, 11: 161-178

Hood WG, Naiman RJ, (2000). Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology*, 148: 105-114

Howard G, Matindi S, (2003). Alien invasive species in Africa's Wetlands. Some threats and solutions. *IUCN Eastern African Regional Program*, Nairobi, Kenya, 15 pp

Hussner A, Stiers I, Verhofstad MJJM, Bakker ES, Grutters BMC, Haury J, *et al.*, (2017). Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: a review. *Aquatic Botany*, 136: 112–137

Ingole NW, Bhole AG, (2003). Removal of heavy metals from aqueous solution by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 52: 119–128

Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI), (2000). *Guia Técnico – Sector do Curtumes, Plano Nacional de Prevenção dos Resíduos Industriais*, Lisboa, 102 pp

Jafari N, (2010). Ecological and socio-economic utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart Solms). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14: 43-49

Jones JL, Jenkins RO, Haris PI, (2018a). Extending the geographic reach of the water hyacinth plant in removal of heavy metals from a temperate Northern Hemisphere river. *Scientific Reports*, 8: 1-15

Jones RW, Hill M, Coetzee JA, Hill MP, (2018b). The contributions of biological control to reduced plant size and biomass of water hyacinth population. *Hydrobiologia*, 807: 377-388

Jones, RW. (2009). The impact on biodiversity, and integrated control, of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach (Pontederiaceae) on the Lake Nsezi –Nseleni River System. *MSc Thesis*. Department of Zoology and Entomology, Rhodes University. South Africa, 115 pp

Kasthuri T, Gowdhaman D, Ponnusami V, (2012). Production of ethanol from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) by *Zymomonas mobilis* CP4: Optimization studies. *Asian Journal of Scientific Research*, 5: 285-289

Kateregga E, Sterner T, (2009). Lake Victoria fish stocks and the effects of water hyacinth. *The Journal of Environment and Development*, 18: 62–78

- Kluth S, Kruess A, Tschardtke, (2002). Insects as vectors of plant pathogens: mutualistic and antagonistic interactions. *Oecologia*, 133: 193-199
- Kolar C, Lodge D, (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 199–204
- Lalitha P, Jayanthi P, (2014). Antiaging activity of the skin cream containing ethyl acetate extract of Eichhornia crassipes (Mart.) Solms. *International Journal of PharmTech Research*, 6: 29-34
- Lallana VH, Sebastian RA, Lallana MDC, (1987). Evapotranspiration from Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, Salvinia herzogii and Azolla caroliniana during summer in Argentina. *Journal of Aquatic Plant Management*, 25: 48-50
- Laranjeiro CM, Nadais G, (2008). Eichhornia crassipes control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon. *Bulletin OEPP/EPPO* 38: 487-496
- Lissy AM, Madhu G, (2010). Removal of heavy metal from wastewater using water hyacinth. *ACEEE International Journal on Transportation and Urban Development*, 1: 42-47
- Macário M, Saraiva A, Ferreira E, Ferreiora LF, Oliveira M (2018). Leitões húmidos construídos como alternativa aos sistemas de tratamento de águas residuais convencionais – Revisão. *Revista da UIIPS – Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém*, 6: 83-97
- Mahmood T, Malik SA, Hussain ST, (2010). Biosorption and recovery of heavy metals from aqueous solutions by Eichhornia crassipes (water hyacinth) ash. *BioResources*, 5: 1244-1256
- Mailu A, (2001). *Preliminary assessment of the social, economic and environmental impacts of water hyacinth in the Lake Victoria basin and the status of control*. (In:) Julien MH, Hill MP, Centre TD, Jianqung D. *Biological and Integrated control of water hyacinth, Eichhornia crassipes*. (Eds)., ACIAR, 130-139
- Malik A, (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. *Environmental International*, 33: 122-138
- Martínez MJ, (2003). Progress on water hyacinth (Eichhornia crassipes) management, (In:) Labrada R, *Weed Management for Developing Countries: Addendum 1*, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, disponível em: <http://www.fao.org/3/y5031e/y5031e0c.htm>, acessado em 15 de outubro de 2019

- Martínez MJ, Gutiérrez EL, (2001). Host range of Cercospora piaropi and Acremonium zonatum, potential fungal biocontrol agents for water hyacinth in México. *Phytoparasitica*, 29: 175-177
- Matagi SV, Swai D, Mugabe R, (1998). A review of heavy metal removal mechanisms in wetlands. *African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries*, 8: 23-35
- Maulion RV, Hiwatig KB, Rendon CJL, Torrano EMC, (2015). Utilization of water hyacinth (Eichhornia crassipes) for phytoremediation of hexavalent chromium in simulated wastewater. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 3: 117-123
- McVea C, Boyd CE, (1975). Effects of waterhyacinth cover on water chemistry, phytoplankton, and fish in ponds. *Journal of Environmental Quality*, 4: 375-378
- Methy M, Alpert P, Roy J, (1990). Effects of light quality and quantity on growth of the clonal plant Eichhornia crassipes. *Oecologia*, 84: 265–271
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington DC, 68 pp
- Mishima D, Kuniki M, Sei K, Soda S, Ike M, Fujita M, (2008). Ethanol production from candidate energy crops: Water hyacinth (Eichhornia crassipes) and water lettuce (Pistia stratiotes L.). *Bioresource Technology*, 99: 2495-2500
- Mishra VK, Tripathi BD, (2009). Accumulation of chromium and zinc from aqueous solutions using water hyacinth (Eichhornia crassipes). *Journal of Hazardous Materials*, 164, 1059-1063
- Mitchell DS, (1986). The impacts of aquatic weed control on aquatic ecosystems. *Proceedings 7th EWRS International Symposium Aquatic Weeds*, Loughborough, England, 213-223
- Mohan BR, Sajeena A, Seertharaman K, (2003). Bioassay of the potentiality of Alternaria alternata (Fr.) Keissler as a bioherbicide to control water hyacinth and other aquatic weeds. *Crop Protection*, 22: 1005-1013
- Monteiro A, Moreira I, Santos AC, Serrasqueiro PM, (2003). Gestão do jacinto-aquático (Eichhornia crassipes) na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 49: 297-315
- Monteiro AMS, (1989). Infestantes aquáticas – luta química e impacte ambiental. *Dissertação Mestrado Produção Vegetal*. Instituto Superior Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 126 pp

- Montoya JE, Waliczek TM, Abbott ML, (2013). Large scale composting as a mean of managing water hyacinth. *Invasive Plant of Science Management*, 6: 243-249
- Moran PJ, (2005). Leaf scarring by the weevils Neochetina eichhorniae and N. bruchi enhances infection by the fungus Cercospora piaropi on water hyacinth, Eichhornia crassipes. *BioControl*, 50: 511-524
- Moreira I, Catarino L, Ferreira T, Monteiro A, (1998) Gestão das infestantes aquáticas, *Estudos e Documentos de trabalho Instituto da Água n.º4*, Lisboa, 60 pp
- Moreira I, Ferreira MT, Aguiar F, Duarte MC, (2002). Capítulo 4. Plantas infestantes e invasoras de ecossistemas dulçaquícolas. (In:) Moreira I, Ferreira MT, Cortes R, Pinto P, Almeida PR, (Eds.), *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. Instituto da Água, MCOTA, Portugal, 4.1-4.17 pp
- Moreira I, Ferreira T, Monteiro A, (1999b). Biology and Control of Parroteather (Myriophyllum aquaticum) in Portugal. *Ecology, Environment and Conservation*, 5: 171-179
- Moreira I, Ferreira T, Monteiro A, Catarino L, Vasconcelos T, (1999a). Aquatic weeds and their management in Portugal: insights and the international context. *Hydrobiologia*, 415: 229–234
- Moreira I, Monteiro A, Ferreira T, Catarino L, Franco JC, Rebelo T, (1999c). Estudos sobre biologia e combate do jacinto-aquático (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub.) em Portugal. *Garcia de Orta, Séries Botânicas*, 14: 191-198
- Moreira I, Santos AC, Monteiro A, Serrasqueiro PM, Rebelo T, Moreira JF, (2005). Combate ao jacinto-aquático nas valas da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. *I Congresso Nacional de Rega e Drenagem*, Beja, 1-10
- Mujere N. Water Hyacinth: Characteristics, Problems, Control Options, and Beneficial Uses. (In): McKeown E, Bugyi G. (2016) *Impacts of Water Pollution on Human Health and Environmental Sustainability*, IGI Global, 343-361
- Muramoto S, Aoyama I, Oki Y, (1991). Effect of salinity on the concentration of some elements in water hyacinth (Eichhornia crassipes) at critical levels. *Journal of Environmental Sciences and Health*, A26: 205-215
- Murfitt RF, Haslam SM, (1981). Some unanswered questions relating to the mechanical control of weeds in water channels. *Proceedings Association of Applied Biologists Conference: Aquatic Weeds and their Control*, AAB, Wellesbourne, 87-91

- Ndimele P, Kumolo-Johnson C, Anetekhai M, (2011). The invasive aquatic macrophyte, water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solm-Laubach: Pontederiaceae): Problems and Prospects. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5: 509-520
- Newete SW, Byrne MJ, (2016). The capacity of aquatic macrophytes for phytoremediation and their disposal with specific reference to water hyacinth. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 10630-10643
- Ochs K, Rivaes RP, Ferreira T, Egger G, (2018). Flow Management to Control Excessive Growth of Macrophytes – An Assessment Based on Habitat Suitability Modelling. *Frontiers in Plant Science*, 9, 356: 1-11
- Ogunlesi M, Okiei W, Azeez L, Obakachi V, Osunsanmi M, Nkenchor G, (2010). Vitamin C contents of tropical vegetables and foods determined by voltammetric and titrimetric methods and their relevance to the medicinal uses of the plants. *International Journal Electrochemical Science*, 5: 105-115
- Okeyo DO. (1989) Herbivory in freshwater fishes: a review. *Israeli Journal of Aquaculture – Bramidgeh*, 41: 79-97
- Oliveira JS, (1995). *A Lagunagem em Portugal*. Edições Universitárias Lusófonas, Lisboa.
- Painter D, (1988). Long-term effects of mechanical harvesting on Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*, 26: 25-29
- Patel S, (2012). Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed Eichhornia crassipes: An overview. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11: 249-259
- Penfound WMT, Earle TT, (1948). The biology of the Water Hyacinth. *Ecological cergraphs*, 18: 447-472
- Pérez EA, Téllez TR, Ramos-Maqueda S, Casero-Linares PJ, Vázquez-Pardo FM, Rodríguez-Medina PL, Labrador-Moreno J, López-Gallego F, González-Cortés J, Sánchez-Guzmán JM, (2015). Seed germination and risks of using the invasive plant Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub. (Water Hyacinth) for composting, ovine feeding and biogas production. *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, 162: 203-214
- Pieterse AH, Murphy KJ, (1990). *Aquatic Weeds – The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation*, Oxford University Press. Oxford, 593 pp

- Pinheiro P, Franco A, Lopes L, Ferreira MT, Moreira I, (2002). Utilização da carpa herbívora (Ctenopharyngodon idella) em canais de irrigação para controle de infestantes aquáticas. 6º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Porto, 1-10
- Pitlo RH, (1990). Oversizing and reduced maintenance in relation to aquatic plant growth and flow resistance, *Proceedings EWRS 8th International Symposium of Aquatic Weeds*, 167-172
- Poddar K, Mandal L, Banerjee G, (1991). Studies on water hyacinth (Eichhornia crassipes) — chemical composition of the plant and water from different habitats. *Indian Veterinary Journal*, 68: 833-837
- Praveena R, Naseema A, (2004). Fungi occurring on water hyacinth [Eichhornia crassipes (Mart.) Solms] in Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 42: 21-23
- Priya ES, Selvan PS, (2017). Water hyacinth (Eichhornia crassipes) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10: 3548-3558
- Rakotoarisoa T, (2017). Use of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) in Poor and Remote Regions: A Case Study from Lake Alaotra. Madagascar. *PhD thesis*, Universität Hildesheim, 142 pp
- Ray P, Hill MP, (2012). Impact of feeding by Neochetina weevils on pathogenicity of fungi associated with waterhyacinth in South Africa. *Journal of Aquatic Plant Management*, 50: 79-84
- Ray P, Hill P, (2016). More is not necessarily better: the interaction between insect population density and culture age of fungus on the control of invasive weed water hyacinth. *Hydrobiologia*, 766:189-200
- Ray P, Sushilkumar, Pandey AK, (2008). Efficacy of pathogens of water hyacinth (Eichhornia crassipes), singly and in combination for its biological control. *Journal of Biological Control*, 22: 173-177
- Ray PK, (2010). Heavy metal pollution in lentic ecosystem of sub-tropical industrial region and its phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 12: 226-242
- Rebelo MT, (2012). Luta biológica contra infestantes aquáticas: a atracção olfactiva dos gorgulhos Neochetina bruchi e N. eichhorniae por jacinto-aquático (Eichhornia crassipes). Um estudo de caso. (Eds): Monteiro A, Silva FG, Jorge R, *Gestão e conservação da flora e da*

vegetação de Portugal e da África Lusófona. "In Honorium do Prof. Catedrático Emérito Ilídio Rosário dos Santos Moreira". ISAPress, Lisboa: 451-470

Regulamento (EU) n.º 1143/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de outubro de 2014, *Jornal Oficial da União Europeia* L317/35, 35-45, de 04/11/2014

Regulamento de Execução (UE) 2016/1141, da Comissão, de 13 de julho de 2016, *Jornal Oficial da União Europeia* 189/4, 4-8, de 14/07/2016

Resolução do Conselho de Ministros n.º 55/2018 de 7 de maio, Presidência do Conselho de Ministros, *Diário da República* n.º 87/2018, Série I, 1835-1880, de 07/05/2018

Saha P, Shinde O, Sarkar S, (2017). Phytoremediation of industrial mines wastewater using water hyacinth. *International Journal of Phytoremediation*, 19: 87-96

Saraiva I, Webb ME, Oliveira JS, (1992). Water Hyacinth in Portugal – A Critical Evaluation. (In:) *Comunicações do Congresso Mundial de Etnobotânica*, Editado pela Organização do Congresso, Córdoba, Espanha

Sharma A, Aggarwal NK, Saini A, Yadav A, (2016). Beyond Biocontrol: Water Hyacinth- Opportunities and Challenges. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9: 26-48

Sims-Chilton MN, Zalucki MP, Buckley YM, (2010). Long term climate effects are confounded with the biological programme against the invasive weed Bacharis hamlimifolia in Australia. *Biological Invasions*, 12: 3145-3155

Sornvoraweat B, Kongkiattikajorn J, (2010). Separated hydrolysis and fermentation of water hyacinth leaves for ethanol production. *KKU Research Journal*, 15: 794-802

Su W, Sun Q, Xia M, Wen Z, Yao Z, (2018). The resource utilization of water hyacinth (Eichhornia crassipes [Mart.] Solms) and its challenges. *Resources*, 7: 1-9

Sullivan P, Wood R, (2012). Water hyacinth [Eichhornia crassipes (Mart.) Solms] seed longevity and the implications for management, *Eighteenth Australasian Weeds Conference*. Melbourne, Australia: Weed Society of Victoria Inc., 37-40

Sunday AD, (2002). The utilization of water hyacinth (Eichhornia crassipes) by West African Dwarf (WAD) growing goats. *African Journal of Biomedical Research*, 4: 147-149

Sutolo AO. (2013). Management and utilization of weed: Water hyacinth (Eichhornia crassipes) for improved aquatic resources. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8: 1-8

- Sutton GF, Compton SG, Coetzee JA, (2016). Naturally occurring phytopathogens enhance biological control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) by *Megamelus scutellaris* (Hemiptera: *Delphacidae*), even in eutrophic water. *Biological Control*, 103: 261-268
- Téllez T, López E, Granado G, Pérez E, López R, Guzmán J, (2008). The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions* 3: 42-53
- Tuan NA, Thuy NQ, Tam BM, Ut UV, (1994). Use of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as supplementary feed for nursing fish in Vietnam. Fish Nutrition Research in Asia, *Proceedings 5th Asian Fish Nutrition Workshop, Asian Fisheries Society*, Manila, 101-106
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), (1988). *Design manual: Constructed wetlands and aquatic systems for municipal wastewater treatment*. EPA/625/1-88/022, Report No. EPA/625/188/022, Office of Research and Development, Cincinnati, USA, 1-83
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2013). *Water hyacinth: can its aggressive invasion be controlled?*. *Environmental Development*, 7: 139-154
- Upadhyay AR, Mishra VK, Pandey SK, Tripathi BD, (2007). Biofiltration of secondary treated municipal wastewater in a tropical city. *Ecological Engineering*, 30: 9-15
- Verma R, Singh SP, Ganesha Raj K, (2003). Assessment of changes in water hyacinth coverage of water bodies in northern part of Bangalore city using temporal remote sensing data. *Current Science*, 86: 795-804
- Vilà M, Basnou C, Pyšek P, Josefsson M, Genovesi P, Gollasch S, *et al.*, (2009). How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8: 135 – 144
- Villamagna A, Murphy B, (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. *Freshwater Biology*, 55: 282-298
- Vymazal J, (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review, *Hydrobiologia*, 674: 133-156
- Waithaka E, (2013). Impacts of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the fishing communities of Lake Naivasha, Kenya. *Journal of Biodiversity Endanger Species*, 1: 108
- Westlake DF, Dawson FH, (1982). Thirty years of weed cutting on a chalk-stream. *Proceedings EWRS 6th International Symposium Aquatic Weeds*, 132-140

Wilson JR, Holst N, Rees M, (2005). Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botany*, 81: 51–67

Winston RL, Schwarzländer M, Hinz HL, Day MD, Cock MJW, Julien MH, (2014). *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds*, 5th ed. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. FHTET-2014-04, 838 pp

Wise RM, Van Wilgen BW, Hill MP, Sculthess F, Tweddle D, Chabi-Olay A, Zimmerman HG, (2007). *The Economic Impact and Appropriate Management of Selected Invasive Alien Species on the African Continent*. Global Invasive Species Programme CSIR report no. CSIR\NRE\RBSD\ER\2007\0044\C

Yan S, Song W, Guo J, (2017). Advances in management and utilization of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in aquatic ecosystems – a review. *Critical Reviews Biotechnology*, 37: 218-228

Yan SH, Guo JY, (2017). *Water hyacinth: environmental challenges, management, and utilization*, CRC Press, Florida, 345 pp

Yigermal H, Assefa F, (2019). Impact of the Invasive Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on Socio-Economic Attributes: A Review. *Journal of Agricultural and Environment Science*, 4: 46-56

Yirefu F, Struik P, Lantinga E, Taye T, (2014). Water hyacinth in the Rift Valley water bodies of Ethiopia: Its distribution, socioeconomic importance and management. *International Journal of Current Agricultural Research*, 3: 67-75

Yirefu F, Struik PC, Lantinga EA, Tessema T, (2017). Control of Water Hyacinth with *Neochetina* spp. and *Alternaria alternata* in the Rift Valley of Ethiopia. *Pest Management Journal of Ethiopia*, 20: 87-100

Webgrafia

Agência Portuguesa do Ambiente (APA), (www.apambiente.pt/), acedido em 15 de outubro 2019

Câmara Municipal de Águeda, (https://www.cm-agueda.pt/pages/48?news_id=731), acedido em 21 de setembro de 2019

Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), (www.dgv.min-agricultura.pt), acedido em 1 de outubro de 2019

Plantas Invasoras em Portugal, (www.invasoras.pt), acedido em 15 de setembro de 2019

Portal do CLIMA, (www.portaldoclima.pt), acedido em 21 de setembro de 2019

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), (www.snirh.apambiente.pt),
acedido em 21 de setembro de 2019

8. ANEXOS

Anexo I – Mapeamento e identificação (polígonos a vermelho) das manchas de jacinto-aquático. Dados obtidos a partir dos ortofotomapas disponíveis no *websig* da Câmara Municipal de Santarém





1



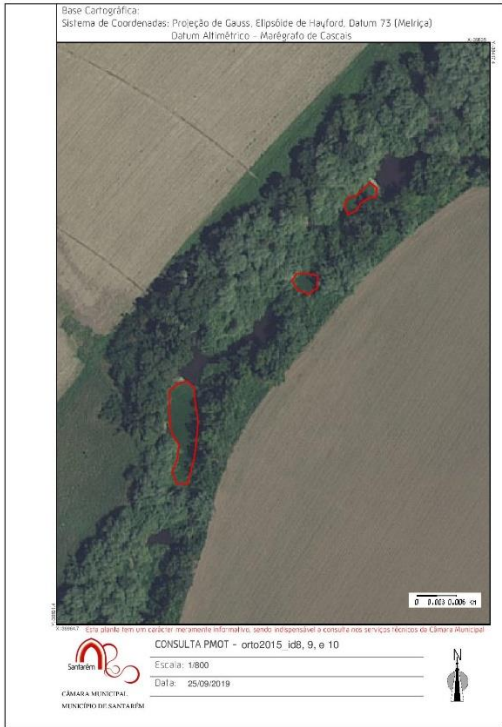
1



1



1



Anexo II – Inquérito realizados aos principais utilizadores do rio Alviela para conhecer a sua perceção sobre a problemática da invasão por jacinto-aquático



ENTREVISTA EXPLORATÓRIA

Esta entrevista exploratória tem o propósito de encontrar pistas de reflexão e hipóteses sobre a problemática das invasões por jacinto-aquático no rio Alviela, constituindo um instrumento de cooperação na investigação que se pretende desenvolver no âmbito da tese de mestrado "Planeamento do controlo de invasões por jacinto-aquático no rio Alviela, Santarém".

A entrevista é dirigida aos cidadãos do Concelho de Santarém que residem ou tenham ligação social às zonas adjacentes ao rio Alviela, e tem como finalidade conhecer a sua perceção sobre a problemática da invasão por jacinto-aquático no rio Alviela.

Este trabalho realiza-se no âmbito do protocolo de colaboração entre a Câmara Municipal de Santarém e o Instituto Superior de Agronomia.

Agradece-se a sua colaboração.

Data: _____

1. Género:

Feminino Masculino

2. Faixa etária:

<18 anos 18-35 36-54 55-65 >65

3. Residência

A que freguesia/União de freguesias pertence: _____

Concelho: _____

4. Profissão: _____

5. Tem alguma propriedade confinante com o rio Alviela? _____

6. É utilizador do rio?

Sim Não

6.1. Se respondeu positivamente à questão anterior, para que fins?

Lúdicos: _____

Profissionais: _____

Outros: _____

7. Conhece o jacinto-aquático?

Sim Não



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

8. Tem conhecimento dos problemas causados pelo jacinto-aquático no rio Alviela?

Sim Não

8.1. Se respondeu positivamente à questão anterior, quais os principais prejuízos que acha que esta planta causa?

Pesca/peixes Rega Proliferação de insectos Perda de água

Outros: _____

9. Onde viu pela primeira vez o jacinto-aquático no rio Alviela?

10. Desde quando se recorda da existência do jacinto-aquático no rio Alviela?

2 anos 5 anos 8 anos
 10 anos 15 anos > 20 anos
 Não me recordo

11. Como acha que o jacinto-aquático foi introduzido no rio Alviela?

Não sei Por embarcações A partir do Tejo
 A partir dos afluentes Largada voluntária de jacinto-aquático no rio
 Outros: _____

12. Que razões pensa serem importantes para o jacinto-aquático ter aumentado a sua área no rio?

Não sei Poluição do rio por indústrias Alterações climáticas
 Excesso de adubos Menos água no rio

13. Como tem evoluído a área da mancha de jacinto-aquático no rio nos últimos anos?

A mancha de jacinto-aquático tem aumentado?

Sim Não

13.1. Se respondeu positivamente à questão anterior, acha que a área ocupada por jacinto-aquático tem aumentado...

Da nascente para a foz Da foz para a nascente

14. O rio Alviela é um rio frequentemente navegado por embarcações?

Sim Não



14.1. Se sim, em que zona(s) do rio?

15. Conhece situações em que proprietários dos barcos utilizam as suas embarcações junto à foz e em em troços superiores do rio?

Sim Não

15.1. Em caso de resposta positiva à questão anterior, qual a frequência da utilização?

Todas as semanas Mensal 1 ou 2 vezes por ano

Outra: _____

16. Observou algumas diferenças no rio após a introdução desta planta?

Sim Não

16.1. Em caso de resposta afirmativa à questão anterior, de que forma o ecossistema do rio foi alterado?

17. Sabe se existe alguém que utilize para qualquer fim o jacinto-aquático?

Sim Não

17.1. Caso tenha respondido positivamente à questão anterior, como é utilizado o jacinto-aquático?

Jardins Para adubação Para alimentação do gado

Outros: _____

18. Tem alguma sugestão para diminuir ou mesmo erradicar o jacinto-aquático do rio Alviela?

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo III - Sumário dos dados obtidos a partir dos ortofotomapas do *websig* da Câmara Municipal de Santarém

Data	N.º manchas jacinto-aquático	Zona	Média	Desvio-padrão	Min	Máx
2010	4	Intermédia	82,0	66,0	37,3	177,3
2012	6	Intermédia	62,8	39,4	18,2	111,5
2015	11	Intermédia	56,2	43,1	15,0	170,0

Anexo IV - Análise de Variância Não Paramétrica Kruskal-Wallis para os ortofotomapas do *websig* da Câmara Municipal de Santarém

IV.1 Resumo da amostra. **IV.2** Resultados da Análise de Variância não paramétrica Kruskal-Wallis para a variação da área das manchas com o fator ano; N- número de manchas; g.l. – graus de liberdade

IV.1

Fator (ano)	N	Mean Rank	Mediana
2010	4	13,25	56,66
2012	6	11,17	54,24
2015	11	10,09	39,00

IV.2

Chi-square	0,7664
g.l.	2
p-valor	0,68

Anexo V – Sumário dos dados obtidos a partir dos ortofotomapas do Google Earth Pro

Data	N.º manchas jacinto-aquático	Zona	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Agosto 2016	10	Intermédia	235,0	-	-	-
		Jusante	137,9	95,2	32,7	218
		Montante	233,4	148,8	72,6	431
Agosto 2018	45	Intermédia	60,5	42,6	20,0	170
		Jusante	85,5	81,0	18,2	225
		Montante	125,1	129,8	11,4	527
Agosto 2019	49	Intermédia	213,9	105,7	88,7	430
		Jusante	201,1	169,3	42,4	559
		Montante	303,2	355,7	59,4	1549
Setembro 2018	43	Intermédia	156,0	96,2	54,5	368
		Jusante	257,7	320,0	30,0	1165
		Montante	213,2	190,9	29,3	768
Setembro 2019	49	Intermédia	213,3	95,9	67,9	395
		Jusante	640,3	777,5	59,6	3079
		Montante	537,5	647,0	77,1	2252

Anexo VI – Análise de Variância Não Paramétrica Kruskal-Wallis para os ortofotomapas do Google Earth Pro

VI.1 Resumo da amostra. **VI.2** Resultados da Análise de Variância não paramétrica Kruskal-Wallis para a variação da área das manchas com o fator 'data'; N- número de manchas; g.l. – graus de liberdade. **VI.3** Teste de comparações múltiplas Kruskal-Wallis Z-value ('Dunn's Test')

VI.1

Fator (data)	N	'Mean Rank'	Mediana
ago_2016	10	108,25	184,0
ago_2018	45	52,21	60,8
set_2018	43	97,67	146,0
ago_2019	49	111,06	196,0
set_2019	51	129,94	279,0

VI.2

Chi-square	47,3120
g.l.	4
p-valor	0,00000

VI.3

	ago_2016	ago_2018	set_2018	ago_2019
ago_2016				
ago_2018	2,7974*			
set_2018	0,5257	3,7205*		
ago_2019	0,1414	4,9742*	1,1180	
set_2019	1,0946	6,6325*	2,7199*	1,6471

* Medianas significativamente diferentes se z-value > 1,9600

Anexo VII – Fontes de poluição no rio Alviela, tipologias das atividades e graus de severidade para a massa de água associada

Tipo de instalação	Severidade para a massa de água	Nº de instalações
Instalações de Seveso	Muito Elevada	2
Instalações PCIP (exceto aviários e pecuária)	Elevada	4
Unidades de Gestão de Resíduos (aterro) não PCIP e lixeiras	Moderada	2
ETAR (> 2000 e.p.)	Moderada	4
Minas	Muito Baixa	2

(Adaptado: APA, 2016)