

CRISTINA DA CONCEIÇÃO SOARES FERREIRA

**INFLUÊNCIA DAS MASSAS DE ÁGUA URBANAS NA
PREVALÊNCIA DA DENGUE NO MEDITERRÂNEO**



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

DISSERTAÇÃO

2021

CRISTINA DA CONCEIÇÃO SOARES FERRADEIRA

**INFLUÊNCIA DAS MASSAS DE ÁGUA URBANAS NA
PREVALÊNCIA DA DENGUE NO MEDITERRÂNEO**

Mestrado em Ciclo Urbano Da Água

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Jaime Miguel Costa Aníbal



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA

DISSERTAÇÃO

2021

INFLUÊNCIA DAS MASSAS DE ÁGUA URBANAS NA PREVALÊNCIA DA DENGUE NO MEDITERRÂNEO

Declaração de autoria do trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Cristina da Conceição Soares Ferradeira

Copyright © Cristina da Conceição Soares Ferradeira

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar esta obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que comigo colaboraram nesta caminhada, para permitir levar esta dissertação a bom porto.

Não foi fácil, mas tive o privilégio de ser acompanhada e orientada neste percurso por um amigo, que não só conseguiu ser meu companheiro de trabalho e de discussão, como também me fez reencontrar tempos e colegas quase esquecidos. Bem-haja ao meu orientador, Sr. Professor Doutor Jaime Aníbal, por toda a disponibilidade e tranquilidade com a qual abraçou este desafio e me permitiu crescer.

Esta dissertação foi o resultado de um esforço conjunto, integrado e interativo entre diversas áreas da academia, pelo que não posso deixar de agradecer à Sr^a Professora Doutora Manuela Moreira da Silva, que me desafiou e incentivou, colaborando ativamente neste projeto. Também os Sr.es Professores Doutores Eduardo Esteves e Gonçalo Prates merecem o meu mais sincero agradecimento, pela sua participação neste projeto, disponibilizando-se para colaborar e me instruir em matérias que não são do meu domínio profissional.

Não posso deixar de mencionar todo o apoio fornecido pela ARS, a quem agradeço na pessoa da Dr^a Ana Cristina Guerreiro e da Dr^a Nélia Guerreiro e pela ARHAlg, na pessoa do Eng.^o Pedro Coelho.

Não menos importantes, foram os colegas de mestrado, que ao longo destes dois anos me deram a conhecer realidades e culturas diferentes, sempre com uma palavra de incentivo. Apesar de tudo, não posso deixar de prestar uma atenção especial à Anabela e à Marília, com as quais dividi as dores e as alegrias deste trabalho fora de horas e da nossa atividade diária.

Por último, mas sempre em primeiro, quero deixar um agradecimento muito especial à minha mãe e às minhas filhas, pela sua resiliência e colaboração, pela sua presença quando a minha ausência era maior e pelo apoio incondicional.

Um grande bem-haja a todos.

Resumo

Esta dissertação pretende apresentar a problemática dicotómica das massas de água urbanas, face à transmissão da dengue no Mediterrâneo, partindo da análise realizada numa zona do sul de Portugal. Para tal, procedeu-se à caracterização qualitativa das massas de água nas freguesias de Quarteira e Almancil, coleção e estudo dos dados meteorológicos dos últimos 30 anos e da evolução dos dados demográficos e urbanísticos das décadas de 90 e 2010. Foram avaliados os dados higrométricos face à precipitação acumulada mensal e temperatura média mensal em 2019/2020, para avaliação da interferência humana no comportamento natural estimado. Acompanharam-se ainda os procedimentos de vigilância entomológica do mosquito do género *Aedes*. Concluiu-se que o fator de maior risco se prende com a alteração da paisagem pelo Homem, com criação de massas de água que permitem a instalação de novos vetores em habitats que há 4 décadas não existiam. Também a mobilização global de pessoas e materiais cria oportunidades de transporte de novas espécies, bem como permite a circulação de hospedeiros assintomáticos infetados com dengue. Associando a atividade turística como principal receita económica do território, à emigração, ao desenvolvimento urbano e ao aumento demográfico, reúnem-se os principais fatores de risco, que associados às massas de água urbanas, podem influir na prevalência do *Aedes* spp. e criar as condições ideais para o aparecimento de surtos autóctones da dengue. O controlo das massas de água urbanas, pela aplicação de larvicidas, acompanhado de ações de sensibilização e informação das populações é essencial para a prevenção. Também a sensibilização dos profissionais de saúde para a sintomatologia primária desta patologia e a sua probabilidade de ocorrência, pode contribuir para evitar a disseminação de surtos da dengue. Esta análise pode ser transposta para qualquer região do Mediterrâneo similar, ou que, face ao impacto das alterações climáticas previstas, se enquadre neste padrão evolutivo.

Palavras-chave: massas de água urbanas; arboviroses; *Aedes* spp.; dengue; alterações climáticas.

Abstract

This dissertation intends to present the dichotomous issue of urban water bodies, regarding the dengue transmission in the Mediterranean, based on the analysis carried out in a southern area of Portugal. For this purpose, a qualitative characterization of the water bodies in the parishes of Quarteira and Almancil was carried out, collection and study of meteorological data from the last 30 years and the evolution of demographic and urban data from the 90s and 2010s. The hygrometric data were evaluated against monthly accumulated precipitation and monthly average temperature in 2019/2020, to evaluate the human interference in the estimated natural behaviour. Entomological surveillance procedures of the mosquito from genus *Aedes* were also followed. It was concluded that the greatest risk factor is related to the alteration of the landscape by man, with the creation of bodies of water that allow the installation of new vectors in habitats that did not exist 4 decades ago. Also, the global mobilization of people and materials creates opportunities for transport of new species, as well as allows the circulation of asymptomatic hosts infected with dengue. The combination of tourism as the main economic income of the territory, emigration, urban development and population growth, are the main risk factors that associated with urban water bodies, can influence the prevalence of *Aedes* spp., and create the ideal conditions for the emergence of autochthonous outbreaks of dengue. The control of urban water bodies, through the application of larvicides, accompanied by actions to raise awareness and inform populations is essential for prevention. Also, raising awareness among health professionals about the primary symptoms of this pathology and their probability of occurrence, can help prevent the spread of dengue outbreaks. This analysis can be transposed to any similar Mediterranean region, or one that, in view of the impact of predicted climate change, fits this evolutionary pattern.

Keywords: urban water bodies; arboviroses; *Aedes* spp.; dengue; climate change.

Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	ENQUADRAMENTO.....	1
1.2.	MASSAS DE ÁGUA URBANAS.....	3
1.2.1.	RELEVÂNCIA NA SOCIEDADE.....	3
1.2.2.	CRIAÇÃO DE HABITATS PARA NOVAS ESPÉCIES VETORAS.....	5
1.3.	VETORES DO GÉNERO <i>Aedes</i> E SEUS CICLOS DE VIDA	8
1.4.	DENGUE: ETIOLOGIA, SINTOMATOLOGIA E TRATAMENTO	15
1.5.	DENGUE: CONTROLO DO VETOR E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	17
1.5.1.	INTRODUÇÃO DO VETOR E DA DENGUE NO MEDITERRÂNEO	17
1.5.2.	ALTERAÇÕES DO CLIMA NO MEDITERRÂNEO.....	18
1.5.3.	CONTROLO DA DENGUE.....	19
1.6.	OBJETIVOS.....	19
2.	METODOLOGIA	21
2.1.	ESTRATÉGIA DE AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO E AMOSTRAGEM	21
2.2.	MASSAS DE ÁGUA URBANAS.....	22
2.3.	DADOS METEOROLÓGICOS	23
2.4.	DADOS ESTATÍSTICOS	24
2.5.	VETORES <i>Aedes</i> spp.	25
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28

3.1.	INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NAS MASSAS DE ÁGUA URBANAS DAS FREGUESIAS DE QUARTEIRA E ALMANCIL EM 2019 E 2020	28
3.2.	ESTUDO ESTATÍSTICO DOS DADOS METEOROLÓGICOS ENTRE 1992 E 2021	30
3.3.	CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS MASSAS DE ÁGUA NA ZONA DE ESTUDO .	32
3.4.	ALTERAÇÕES DEMOGRÁFICAS E URBANÍSTICAS	39
3.5.	VETORES <i>Aedes</i> spp.	44
3.6.	EVOLUÇÃO DA DENGUE NOS PAÍSES EUROPEUS DO MEDITERRÂNEO E SUA RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	47
3.7.	CONTROLO DA TRANSMISSÃO DA DENGUE NO SUL DE PORTUGAL E NO MEDITERRÂNEO	50
4.	CONCLUSÕES	53
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

Índice de Figuras

FIGURA 1.1 LOCAIS COMPATÍVEIS PARA OVOPOSTURA: CAVIDADES ROCHOSAS (A E B), INTERIOR OCO DE CAULES DE PLANTAS (C), RECIPIENTES DE ABEBERAMENTO (D), RECIPIENTES E DEPÓSITOS COM ÁGUA ACUMULADOS (E), PNEUS (F).....	8
FIGURA 1.2 FENÓTIPOS DOS MOSQUITOS <i>Aedes aegypti</i> E <i>Aedes albopictus</i>	9
FIGURA 1.3 OVOS DE MOSQUITOS ADERENTES A SUPERFÍCIE RUGOSA DE MADEIRA RECOLHIDOS DE RECIPIENTES DE COLHEITA EM PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	12
FIGURA 1.4 FASE AQUÁTICA DO MOSQUITO: LARVA RETIRADA DO MEIO AQUÁTICO (A), PUPA RETIRADA DO MEIO AQUÁTICO(B), LARVA EM MEIO AQUÁTICO (C) E PUPA EM MEIO AQUÁTICO (D).....	13
FIGURA 1.5 FENÓTIPOS COMPATÍVEIS COM O <i>Ae albopictus</i> , CAPTURADOS...	14
FIGURA 1.6 CICLO DE VIDA DO MOSQUITO <i>Aedes spp</i>	15
FIGURA 2.1 PROCEDIMENTOS DE VIGILÂNCIA: LOCALIZAÇÃO DO RECIPIENTE DE OVOPOSTURA (A), VASO EQUIPADO PREPARADO PARA COLHEITA (B), IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÁTULAS PARA RECOLHA DE OVOS (C).....	26
FIGURA 2.2 ARMADILHA PARA CAPTURA DE ADULTOS (A), ASPIRAÇÃO DO CONTEÚDO (B).....	27
FIGURA 3.1 VARIAÇÕES MENSIS DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (A), DAS TEMPERATURAS MÉDIAS (B) E DOS VALORES MÉDIOS DAS INTENSIDADES DA RETRO-REFLEXÃO E FILTRAÇÃO POR MÉDIA FLUTUANTE PARA INFERIÇÃO DA HUMIDADE DO SOLO (C), PARA O PERÍODO DE JANEIRO DE 2019 A DEZEMBRO DE 2020.....	29
FIGURA 3.2 VARIAÇÕES MENSIS DA TEMPERATURA MÉDIA, TEMPERATURA MÉDIA MÁXIMA E TEMPERATURA MÉDIA MÍNIMA, PRECIPITAÇÃO MÉDIA, PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E DIAS DE CHUVA, DE 1992 A 2021.....	31

FIGURA 3.3	PAISAGEM NÃO MODIFICADA (A), ESPAÇO VERDE CONSTRUÍDO (B)	33
FIGURA 3.4	ADAPTAÇÃO DE CORTE EXCERTO DA FREGUESIA DE QUARTEIRA, DA DÉCADA DE 70 (NO TOPO) E DE 2006 (NA BASE) DE CIGEOE, CARTA MILITAR DE PORTUGAL SÉRIE M888 – 1/25 000, FOLHAS Nº 605, 606 E 610, 2ª EDIÇÃO, 1978, 1979 E 3ª EDIÇÃO, 2006, RESPETIVAMENTE.....	34
FIGURA 3.5	ADAPTADO DE ORTOFOTOMAPAS DA FREGUESIA DE QUARTEIRA, DOS ANOS DE 1997 (NO TOPO), 2007 (NO CENTRO) E 2018 (NA BASE) (APA/ARHALG).....	35
FIGURA 3.6	ADAPTAÇÃO DE CORTE EXCERTO DA FREGUESIA DE ALMANCIL, DA DÉCADA DE 70 (NO TOPO) E DE 2006 (NA BASE) DE CIGEOE, CARTA MILITAR DE PORTUGAL SÉRIE M888 – 1/25 000, FOLHAS Nº 605, 606 E 610, 2ª EDIÇÃO, 1978, 1979 E 3ª EDIÇÃO, 2006, RESPETIVAMENTE.....	37
FIGURA 3.7	ADAPTADO DE ORTOFOTOMAPAS DE PARTE DA FREGUESIA DE ALMANCIL, DOS ANOS DE 1997 (NO TOPO), 2007 (NO CENTRO) E 2018 (NA BASE) (APA/ARHALG).....	38
FIGURA 3.8	VEGETAÇÃO SECA AUTÓCTONE (A E B), ESPAÇOS VERDES E AZUIS DE NATUREZA ANTRÓPICA (C E B).....	42
FIGURA 3.9	ALINHAMENTO DA OVOPOSTURA AO LONGO DA ESPÁTULA DE RECOLHA DE OVOS.....	45

Índice de Tabelas

TABELA 3.1 DADOS COMPARATIVOS DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS RESIDENTES E DE EDIFICAÇÕES NA REGIÃO DO ALGARVE, NO CONCELHO DE LOULÉ E NAS FREGUESIAS DE ALMANCIL E QUARTEIRA, ENTRE OS ANOS DE 1991 E 2011 (INE, 1993, 2003, 2012).....	39
TABELA 3.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE 1991 E 2011 DO NÚMERO DE ESTRANGEIROS RESIDENTES NA REGIÃO DO ALGARVE, PROVENIENTES DE ORIGENS ENDÉMICAS DA DENGUE (INE, 1993, 2012).....	40
TABELA 3.3 CARATERIZAÇÃO DAS FORMAS DE VETORES <i>Aedes</i> spp. ENCONTRADAS NO ACOMPANHAMENTO DA VERIFICAÇÃO DAS ARMADILHAS EFETUADA EM SETEMBRO/2021.....	46
TABELA 3.4: CASOS DE DENGUE REPORTADOS NOS PAÍSES EUROPEUS DO MEDITERRÂNEO DE 2008 A 2019 (<i>ATLAS DE VIGILÂNCIA DE DOENÇAS INFECCIOSAS</i> , N.D.; ECDC, 2013).....	48

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Desde que a espécie humana iniciou a sua jornada sobre a Terra, com o entendimento de quem era, manifestou a sua perceção de estética, arte e simbiose com a natureza. Ao longo destes últimos milénios, as civilizações evoluíram e desenvolveram-se. Como resultado formaram-se aglomerados populacionais, que deram origem ao que hoje se denominam cidades. A relação do Homem com o meio urbano permitiu o seu afastamento da natureza, um crescimento populacional refugiado numa ocupação desordenada do espaço urbano e em relação ao meio (Bressane et al., 2016; Forman, 2016; Iojă et al., 2018; Teubner et al., 2020).

Nas últimas décadas, tornou-se um desafio recuperar o equilíbrio e o desenvolvimento urbano sustentável. Com a criação de infraestruturas verdes, apoiadas em massas de água naturais, seminaturais ou artificiais que permitissem uma maior habitabilidade, resiliência e sustentabilidade das cidades, iniciou-se um novo ciclo (Iojă et al., 2018; Suzdaleva et al., 2020; Teubner et al., 2020; Zwierzchowska et al., 2018). Este novo conceito de cidades verdes e azuis apresenta-se como um promotor de saúde física e mental das populações urbanas. O contacto próximo que proporciona com serviços ecossistémicos que permitem a prática de exercício e relaxamento, inclusive poderá contribuir para um aumento da longevidade e bem-estar das populações (McDougall et al., 2020). Também a possível relação nas consequências das alterações climáticas que ao longo das últimas décadas se têm verificado, pesa na eleição destes espaços. A sua contribuição para a adaptação e mitigação dos efeitos da subida de temperatura em ambiente urbano, através da diminuição da temperatura ambiente torna-se quase uma prioridade (Iojă et al., 2018; Jacobs et al., 2020; Moosavi et al., 2021; Syafii et al., 2016) .

As massas de água urbanas contribuem para a retenção das cheias, controlo da erosão e controlo de inundações, melhoria da qualidade da água, manutenção da fauna e flora e do sequestro de carbono. No entanto, a existência de massas de água urbanas acarretam consigo um aumento da biodiversidade e por conseguinte, um risco acrescido para a Saúde Pública (Jacobs et al., 2020; Löhmus & Balbus, 2015; Moosavi et al., 2020; Völker et al., 2018).

Os mosquitos são quase ubiqüitários, estando ausentes apenas de algumas poucas regiões do globo terrestre, como a Antártida (Cebrián-Camisón et al., 2020). Os mosquitos necessitam de água para completar o seu ciclo de vida. As grandes massas de água que podem ser encontradas no espaço urbano, como lagos ou fontes e ribeiras que atravessam as cidades, podem ser locais de ovopostura. Mas esta também ocorre nas pequenas massas de água que se acumulam nos contentores, depósitos, calhas e condutas. No entanto, devido à sua plasticidade, os bebedouros para as aves e animais errantes, os pratos dos vasos das plantas das habitações, podem ser locais de reprodução dos mosquitos. A grande importância deste grupo de artrópodes para a medicina e para a veterinária, prende-se com o facto de serem transmissores (vetores) de doenças para o Homem e para os animais. Os mosquitos do género *Aedes*, nomeadamente o *Ae albopictus* e o *Ae aegypti* que se reproduzem com facilidade em meio urbano, utilizando estas massas de água para o desenvolvimento do seu estado larvar, podem transmitir algumas doenças víricas de alta gravidade ao Homem. Entre estas doenças, denominadas arboviroses (doenças transmitidas por artrópodes) encontram-se a dengue, chikungunya, Zika e a febre amarela (Azevedo, 2015; Beserra et al., 2009; Brown et al., 2014; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Cambournac, 2019; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Carbournac, 2020; Crocker et al., 2017; Dale & Knight, 2008; Khalid & Ghaffar, 2015; Löhmus & Balbus, 2015).

A dengue é a infeção viral mais importante dentro das arboviroses. Tendo vindo a aumentar a sua incidência, estima-se que cerca de 40 % da população mundial se encontre em risco de contrair a virose e que aproximadamente 390 milhões de infeções ocorram anualmente (96 milhões das quais assintomáticas), com a morte de cerca de 20 000 pessoas, nos mais de 125 países endémicos. Nas últimas duas décadas, a Europa tem registado surtos de dengue e o *Aedes albopictus* foi identificado em Portugal Continental pela primeira vez em 2017 no Norte do país e em 2018 no Algarve, onde em 2019 se detetou atividade de maio a dezembro. (Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Cambournac, 2019; Da Re et al., 2021; Löhmus & Balbus, 2015; WHO, 2018).

A evolução simultânea dos conceitos urbanísticos, cada vez mais sensibilizados para a incorporação de vegetação e de massas de água, bem como as pequenas massas de água decorrentes das atividades quotidianas de uma cidade desenvolvida, criam novos desafios (Moosavi et al., 2021). Neste contexto, a identificação e monitorização de vetores

(mosquitos) transmissores de doenças de grande impacto na Saúde Pública, como a dengue, são de primordial importância. O conhecimento da forma como o vetor se desenvolve e as condições ambientais que lhe são mais propícias, são a base para o seu controlo. Tratando-se a dengue de uma doença com grande infecciosidade e morbidade associadas, o controlo dos mosquitos transmissores é essencial para o seu controlo. Ao aliar a natureza à cidade há que ter em conta os riscos que daí podem advir e como criar sustentabilidade sem descurar a saúde. As massas de água urbanas, independentemente da sua dimensão, num ambiente em que temperaturas se encontram a aumentar, tornam-se o berço das arboviroses. No caso particular da dengue, o facto de não haver um tratamento eficaz, a transmissão ser muito rápida e quase contínua ao longo do ano e pela adaptabilidade do seu vetor às cidades, gera um grave problema de Saúde Pública, para o qual a população deveria estar alertada e sensibilizada (Stefopoulou et al., 2018; Wang et al., 2020; WHO, 2013).

1.2. Massas de água urbanas

1.2.1. Relevância na sociedade

Atualmente mais de 70% da população europeia reside em áreas urbanas, alterando desta forma as necessidades de água nas zonas metropolitanas (Kuhlemann et al., 2020). A nível mundial, com mais de metade da população a viver em zonas urbanas e a aparição das megacidades, criam-se novos desafios relativamente ao seu suprimento de água, crescimento e sustentabilidade, que se encontram intimamente ancorados à disponibilidade deste recurso. (Higgins et al., 2019; Kuhlemann et al., 2020; E. Li et al., 2015). Para garantir a disponibilidade de água, cujo aumento da procura se prevê de até 80% em 2050 (Flörke et al., 2018), o poder político e económico tornam-se essenciais (McDonald et al., 2014), uma vez que a existência de água para abastecimento e manutenção das estruturas verdes e azuis associadas à estética, bem-estar e à biodiversidade (Well & Ludwig, 2019), está dependente da exploração exaustiva dos recursos existentes, ou do recurso à importação de água de áreas remotas (Beninde et al., 2015; Kuhlemann et al., 2020; E. Li et al., 2015). No entanto, um dos maiores desafios que se coloca com este aumento da necessidade de água disponível, também permite o desenvolvimento de novas formas inovadoras e integradas de abastecimento e reuso, que

promovam a sustentabilidade, baseadas nos serviços associados aos ciclos natural e urbano da água (Serrao-Neumann et al., 2019).

As massas de água localizadas em meio urbano são comumente definidas como coleções de água permanentes ou temporárias na forma de pequenas massas fixas ou reservatórios (Syafii et al., 2016). Estas massas de água em paisagem urbana estão sujeitas à ação humana e podem constituir um risco geoambiental (Nasyrova et al., 2019). As pequenas massas de água urbanas não apresentam uma definição consensual, dependendo dos autores e do facto de poderem ser naturais ou construídas pelo Homem. No entanto, podem ser caracterizadas como quaisquer massas de água (lagos, lagoas reservatórios), ou cursos de água (ribeiras, rios ou canais), que se localizam parcial ou totalmente em áreas urbanas (Suzdaleva et al., 2020).

As massas de água são parte integrante do conceito de cidade verde e azul, que na sua génese pretende contribuir para um ambiente mais sustentável, promovendo o bem estar, qualidade do ar e o abaixamento da temperatura envolvente (Jacobs et al., 2020; Singh et al., 2020; Zhao et al., 2020; Zwierzchowska et al., 2018). Com todas as alterações da paisagem urbana decorrente do crescimento da massa populacional, também a forma como deve ser encarado o ciclo urbano da água, está sujeita a sofrer alterações, abandonando os conceitos de planeamento baseados em sistemas de abastecimento pouco diversificados, acompanhados de políticas de governança da água fragmentadas (Serrao-Neumann et al., 2019). As massas de água urbanas podem ser distinguidas de acordo com a sua dimensão e o facto de poderem ser correntes, com ligação a cursos de água, ou estagnadas (Straka et al., 2020). Também podem ser avaliadas em função da sua natureza permanente, semi-permanente (que acumulam água continuamente durante a época das chuvas, mas secam durante a época seca) ou temporária (associada à existência de chuvas) (Naselli-Flores & Marrone, 2019; Pires & Gleiser, 2010). As massas de água denominadas artificiais são aquelas cuja presença e/ou características resultam da ação do Homem, como os canais, fontes, valas, fossos, estruturas de drenagem, acumulações de água resultantes de fugas das condutas, etc. (Pires & Gleiser, 2010). No que respeita às massas de água denominadas naturais, estas englobam as áreas inundadas, charcos, piscinas naturais resultantes de condições geológicas naturais e que não resultam por intervenção humana (Pires & Gleiser, 2010). A presença de massas de água, quer sejam naturais ou estruturas criadas ou reabilitadas pelo Homem podem providenciar importantes serviços ecossistémicos às zonas urbanas (Well & Ludwig, 2019). Entre estes, encontram-

se a retenção das águas pluviais, da erosão e o controlo de cheias, a melhoria da qualidade da água, assim como a manutenção de habitats para a flora e fauna locais. Estes corpos de água para além da sua função estética relativamente ao design urbano, desempenham um papel ecológico preponderante ao nível da biodiversidade (Jacobs et al., 2020; Löhmus & Balbus, 2015; Moosavi et al., 2021; Naselli-Flores & Marrone, 2019; Steele, 2018; Straka et al., 2020; Well & Ludwig, 2019). Muitas cidades europeias têm vindo a desenvolver estratégias de longo prazo baseadas na conjugação de espaços verdes e massas de água, como Londres, Bruxelas ou Berlim (Iojă et al., 2018; Kuhlemann et al., 2020). Também a reabilitação/revitalização de cursos ou massas de água urbanas passou a fazer parte das agendas governativas. No entanto, a par com todas as vantagens sociais e ambientais, já referidas, estas massas de água podem também contribuir para o risco de inundações e de novos perigos sanitários (Higgins et al., 2019; Iojă et al., 2018).

1.2.2. Criação de habitats para novas espécies vectoras

As cidades apresentam uma maior quantidade de estruturas antrópicas, relativamente às zonas rurais e periurbanas, aumentando de forma substancial o número de habitats disponíveis para os mosquitos (Harding et al., 2007). O processo de urbanização cria habitats adaptados aos mosquitos enquanto vetores, nos quais há um número de predadores mais reduzido e os hospedeiros humanos se encontram mais acessíveis (Wilke, 2019). Consoante as espécies, os mosquitos colonizam diferentes massas de água, quer em dimensão, quer em profundidade, quer em composição química ou até de acordo com o meio envolvente (Harding et al., 2007; Nasir et al., 2017).

As zonas inundáveis cada vez mais pronunciadas nas cidades, intensificadas por opções urbanísticas pouco controladas, são precursoras da formação de pequenas massas de água. Da mesma forma, as inundações e transbordo de cursos de água, podem arrastar consigo equipamentos e objetos que podem acumular pequenas massas de água, servindo de reservatórios propícios à reprodução dos mosquitos (Beserra et al., 2009; de Jesús Crespo et al., 2019). Nem todas as massas de água urbanas representam grandes superfícies, podendo também estar confinadas a pequenas localizações como depósitos, condutas, calhas, bebedouros e recipientes abandonados ou localizados ao longo da cidade para abeberar animais errantes ou domésticos, ou até serem transitórias no tempo (Crocker et al., 2017; Löhmus & Balbus, 2015; Pires & Gleiser, 2010). Estas não são menos importantes quando analisadas, não de um prisma quantitativo, mas qualitativo. O facto de haver um incremento na distribuição urbana de massas de água, para além de estimular

o aumento da biodiversidade aquática (Urban & Roehm, 2018), também constitui um risco sanitário.

As massas de água são indispensáveis para a reprodução dos mosquitos, albergando os seus estádios larvares (Dale & Knight, 2008) . Esta premissa transforma estas zonas urbanas, com massas de água distribuídas indiscriminadamente, em possíveis reservatórios de agentes transmissores de doenças (Vasquez et al., 2020). Existem mais de 3500 espécies de mosquitos no mundo, no entanto, os principais transmissores de arboviroses pertencem aos géneros *Aedes*, *Culex* e *Anopheles*. Através destes vetores podem ser transmitidos: a malária, as filaríases, o vírus da febre amarela, da dengue, o Zika, o vírus da Febre do Nilo Ocidental, o vírus Usutu, o chikungunya e o vírus da febre do Vale do Rift, nos países do Mediterrâneo (Cebrián-Camisón et al., 2020; Gratz, 2004; Segondy, 2020). A mortalidade estimada a nível mundial de cerca de 700 000 mortes/ano, provocada por doenças transmitidas pelos mosquitos, torna-os nos animais mais mortíferos existentes (Artigas et al., 2021; Vasquez et al., 2020).

Os mosquitos encontram-se perfeitamente adaptados ao meio ambiente, por habitarem desde zonas de águas paradas, estruturas subterrâneas e zonas de infiltração próximas a massas de água (Nasir et al., 2017), às massas de água de grandes e pequenas dimensões, urbanas e periurbanas (Urban & Roehm, 2018). Todas as massas de água apresentam diferenças na sua composição química e no tipo/quantidade de vegetação que as rodeia (Nasir et al., 2017; Pires & Gleiser, 2010). A biodiversidade existente nas zonas urbanas, bem como a distância entre as massas de água e a presença ou ausência de vegetação, também são fatores a considerar para a criação de habitats mais favoráveis aos vetores, permitindo-lhes uma janela de oportunidade ao desenvolvimento e proliferação (Lugassy et al., 2021; Naselli-Flores & Marrone, 2019). As atividades antrópicas podem criar uma série de novos habitats dentro da gama natural dos vetores, combinando as novas estruturas com as pré-existentes, permitindo a adaptação destes às condições apresentadas nos grandes espaços urbanos (Ramasamy & Surendran, 2016). A distribuição de redes subterrâneas de condutas pra drenagem das águas pluviais e o seu acesso através dos sumidouros, permite um habitat resguardado e prolífico para a grande maioria dos géneros de vetores zoonóticos (Paploski, 2016). A localização em meio urbano de pequenas massas de água, bem como de massas de água maiores, como pequenos ribeiros, lagos ou fontes e parques de lazer, permite aos mosquitos a possibilidade de eclosão e alimentação num curto raio, propiciando a repetição contínua dos ciclos. Acresce ainda a capacidade

destes habitats de possibilitar zonas refrescantes durante as partes mais quentes dos dias (Misslin et al., 2016; Pichler et al., 2019; Ramasamy & Surendran, 2016). Também as poças de água das chuvas, sumidouros e valetas, pratos de vasos de flores, bebedouros para animais errantes e silvestres, pequenos reservatórios artificiais, pneus usados, garrafas e vasos partidos, latas, bromeliáceas e buracos de árvores, entre outros, em que há oscilações do nível das águas, representam locais de nidificação de excelência (Nasir et al., 2017, 2018; Schmidl et al., 2008; Wilke, 2019) (Figura 1.1). Nos habitats que são criados em massas de água a partir de equipamentos ou construções antrópicas, que são fruto do aumento da densidade populacional e da urbanização crescente, há que ter em consideração a falta de predadores naturais, o que vai propiciar o aumento das densidades larvares (Al-Abri et al., 2020; Lõhmus & Balbus, 2015; J. N. Wang et al., 2020; Wilke, 2019; Zhao et al., 2020). No caso dos mosquitos do género *Aedes*, têm-se verificado um padrão mais doméstico, acreditando-se que pode nunca abandonar um complexo habitacional, onde desenvolve todas as fases do seu ciclo de vida, disseminando em simultâneo os arbovírus (Ayllón et al., 2018; Stefopoulou et al., 2018). No entanto, o seu desenvolvimento fora de ambiente doméstico, como as bacias de retenção, condutas de drenagem, sumidouros, poços e outras estruturas urbanas e periurbanas, já demonstraram ser locais de nidificação e descanso dos adultos que não podem ser descurados (Gao, 2018; Manrique-Saide, 2012; Paploski, 2016; Wang et al., 2021). Estes locais, a par com as pequenas massas de água urbanas que existem nas habitações e estruturas anexas, permitem locais em que o ciclo de vida pode ser completo sem grandes interferências (Manrique-Saide, 2013; Paploski, 2016).

A



B



C



D



E



F



Figura 1.1 – Locais compatíveis para ovopostura: cavidades rochosas (A e B), interior oco de caules de plantas (C), recipientes de abeberamento (D), recipientes e depósitos com água acumulados (E), pneus (F). Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

1.3. Vetores do género *Aedes* e seus ciclos de vida

Os mosquitos pertencem ao Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Diptera e dentro desta, todos os mosquitos pertencem à Família Culicidae, que se divide em Subfamílias e estas em Géneros. Os géneros mais importantes no que se refere à transmissão de doenças, incluem o *Aedes*, o *Culex* e o *Anopheles*, sendo as doenças virais transmitidas por estes artrópodes designadas por arboviroses (arthropod-borne viruses) (Dale & Knight, 2008).

Na generalidade todas as espécies de mosquitos seguem o mesmo padrão de desenvolvimento, que se inicia no ovo, passando por quatro estádios larvares, pupa e estado adulto (Dale & Knight, 2008; Vasquez et al., 2020).

Os mosquitos apresentam características distintas entre as várias espécies e exigem diferentes habitats para a sua reprodução e ciclo de vida. As principais espécies de mosquitos transmissores da dengue pertencem ao género *Aedes*, destacando-se o *Ae aegypti* e o *Ae albopictus* (Figura 1.2).



Figura 1.2: Fenótipos dos mosquitos *Aedes aegypti* (esquerda) e *Aedes albopictus* (direita).

Fonte: <https://www.gettyimages.pt>

O *Ae aegypti* é o mais importante vetor de transmissão da dengue, a arbovirose mais disseminada mundialmente. Também é o vetor dos vírus da febre amarela, chikungunya e Zika. Representa assim uma preocupação de saúde global, face à sua capacidade ímpar de desenvolvimento em áreas urbanas e desta forma, ser vetor para os arbovírus (Da Re et al., 2021; Paupy et al., 2009).

Esta espécie evoluiu na África subsariana e devido ao comércio, foi deslocada da sua faixa geográfica original. Inicialmente pelo comércio escravagista entre os séculos XV e XIX, o mosquito movimentou-se da África Ocidental para a Europa e Américas, e, mais tarde, em virtude da intensificação das trocas com a Ásia durante os séculos XVIII e XIX, juntamente com o movimento das tropas durante a 2ª Guerra Mundial, aumentou a sua expansão geográfica (Da Re et al., 2021). O *Ae aegypti* já esteve presente na Europa nos princípios do século XX, de onde se espalhou da Costa Atlântica Portuguesa para o Mar Báltico, tendo desaparecido da Europa em meados dos anos 50, devido às campanhas de

controle da malária, associada à gestão das massas de água urbanas e eventualmente, às condições climáticas adversas no inverno (Kramer et al., 2020).

O risco de infecção com o vírus da dengue encontra-se diretamente relacionado com a densidade populacional de mosquitos. Esta espécie amplamente distribuída mundialmente, apresenta maior prevalência nas regiões com temperatura média anual superior a 20 °C. Desenvolve-se idealmente a temperaturas entre os 26-30 °C (diminuindo a ovopostura e eclosão a temperaturas superiores) e humidade a 70-80 %, com locais para eclosão e disponibilidade de alimento (Azevedo, 2015). Trata-se de uma espécie exótica multivoltina, em que as gerações ocorrem umas sobre as outras de forma contínua, havendo uma constância de mosquitos adultos, não fazendo diapausa de inverno em nenhum estágio do seu ciclo de vida, sendo a lipogénese larvar pouco eficiente (Paupy et al., 2009). Por esta razão, não se encontra adaptado às regiões mais frias (Paupy et al., 2009). No entanto, por vezes é identificado nos países do Mediterrâneo, onde pode ser introduzido através dos transportes de mercadorias ou também por viajantes, embora tenha sido erradicado da maioria dos países europeus durante o século XX. A variação sazonal de temperatura e as condições ambientais que podem condicionar o desenvolvimento do vetor e a sua densidade populacional, parecem estar associadas aos surtos de dengue (Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infecciosas Doutor Francisco Cambournac, 2019; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infecciosas Doutor Francisco Carbougnac, 2020; Da Re et al., 2021; Pliego et al., 2017; Segondy, 2020; Wang et al., 2020).

As fêmeas de *Ae aegypti* são altamente específicas e antropofílicas, alimentando-se de sangue (hematófagas) proveniente de vários indivíduos, antes de obter sangue suficiente para a maturação do seu ciclo gonadotrófico, realizando-se assim a maturação dos ovos (Giovanni Rezza, 2012). As fêmeas apresentam um comportamento oportunista na deposição dos ovos, aproveitando reservatórios de características variadas (David et al., 2021; Wilke, 2019). Geralmente a alimentação ocorre durante o dia, mas com preferência pelo entardecer, podendo deslocar-se entre 800 m a 1 km ou mais, para o local onde se vai realizar a ingestão de alimento, sendo o seu alvo o Homem e o local da ovopostura (Misslin et al., 2016; Paupy et al., 2009; Ramasamy & Surendran, 2016). A postura que se segue, ocorre sempre em locais húmidos acima do nível da linha de água ou mesmo à superfície (Azevedo, 2015). O tempo de eclosão é de cinco dias, no entanto, se as condições ambientais forem adversas, a mesma pode ser adiada meses ou anos, até se

registarem as condições propícias, sendo o ovo resistente à dessecação, embora a temperaturas abaixo dos 10 °C o desenvolvimento larvar seja limitado, bem como a sobrevivência dos adultos (Marinho et al., 2016). O desenvolvimento das larvas ocorre em média em cerca de dez dias, sendo este espaço de tempo menor nos machos que nas fêmeas (Maimusa et al., 2016). Os ovos eclodem, originando as larvas, após a submersão dos mesmos, desenvolvendo-se estas na água, onde se transformam em pupas ao fim de 5 dias e a partir das quais surge o mosquito adulto, após dois ou três dias. Desta forma, o ovo leva 7 a 10 dias até ao seu desenvolvimento na forma adulta. O seu desenvolvimento é otimizado em função da temperatura e volume de água disponíveis, bem como da oferta de alimento (David et al., 2021; Misslin et al., 2016). Fenotipicamente é um mosquito pequeno, listrado a branco e preto, com uma esperança de vida de aproximadamente um mês. (Ayllón et al., 2018; Azevedo, 2015; CDC, n.d.; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Cambournac, 2019; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Carbougnac, 2020; Misslin et al., 2016).

O *Ae albopictus* tem origem no sudeste asiático, ilhas do Pacífico e Índico, sendo considerada a espécie de mosquito mais invasora e disseminada mundialmente (à exceção da Antártida), ao longo dos últimos 30 a 40 anos (Artigas et al., 2021; Cebrián-Camisón et al., 2020; Li, 2014). Graças ao aumento das trocas comerciais, com movimentação de pessoas e bens (especialmente pneus usados e plantas de bambu originárias da Ásia transportando ovos resistentes à dessecação), tem-se disseminado pelos cinco continentes, aumentando assim o risco de disseminação de arboviroses, como a dengue, mas também a febre amarela, chikungunya e Zika (Artigas et al., 2021; Caputo et al., 2020; Cebrián-Camisón et al., 2020). A sua adaptação a climas mais frios permite a transmissão das arboviroses por novas áreas (Artigas et al., 2021). Inicialmente originado nas florestas do sudeste asiático, era essencialmente zoofílico, alimentando-se da fauna selvagem (Paupy et al., 2009). Considerado também um mosquito de zonas rurais, devido à sua reprodução em habitats naturais como buracos nas árvores, troncos de bambu e bromeliáceas, o *Ae albopictus* adaptou-se aos ambientes urbanos, com as suas larvas desenvolvendo-se atualmente em pequenos contentores, tornando-se por vezes o único vetor em zonas urbanas (Li, 2014). O seu ciclo de vida é semelhante ao do *Ae aegypti*, no entanto, contrariamente a este, os seus ovos resistem ao frio invernal, entrando em diapausa na fase embrionária do ovo, quando a temperaturas mínimas mensais inferiores a 10 °C (Paupy et al., 2009). Esta capacidade que o *Ae albopictus* possui de resistir às

baixas temperaturas, está diretamente ligada à sua capacidade de sintetizar uma elevada quantidade de lípidos e produzir grandes quantidades de reservas gordas no ovo, a baixas temperaturas (Paupy et al., 2009). As larvas eclodem assim que as condições sejam favoráveis, podendo eclodir a partir desta temperatura, não atingem os seguintes estádios até à fase adulta, senão a partir dos 15 °C. A atividade hematófaga das fêmeas adultas inicia-se a partir dos 13 °C, sendo a sua longevidade e fecundidade otimizada aos 25 ° C, atingindo a esta temperatura a maior quantidade de ciclos gonadotróficos (Marini et al., 2020). Os ovos (Figura 1.3) também são colocados acima da linha de água, preferencialmente em substrato escuro e rugoso, eclodindo as larvas com a subida do nível da água.

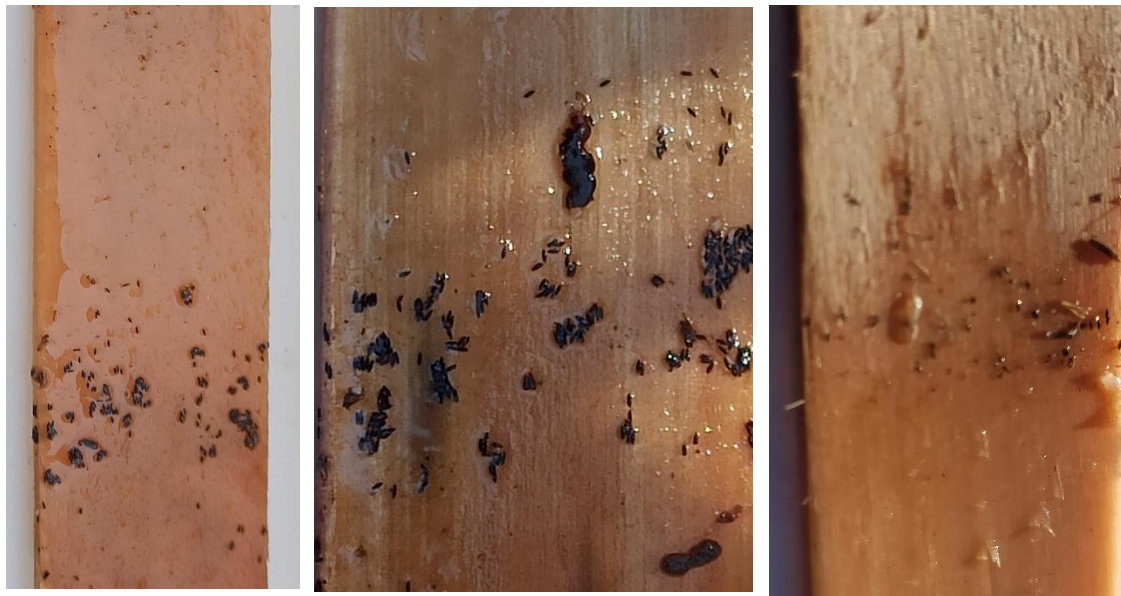


Figura 1.3 – Ovos de mosquitos aderentes a superfície rugosa de madeira recolhidos de recipientes de colheita em pontos de amostragem.

Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

A fase aquática (Figura 1.4) do desenvolvimento pode variar entre 7 e 20 dias, em função da temperatura e disponibilidade de alimento. No entanto, a duração desta fase pode variar entre cerca de 1 mês a 15 °C e de aproximadamente uma semana (8,8 dias) a 30 °C (Delatte et al., 2009; Marini et al., 2020). Este mosquito, invadiu há alguns anos a região mediterrânica e a sua plasticidade permite-lhe adaptar-se a diferentes ambientes, nomeadamente áreas florestais, rurais, mas também a áreas periurbanas e urbanas, bem como a maiores amplitudes térmicas (Marini et al., 2020; Paupy et al., 2009). A sua atividade, nesta região, pode desenvolver-se ininterruptamente entre abril/maio e

novembro/dezembro, em virtude das condições climáticas apresentadas, sendo estas essenciais para a transmissão do vírus pelos estádios larvares durante a estação fria (Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Carbougnac, 2020; Liao et al., 2019; Segondy, 2020).



Figura 1.4 – Fase aquática do mosquito: larva retirada do meio aquático (A), pupa retirada do meio aquático(B), larva em meio aquático (C) e pupa em meio aquático (D).

Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

Apesar de reportado em 27 países europeus, esta espécie encontra-se estabelecida em 19 países europeus, incluindo Portugal, ao longo do Mediterrâneo, sendo esta a região mais afetada (Artigas et al., 2021). O *Ae albopictus* encontra-se muito bem-adaptado ao meio urbano, sendo muito agressivo e tendo uma atividade diurna, principalmente pela alvorada e ao entardecer. No entanto, estas preferências podem ser alteradas em função

da época do ano, região do globo, disponibilidade de hospedeiros e da natureza do habitat (Paupy et al., 2009). Trata-se de uma espécie essencialmente antropofílica, que pode também alimentar-se esporadicamente de outros animais, tendo uma taxa de alimentação maior em função do aumento da densidade populacional (Li, 2014). Vulgarmente denominado mosquito-tigre, a forma adulta fenotipicamente possui cor preta com manchas brancas ou prateadas, distinguindo-se das outras espécies por possuir uma linha média branca na zona dorsal do tórax (Caputo et al., 2020; Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infecciosas Doutor Francisco Carbougnac, 2020; Dale & Knight, 2008; Segondy, 2020) (Figura 1.5).



Figura 1.5 – Fenótipos compatíveis com o *Ae. albopictus*, capturados.

Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

A Figura 1.6 ilustra o ciclo de vida das duas espécies de mosquitos do Género *Aedes* estudadas neste trabalho.

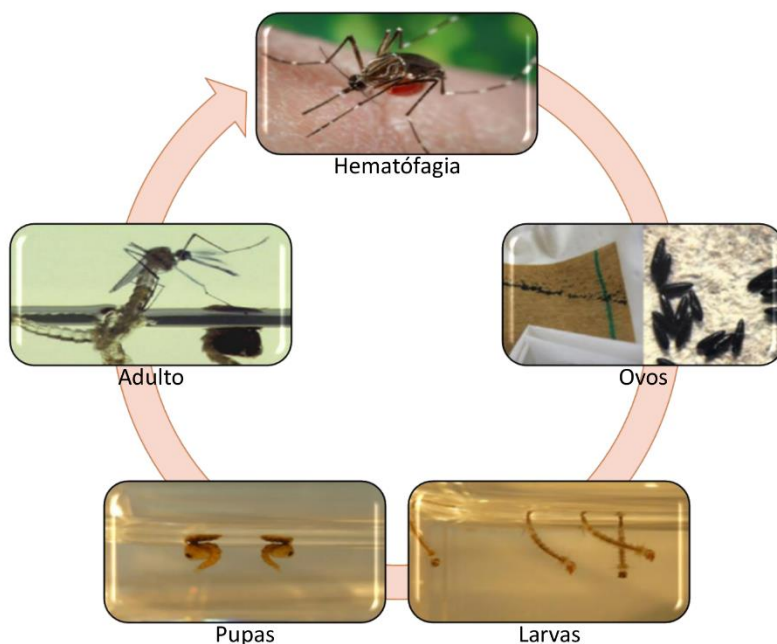


Figura 1.6: Ciclo de vida do mosquito *Aedes* spp.

Adaptado de: https://portugues.cdc.gov/img/cdc/PT_47941.pdf

A reprodução dos mosquitos é influenciada por alguns fatores, nomeadamente a humidade, a temperatura média, precipitação, humidade relativa do ar, a atividade dos adultos, incubação do vírus e a esperança de vida da espécie, sendo a velocidade do vento um fator preponderante na densidade dos *Aedes* spp. adultos (Alkhayat et al., 2020; David et al., 2021; Khalid & Ghaffar, 2015; Marini et al., 2020; J. N. Wang et al., 2020). O *Ae albopictus* também pode ser encontrado em áreas altamente arborizadas, movendo-se facilmente para ambientes densamente habitados, que proporcionam simultaneamente locais de nidificação e alimento disponível em quantidade. Apesar disso, parte da população deste vetor adotou um estilo de vida urbano, desenvolvendo todo o seu ciclo de vida em zonas habitacionais (Artigas et al., 2021; Ayllón et al., 2018; Li, 2014).

1.4. Dengue: etiologia, sintomatologia e tratamento

A dengue caracteriza uma doença viral sistémica transmitida entre o homem por mosquitos (Simmons et al., 2012). O agente etiológico causador da doença é um vírus de

ARN (ácido ribonucleico), de cadeia simples, da família Flaviviridae, conhecido como vírus da dengue (DENV), do género flavivírus, com quatro serótipos distintos, mas relacionados: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (Nguyen-Tien et al., 2019; W. H. Wang et al., 2020; WHO, 2016, 2018). Recentemente foi identificado e descrito um novo serótipo, DENV-5, relacionado com o ciclo silvestre (Nguyen-Tien et al., 2019). Qualquer destes serótipos pode causar doença, sendo que, a infeção com um serótipo confere imunidade homóloga ao mesmo e heteróloga e temporária para os restantes serótipos, que pode durar de 6 meses a 2 anos (WHO, 2018). A dengue encontra-se distribuída em dois ambientes distintos, o urbano, onde é endémico e onde o Homem é o único hospedeiro disponível conhecido, em áreas de floresta, onde a transmissão do vírus ocorre entre primatas e raramente entre estes e os humanos (Nguyen-Tien et al., 2019; Simmons et al., 2012). A transmissão ocorre através da picada de um mosquito *Aedes* spp. infetado. Uma vez infetado, o mosquito transmite o vírus por todo o seu tempo de vida (Chang et al., 2018). Após a alimentação, o vírus replica-se no intestino do mosquito, antes de se deslocar para outros tecidos, até atingir as glândulas salivares, para ser inoculado no hospedeiro durante a hematofagia (Halbach et al., 2017). Este período de incubação no mosquito pode durar entre 8-12 dias à temperatura ótima entre 25-28 °C, embora outros fatores como a humidade, genótipo, precipitação e aglomeração urbana, também sejam fatores de influência (Sun et al., 2018; WHO, 2016). A virémia (circulação sanguínea do vírus) que se inicia durante a fase febril, permite a transmissão viral em média de cerca de 7 dias, podendo variar entre 4-5 dias e o máximo de 12 dias através da fêmea *Aedes* spp., embora a transmissão também possa ocorrer pela exposição a sangue infetado, órgãos ou outros tecidos, por transmissão perinatal (em particular quando a mãe se encontra virémica na altura do parto) e através do leite materno (Chang et al., 2018; WHO, 2020a).

A manifestação da doença pode variar entre a forma subclínica (assintomática) em 75 % das infeções, uma forma ligeira em que a sintomatologia corresponde a uma síndrome febril não específica, compatível com o gripal, até à forma clássica da febre da dengue. Também podem ocorrer formas mais severas da doença, normalmente relacionadas à reinfeção com outro serótipo, como a febre hemorrágica viral e a síndrome de choque por dengue, com hemorragia grave e comprometimento dos órgãos internos, podendo ser fatal. A proporção destes casos é baixa, aproximadamente 4 %, com uma taxa de mortalidade inferior a 1 %. (Nguyen-Tien et al., 2019; WHO, 2020a). A dengue começa

abruptamente após um período de incubação de 5-7 dias (média de 3-10 dias) e desenrola-se em 3 fases: febril, crítica e convalescente. A febre alta ($\geq 38,5$ °C) geralmente dura 2-7 dias e pode ser bifásica. Podem ocorrer outros sintomas como cefaleia intensa, dor retroorbital, dores articulares e nos ossos, mialgia, erupções maculopapulares, juntamente com pequenas hemorragias, incluindo hemorragias cutâneas, sangramento nasal (epistaxis) e sangue na urina (hematúria). Os sinais de progressão para a forma grave ocorrem no final da fase febril e incluem vômito persistente, dor abdominal aguda, dificuldades respiratórias, sangramento das mucosas e alterações mentais (Chang et al., 2018; Simmons et al., 2012; Wang et al., 2020; WHO, 2020a). A fase convalescente passa pela recuperação do sistema vascular após 48 a 72 h, com uma melhoria rápida da sintomatologia. Nesta fase pode ocorrer uma recaída e os adultos podem apresentar sinais de fadiga durante várias semanas após a recuperação. (Simmons et al., 2012).

O diagnóstico precoce é essencial para o controlo da severidade da doença. Não existe atualmente medicação específica nem medicamento retroviral para a dengue (Chang et al., 2018). Assim, o tratamento é sintomático, conforme a sintomatologia do paciente, associada a fluidoterapia. O bem-estar dos pacientes manifesta-se pelo retorno do apetite e pela reabsorção de fluídos extravasculares. Atualmente existe uma vacina tetravalente recombinada, viva atenuada, o que permite despoletar uma reação imunitária mais eficaz e duradoura, de 5 anos, em indivíduos previamente infetados. No entanto, a sua aplicação deve ser regrada e cuidadosa, uma vez a sua aplicação aumenta o risco de doença severa em indivíduos não previamente expostos ao vírus. Por esta razão, a investigação e desenvolvimento tecnológico continuam em curso (Caminade et al., 2019; Simmons et al., 2012; Wang et al., 2020).

1.5. Dengue: controlo do vetor e alterações climáticas

1.5.1. Introdução do vetor e da dengue no Mediterrâneo

No início do século XX, os surtos de dengue eram comuns no Mediterrâneo, tendo a maior epidemia europeia ocorrido em 1927/1928, afetando principalmente Atenas e outras regiões da Grécia. Assumiu-se a possibilidade de que o vírus e o seu principal vetor, *Ae aegypti*, sobreviveram ao inverno, no interior aquecido das habitações. Algum tempo após este surto que provocou entre 1000-1500 mortes, o vetor desapareceu do

continente europeu (Rezza, 2016). Em 2012, o *Ae aegypti* foi novamente responsável por um surto de Dengue, na Região Autónoma da Madeira, uma ilha portuguesa situada aproximadamente à mesma latitude de Marrocos, numa altura marcada pela expansão da indústria do turismo, essencialmente da Europa e da América do Sul, tão importante para a economia local (Lourenço & Recker, 2014).

As áreas urbanas costeiras dos países do Mediterrâneo devem ser consideradas pontos de excelência para a entrada dos mosquitos invasores *Aedes* spp. nas cidades europeias (Chiadmi et al., 2020). Deve-se esta permeabilidade ao intenso trânsito marítimo internacional, que representa cerca de 90% das trocas comerciais realizadas na Europa (Da Re et al., 2021). O *Aedes albopictus* parece ter sido introduzido no espaço europeu pela primeira vez, através do porto de Durazzo, na Albânia em 1979, provavelmente oriundo da China (Da Re et al., 2021; Osório et al., 2018). Ao longo dos últimos anos tem sido responsável por surtos de dengue em França em 2010, Espanha em 2018 e em Itália em 2020; surtos de chikungunya em Itália (Rezza et al., 2007) e de transmissão local do vírus Zika em França. Para além dos surtos de arbovirose, o *Ae albopictus* também esteve envolvido na transmissão local de parasitas endémicos em Itália (Cebrián-Camisón et al., 2020).

1.5.2. Alterações do clima no Mediterrâneo

O aumento da urbanização associado ao comércio internacional e mobilidade humana, bem como mudanças ambientais associadas ao aumento das temperaturas e padrões de precipitação, são fatores que podem contribuir para amplificar os efeitos do aumento da temperatura, na prevalência das arbovirose (Caminade et al., 2019; Misslin et al., 2016; Rezza, 2016; Robert et al., 2020). No entanto, as limitações climáticas à implantação do *Ae aegypti* vão-se tornando cada vez mais difusas, especialmente no Mediterrâneo, com particular prevalência no sul de Portugal, Espanha, França e Península Itálica (Da Re et al., 2021; Pasquali et al., 2020). Prevê-se que apesar do continente europeu se mostrar pouco favorável para a disseminação do vetor, em 2030 a região da Península Ibérica, Itália e Grécia não seguem a mesma tendência, num cenário de alterações climáticas com aumento de emissão dos gases com efeito de estufa e com mais de 10 ciclos de vida completos, em condições ambientais adequadas (Iwamura et al., 2020).

1.5.3. Controlo da dengue

Os mosquitos *Aedes* spp. são muito difíceis de controlar ou eliminar após a sua introdução, uma vez que se adaptam facilmente aos padrões de vida das populações e às suas características. Pode levar semanas para a reposição da normalidade após uma campanha de controlo do vetor ser levada a cabo (Ebi & Nealon, 2016).

Durante décadas, os planos de controlo de vetores, baseavam-se no uso de inseticidas, promovendo assim as resistências, bem como consequências negativas para o ambiente. Atualmente são utilizados inseticidas baseados em compostos naturais, a partir de plantas, que se apresentam menos tóxicos e também possuem um efeito repelente perante os mosquitos (Wang et al., 2020; WHO, 2012). O uso de inibidores de crescimento, adicionados às pequenas massas de água em que ocorre o desenvolvimento, permite modificar os estádios precoces de desenvolvimento larvar e a consequente morte, antes de atingir o estado adulto. A sensibilização das populações das áreas afetadas para a eliminação ou cobertura das pequenas massas de água permanentes ou temporárias, nas imediações e dentro das habitações, constitui outra importante vertente do controlo (Al-Abri et al., 2020; Lazzarini et al., 2020; W. H. Wang et al., 2020).

1.6. Objetivos

O **objetivo geral** deste trabalho é contribuir para a análise do risco que as massas de água urbanas podem representar, enquanto berço e parte integrante do ciclo de vida dos mosquitos do género *Aedes*, e a sua influência direta na criação de habitats e proliferação destes vetores. Simultaneamente, este estudo visa analisar a importância das alterações climáticas na prevalência da dengue nos países europeus do Mediterrâneo, com estudo específico na região sul de Portugal e quais as possíveis medidas a implementar sobre as massas de água urbanas para diminuir a capacidade de propagação da dengue à população.

Os objetivos específicos deste trabalho envolveram a caracterização das massas de água em meio urbano provenientes de ações antrópicas ou naturais, com relevo para as freguesias de Quarteira e Almancil. Também se produziu uma recolha de informação relativamente à evolução da implantação dos vetores *Aedes* spp. no Mediterrâneo.

Em simultâneo foi analisada a relação das massas de água urbanas com o ciclo de vida dos mosquitos *Aedes* spp., bem como o impacto que as alterações climáticas e outros fatores de desenvolvimento local que poderiam ter influenciado a implantação do vetor. Esta abordagem visou consolidar a importância das massas de água urbanas e ações antrópicas no controlo das arboviroses.

2. METODOLOGIA

2.1. Estratégia de aquisição de informação e amostragem

As condições de vida das populações têm sofrido alterações ao longo das últimas décadas, quer pela globalização, quer pela mobilidade que a mesma proporcionou, com um aumento do fluxo de indivíduos de diferentes continentes e regiões. Como consequência, para além da introdução de novos hábitos, costumes e culturas, também foram introduzidas novas espécies animais, pelo transporte inadvertido dos seus ovos, a partir da América do sul e Ásia (Da Re et al., 2021; Riddell & Babiker, 2017). Desta forma, os mosquitos de género *Aedes* chegaram aos países europeus do Mediterrâneo e aí iniciaram a sua colonização de novos espaços e habitats.

Este trabalho visa estudar em pormenor uma área geográfica situada no sul de Portugal e depois descrever e projetar a situação atual e futura no Mediterrâneo, face ao conhecimento adquirido no particular.

Em setembro de 2017 foram identificados em Portugal os primeiros exemplares imaturos de *Aedes albopictus*, no âmbito do programa de vigilância REVIVE (Rede de Vigilância de Vetores), numa empresa de pneus em Penafiel (Osório et al., 2018). No ano seguinte foi efetuada a sua identificação em Vilamoura, freguesia de Quarteira, no concelho de Loulé e posteriormente na freguesia de Almancil (Osório et al., 2020).

Face aos dados existentes e às evidências recolhidas, foi decidido que este estudo iria incidir sobre as áreas conhecidas afetadas e onde se encontravam colocados os meios para recolha de exemplares. Daí a escolha das freguesias de Quarteira e Almancil. Para tentar perceber o que levou à implantação deste vetor nestas áreas face ao restante território, houve um estudo dos diversos fatores que poderiam influenciar e potenciar a criação de habitats favoráveis ao seu desenvolvimento. Para tal, o ciclo urbano da água, pela criação de novas origens de água e massas de água superficiais, em áreas que anteriormente não eram habitadas, a urbanização destas freguesias e a movimentação de massa humana, principalmente indivíduos oriundos de outras zonas do globo, foram considerados como fatores de influência para a eleição da área de estudo e a realização do mesmo. Em simultâneo, trata-se de freguesias que tiveram uma evolução muito marcada nas últimas décadas, quer pela atividade turística, quer pelo crescimento urbanístico e demográfico, sendo de enorme relevância no contexto desenvolvimento socioeconómico do concelho de Loulé, mas também da região do Algarve. Por todo o exposto, esta zona apresenta-se como aquela onde a incidência da dengue pode primeiramente ocorrer. O facto do vetor

estar instalado e a proliferar, fornece o primeiro sinal de alerta, estando criadas as condições para o aparecimento de casos autóctones da febre de dengue, sendo assim o local por excelência para avaliar a influência das massas de água urbanas na implantação do vetor *Aedes* spp. e por conseguinte, da prevalência da dengue.

Como base para a realização deste estudo foi reunida a informação referente às várias temáticas a abordar e a delimitação na zona de estudo, que incidiu nas freguesias de Quarteira e Almancil, no concelho de Loulé, na região do Algarve, nomeadamente:

- As massas de água urbanas naturais e antrópicas e a sua importância enquanto habitats para os mosquitos do género *Aedes*, a para a determinação dos locais de amostragem e colocação das armadilhas;
- Os fatores diferenciadores para a implantação dos mosquitos do género *Aedes* nestas freguesias;
- As variações climáticas ocorridas desde 1992, análise detalhada da evolução climática e higrométrica dos solos no ano de 2019.

Este trabalho de análise diferencia-se pelo facto de estar a ser estudada a importância dos fatores que podem despoletar uma situação de doença endémica, numa região, antes da sua ocorrência. Esta abordagem quase preventiva de várias perspetivas hipotéticas, de um futuro problema de Saúde Pública, permitirá futuramente a tomada de medidas dirigidas e adequadas à mitigação desta situação.

Também, a avaliação das diferentes causas possíveis para a implantação deste vetor, de uma forma integrada e não dissociada, pode permitir prever comportamentos de outros vetores e arboviroses zoonóticas.

2.2. Massas de água urbanas

No espaço temporal entre março e setembro de 2021, foi efetuado um estudo bibliográfico para melhor fundamentar a importância das massas de água urbanas e o ciclo urbano da água, para a implantação e proliferação dos mosquitos do género *Aedes*, bem como as características dos habitats que permitiam o seu desenvolvimento. A caracterização qualitativa das massas de água superficiais naturais e antrópicas, nas freguesias de Quarteira e Almancil foi obtida por pesquisa bibliográfica, complementada pela análise das cartas militares da 2ª e 3ª edição, série M888 – 1/25000, folhas n.º 605, n.º 606 e n.º 610 da década de 70 e 3ª edição, série M888 – 1/25000, folhas n.º 605, n.º 606 e n.º 610 de 2006, do CIGeoE e dos ortofotomapas correspondentes a 1997, 2007 e 2018

disponibilizados pela DGT (Direção Geral do Território) (<https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografiatopografica/ortofotos/ortofotos-digitais>), adaptados pela Administração da Região Hidrográfica do Algarve – Agência Portuguesa do Ambiente (ARHAlg – APA)). Estas bases de trabalho também serviram para a identificação das massas de água de natureza antrópica.

De modo a poder avaliar de que forma a evolução demográfica e a urbanização das freguesias poderiam ter interferido na criação de condições para o aparecimento e a instalação do mosquito do género *Aedes*, foi pesquisada a evolução dos dados demográficos. Foram analisados os padrões de emigração para a região do Algarve, com identificação e quantificação dos emigrantes provenientes de África, do Brasil e da Ásia. Para a região do Algarve, concelho de Loulé e as freguesias de Quarteira e Almancil, foi efetuada a quantificação do número de novas edificações, durante as décadas correspondentes a 1991 e 2011, com recurso aos dados divulgados e publicados pelo INE. A escolha destas décadas prendeu-se com o facto de permitir verificar a evolução num período de duas décadas, que se apresentaram como as mais significativas para evidenciar a diferenciação e a evolução destas freguesias.

Como complemento da informação, foram realizadas ao longo dos meses em que se desenvolveu este trabalho percursos pedestres e automobilizados, pelas freguesias de estudo. Pretendeu-se a pesquisa *in loco* para identificação de massas de água, de dimensões várias, propícias à ovoposição e localizações e condições que poderiam favorecer o desenvolvimento larvar, face ao conhecimento adquirido pela bibliografia consultada, face às preferências do vetor. Também se verificaram locais que, embora secos na altura da visita, após precipitação ou rega poderiam servir para a nidificação e ainda espaços de esconderijo e zonas de descanso das formas adultas, durante as horas de maior calor.

2.3. Dados meteorológicos

No desenvolvimento das ações deste trabalho, foram compilados os dados meteorológicos relativos às temperaturas médias, máximas e mínimas mensais, precipitações médias mensais, precipitações mensais acumuladas e dias de chuva mensais, desde 1992, para análise e tratamento das variações climáticas ao longo dos últimos 30 anos, com recurso aos dados fornecidos pela Estação Meteorológica

Automática do Patacão, disponibilizados pela DRAPALG (Direção Regional de Agricultura e Pescas da Região do Algarve), no seu site institucional.

Relativamente ao período entre janeiro de 2019 e dezembro de 2020, foi efetuado o estudo das ortofotografias mensais, obtidas por radar de abertura sintética (SAR) disponibilizadas pela ESA (European Space Agency) e adquiridas a partir dos satélites Sentinel1, com o intuito de avaliar a variação da humidade do solo das freguesias de Quarteira e Almancil (Vale Garrão), pela medição dos valores médios e desvio padrão da intensidade da retro-reflexão (backscatter) e filtradas por média flutuante. Sendo a retro-reflexão do sinal SAR função da rugosidade que encontra à superfície da Terra, vem-se inferindo variação de humidade no solo em função da menor plasticidade que o solo apresenta quando progressivamente mais seco, logo mais rugoso (Álvarez-Mozos et al., 2009; Gao et al., 2017). Outros fatores influenciam igualmente a retro-reflexão como a presença de corpos de água e de gotículas de água, que se procuraram evitar na medida do possível, isto é, não incluindo terrenos inundáveis (pex: braço de ria) ou filtrando por média flutuante os valores médios de intensidade medidos em ortofotografias afetadas por água não infiltrada no solo. Considera-se igualmente a variação do coberto vegetal como negligenciável no decurso do período em estudo. Desta forma, pretende-se de modo simples e direto obter uma estimativa da variação da humidade do solo apenas, admitindo que esta é função da disponibilidade de água à superfície por meios naturais (chuva) ou artificiais (rega). Conhecida a disponibilidade de água à superfície por meios naturais (chuva) a não correlação desta com as estimativas de humidade no solo pode sugerir a disponibilidade de água por meios artificiais associados à presença humana e respetivas infraestruturas, e indicar disponibilidade de água em períodos de maior temperatura atmosférica

2.4. Dados Estatísticos

Relativamente ao período de tempo entre 1992 e 2021 foram analisados estatisticamente os dados meteorológicos compilados relativos às temperaturas médias, máximas e mínimas mensais, precipitações médias mensais, precipitações mensais acumuladas e dias de chuva mensais. Para tal, foi efetuada a análise, com apresentação do grafismo correspondente, das séries temporais (1992-2021) dos vários parâmetros supra, realizando a decomposição das séries temporais nas componentes tendência (*trend*), sazonalidade (*seasonal*) e resíduos (*remainder*) e avaliando a (eventual) significância da

tendência com o teste de Mann-Kendall com correção para a sazonalidade (Kendall τ). Para a realização das análises estatísticas em questão, foi utilizado o software R (R Core Team, 2021) e os pacotes de funções tseries (Trapletti and Hornik, 2020), forecast (Hyndman et al., 2020) e Kendall (McLeod, 2011) para um nível de significância de 0,05. Também foram analisadas, através do teste de Cochran-Armitage para tendências como implementado no software R (com nível de significância de 0,05), as potenciais relações entre: o número de meses anuais em que o *Aedes* spp. pode apresentar atividade hematófaga em função da temperatura média mensal; o número de meses/ano em que a temperatura média mínima mensal permite que a eclosão ocorra; e a o número de meses/ano em que a temperatura média mensal permite a compleição do ciclo de vida, atingindo o vetor a sua forma adulta.

2.5. Vetores *Aedes* spp.

No período de tempo entre abril e setembro de 2021, recorrendo aos motores de busca disponibilizados institucionalmente, foram aprofundados os conhecimentos acerca do ciclo biológico e características adaptativas específicas dos mosquitos do género *Aedes*. Face a esta abordagem, permitiu-se enquadrar implantação do vetor na zona de estudo e recolher evidências fotográficas das alterações de paisagem e serviços ecossistémicos que poderiam ser diferenciadores para a sua adaptação.

Com base na literatura, bibliografia e coordenadas disponibilizadas pela ARS, para as armadilhas colocadas nas freguesias de Quarteira e Almancil no ano de 2019, foi efetuada a sobreposição das coordenadas das mesmas à Ortofoto oficial DGT (<https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-topografica/ortofotos/ortofotos-digitais>) 25 cm de 2018, acedida por Serviço WMS/WMTS, utilizando o software QGIS. De acordo com a disponibilidade das técnicas de saúde ambiental, integradas nos agrupamentos de centros de saúde, sob a alçada do Departamento de Saúde Pública e Planeamento, da ARS, tutelada pelo Ministério da Saúde e após a obtenção das respetivas autorizações por parte das entidades privadas, procedeu-se ao acompanhamento em setembro, da vigilância entomológica, tendo sido verificadas 15 ovitraps distribuídas em lotes de 5 e colocadas dentro de um raio de ação de 100 m, nomeadamente VLMOV1/VLMOV2/VLMOV3/VLMOV4/VLMOV5 (37.101345, -8.123512; 37.101242, -8.23509; 37.100907, -8.123804; 37.101595, -8.123624; 37.101370, -8.123992); VLMOV6/VLMOV7/VLMOV8/VLMOV9/VLMOV10 (37.078350, -8.116927; 37.078549, -8.116955; 37.078795, -8.116518; 37.078316, -8.116807;

37.078423, -8.116190) e VLMOV11/VLMOV12/VLMOV13/VLMOV14/VLMOV15 (37.104755, -8.110722; 37.104603, -8.111406; 37.104472, -8.110796; 37.104963, -8.110828; 37.104578, -8.111406)

Também foram supervisionadas 6 armadilhas de adultos: VLMBGS1, VLMBGS2, VLMBGS3, VLMBGS4, VLMBGS5 E VLMBGS6-Vectrack (37.111397, -8.121793; 37.101340, -8.123509, 37.104790, -8.110796; 37.074076, -8.120327; 37.094202, -8.108895 e localização aproximada a 37.101345, -8.123512), na freguesia de Quarteira, em Vilamoura. Nestas visitas, foi acompanhado o procedimento instituído: localização do recipiente de ovopostura (vaso com água a meia altura e uma espátula lixada devidamente identificada, presa por clip a uma das paredes) (Figura 2.1A), retirada da espátula e pesquisa por evidência de ovos, respetiva colocação em saco plástico identificado com o número da ovitrap e dia. De seguida procede-se à verificação do vaso para presença de larvas ou pupas, sendo vazado em recipiente para o efeito (caço), sendo a água e conteúdo residual colocados em copo plástico devidamente identificados com a ovitrap de origem e a data. No vaso coloca-se nova espátula identificada e volta a encher-se a meia altura com água fresca (Figura 2.1B e C). Este procedimento é repetido para cada ovitrap. Caso haja desaparecimento de alguma ovitrap (caso da VLMOV10), é o mesmo documentado para se proceder à sua reposição na visita seguinte.

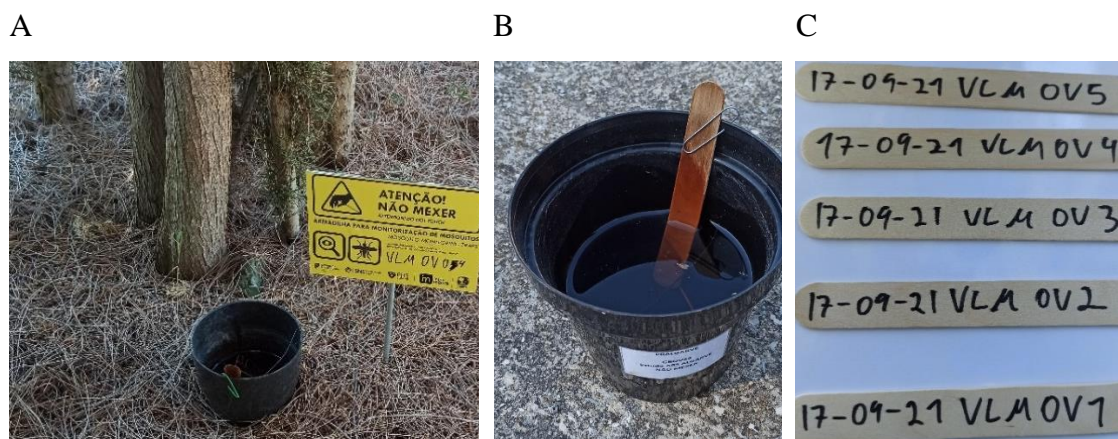


Figura 2.1 – Procedimentos de vigilância: localização do recipiente de ovopostura (A), vaso equipado preparado para colheita (B), identificação das espátulas para recolha de ovos (C). Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

No que concerne às armadilhas para captura de adultos, Biogen Sentinel (BGS), é sugado o conteúdo da rede inserida no dispositivo, com recurso a aspirador a pilha (Figura 2.2), sendo verificada a existência visual de exemplares compatíveis com o género *Aedes*.

Seguidamente o conteúdo do tubo do aspirador é colocado dentro de frasco plástico, pela inserção do tubo de aspiração dentro do bucal do copo e desligando a sucção, promove-se a descida por gravidade dos mosquitos. Com rapidez, retira-se o tubo e coloca-se a tampa, para evitar fugas. São os copos etiquetados com a identificação e data.

A



B



Figura 2.2 – Armadilha para captura de adultos (A), aspiração do conteúdo (B).
Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

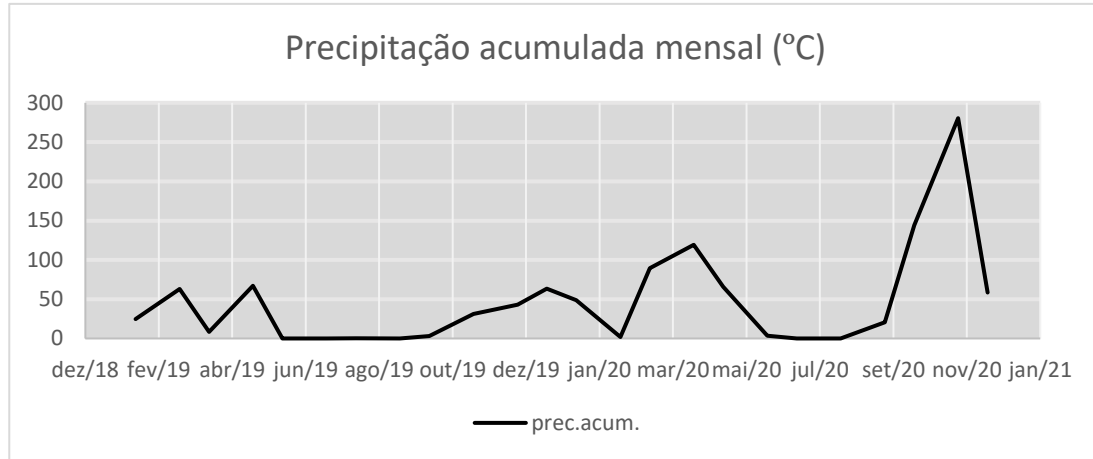
3.1. Influência de fatores abióticos nas massas de água urbanas das freguesias de Quarteira e Almancil em 2019 e 2020

No período específico entre janeiro de 2019 e dezembro de 2020, foi efetuado o estudo das ortofotografias mensais, com o intuito de avaliar a variação da humidade do solo das freguesias de Quarteira e Almancil (Vale Garrão). Com esta análise, foi permitido inferir a variação da humidade do solo ao longo destes dois anos, podendo a mesma ser consequência da água disponível por precipitação, ou então por recurso à rega. Pode ser verificado pela análise da Figura 3.1A, que a precipitação acumulada apresenta no período de estudo, valores muito variáveis em função dos meses, com os maiores picos de precipitação acumulada nos meses de janeiro, fevereiro e abril de 2019, seguidos de 5 meses em que não houve precipitação ou a mesma foi residual, para depois em outubro retornar a valores mais elevados de precipitação acumulada, resultantes de dias de chuva que oscilam entre os 9 em outubro e os 17 em dezembro de 2019. Da mesma forma, durante o ano de 2020 o comportamento da precipitação acumulada não é muito diferente, com valores ainda mais elevados que em 2019 e que atingem os 119,2 mm, repartidos por 20 dias de chuva no mês de abril, e 66 mm repartidos por 9 dias de chuva em maio, seguidos por 3 meses em que a precipitação foi nula ou residual, voltando a haver 2 dias de chuva em setembro, com uma precipitação acumulada de 20.6 mm e depois valores crescentes de precipitação acumulada até dezembro, com o pico máximo a verificar-se em novembro, com 280.4 mm repartidos por 23 dias de chuva.

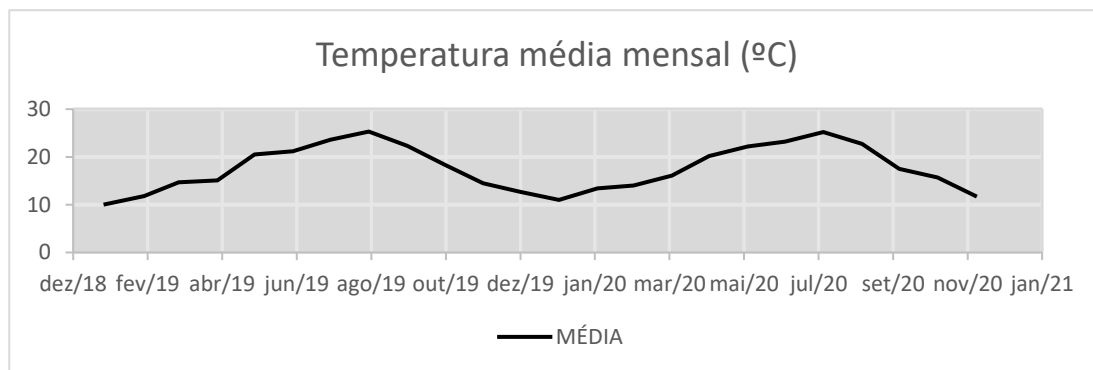
O comportamento da temperatura média mensal para os 2 anos (Figura 3.1B), segue a tendência inversa, com os maiores valores de temperatura média mensal nos meses correspondentes à ausência ou valores residuais de precipitação acumulada, apresentando valores que oscilam entre um mínimo de 20.5 °C em maio/2019 e 25.3 °C em agosto/2019, com temperaturas médias máximas mensais acima dos 29 °C nos meses de julho, agosto e setembro. A mesma avaliação efetuada em 2020, revela também que os meses sem precipitação acumulada são os que apresentam temperaturas médias mensais acima dos 22 °C, com os meses de julho e agosto a apresentarem temperaturas médias máximas mensais de 33.1 °C e 32.6 °C respetivamente, de acordo com os dados da estação meteorológica automática, disponibilizados pela DRAP Algarve (<https://www.drapalgarve.gov.pt/pt/servicos-e-produtos/servicos/fitossanidade/avisos-agricolas>).

Os grafismos apresentados na Figura 3.1C, permitem registrar que as humidades do solo, obtidas a partir de retro-reflexão e filtração para inferição da humidade do solo a partir de ortofotografias por radar de abertura sintética (satélite Sentinel1), em períodos

A



B



C

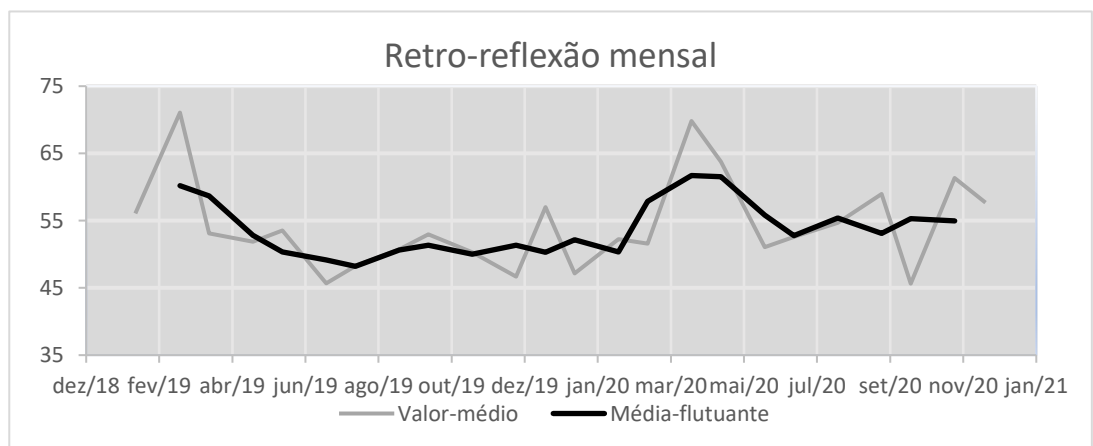


Figura 3.1: Variações mensais da precipitação acumulada (A), das temperaturas médias (B) e dos valores médios das intensidades da retro-reflexão e filtração por média flutuante para inferição da humidade do solo (C), para o período de janeiro de 2019 a dezembro de 2020.

correspondentes, se mantém aparentemente estável. Apenas se verificou um ligeiro declínio face aos meses em que há valores elevados de precipitação, como março/abril e novembro/dezembro de 2020, pode ser assumido que a humidade do solo não é causada pela precipitação. A manutenção de uma humidade média do solo em valores relativamente estáveis, quando não chove e a evapotranspiração ocorrida em virtude das altas temperaturas médias mensais é mais elevado, implica que há outra origem de água que a provoca. Neste caso e face à forma como o território está preenchido, será a rega sistemática e contínua dos espaços verdes que permitirá a manutenção de valores de humidade quase constantes, quando não há precipitação e as temperaturas médias mensais são mais elevadas.

3.2. Estudo estatístico dos dados meteorológicos entre 1992 e 2021

Os dados meteorológicos dos últimos 30 anos (série temporal entre 1992 e 2021) foram analisados estatisticamente, com recurso ao teste de Mann-Kendall com correção para a sazonalidade (Kendall τ e valor-p) para existência de tendência, relativamente às temperatura média, temperatura média máxima mensal e temperatura média mínima mensal, precipitação média mensal, precipitação mensal acumulada e dias de chuva mensais (Figura 3.2).

Pela análise dos dados ilustrados na Figura 3.2, é possível verificar que há uma tendência significativa (Kendall τ , $P < 0.001$) na temperatura média mensal ao longo dos anos, aparentemente sustentada pela tendência significativa de subida, demonstrada para a temperatura média máxima mensal. Relativamente à precipitação, é possível inferir pelos valores obtidos que embora não haja uma tendência estatisticamente significativa (Kendall τ , $P > 0.2$) de aumento da precipitação média mensal ou da precipitação mensal acumulada, pode-se verificar uma tendência significativa (Kendall τ , $P < 0.001$ de aumento na quantidade dos dias de chuva por mês.

No que concerne a análise da variação do nº de meses por ano, durante o período 1992-2021, em que as condições foram favoráveis à atividade hematófaga, à eclosão ou, ainda, à transição para a fase adulta, os resultados dos testes de Cochran-Armitage indicam que não existem tendências significativas (respetivamente, $0,01 < \chi^2 < 1,179$, $P > 0,278$).

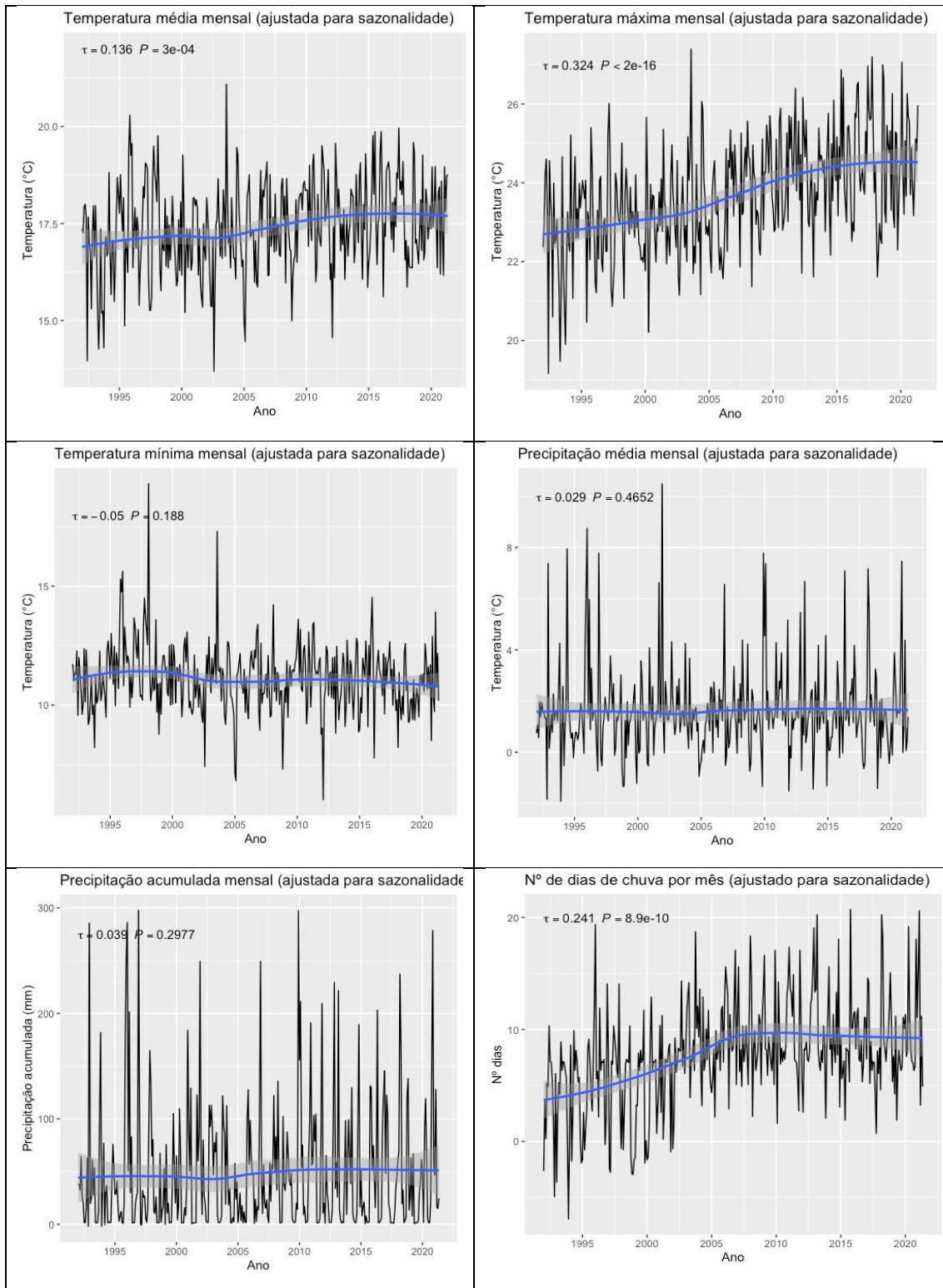


Figura 3.2: Variações mensais da temperatura média, temperatura média máxima e temperatura média mínima, precipitação média, precipitação acumulada e dias de chuva, de 1992 a 2021.

Pela leitura das tendências face ao objeto de estudo, ou seja, a possível prevalência da dengue, poder-se-á analisar estes resultados como muito importantes. Uma vez que a análise dos dados meteorológicos relativos ao nº de meses favoráveis à ocorrência de

atividade hematófaga, eclosão e desenvolvimento larvar e em que pode terminar o desenvolvimento completo do vetor *Aedes albopictus* não sofreram alterações significativas ao longo das últimas 3 décadas, estas tendências climáticas verificadas não parecem influir na sua instalação e proliferação. No entanto, podem contribuir para criar as condições mais favoráveis à presença e desenvolvimento do *Aedes aegypti*, até à data não identificado em território continental e mais exigente no que respeita à temperatura média ambiente. A presença das duas espécies aumentaria grandemente o risco de infeção, pelo que esta evolução não pode ser de forma alguma minimizada no contexto de prevalência da dengue na região.

3.3. Caracterização qualitativa das massas de água na zona de estudo

A Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve - RH8 abrange uma área de 5 509.45 km² (Instituto da Água, 2005), sendo constituída pelo Sistema do rio Guadiana Internacional inferior e pelos cursos de água que desaguam diretamente no mar, denominados Ribeiras do Algarve, que inclui as respetivas águas subterrâneas e costeiras adjacentes (APA, 2015, 2016; CCDR Algarve, Ministério do Ambiente, 2004). De entre os concelhos parcialmente englobados na RH8, encontra-se Loulé (cerca de 71,8%), estando a restante área do concelho (serra), englobada na RH7 (APA, 2016; Silva, 2015). A maioria dos principais cursos de água da RH possui um regime torrencial, registando-se caudais muito reduzidos ou nulos no período de estiagem (época de seca) (APA, 2015).

A ribeira de Algibre conflui com a ribeira de Quarteira (integrada na Bacia do Sotavento), considerada zona vulnerável da RH8, dada a sua importância na manutenção da biodiversidade na região (APA, 2015; Franco, 2015).

Pela análise das Cartas Militares é possível observar que na freguesia de Quarteira, na década de 70 (Figura 3.4) apenas é referenciada a Ribeira de Quarteira, existindo para além dessa, uma massa de água próxima à Aldeia do Golfe, associada ao campo de golfe, em Vilamoura, enquanto em 2006 já pode ser também identificado o Ribeiro das Queimadas, a Vala dos Marmeleiros, a Fonte do Ulme, que desaguam na Ribeira de Quarteira em pontos diferentes do seu percurso e uma série de massas de água de natureza antrópica, nos espaços ocupados por zonas de empreendimentos turísticos, espaços públicos e associadas a campos de golfe, distribuídas pela zona litoral da freguesia. De assinalar ainda a alteração que a paisagem sofreu ao longo destas três décadas e meia, passando de uma zona com habitação dispersa, com apenas algumas aglomerações

habitacionais pequenas, para uma paisagem urbana, com aglomerados habitacionais extensos, que se interligam entre si, rodeados e integrados em espaços verdes e azuis, modificando por completo a imagem da década de 70.

Pela análise dos ortofotomapas, esta evolução na urbanização da freguesia, torna-se ainda mais evidente, com o desaparecimento gradual das zonas não construídas ou ocupadas, para zonas com construção e espaços verdes envolventes, bem como a existência de novas massas de água não naturais que foram construídas e incorporadas ao longo dos anos, nos complexos habitacionais e nas componentes turísticas associadas, como sejam os campos de golfe (Figura 3.3). Essa diferença e modificação do espaço pode ser progressivamente evidenciada na Figura 3.5.



Figura 3.3 – Paisagem não modificada (A), espaço verde construído (B).
Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

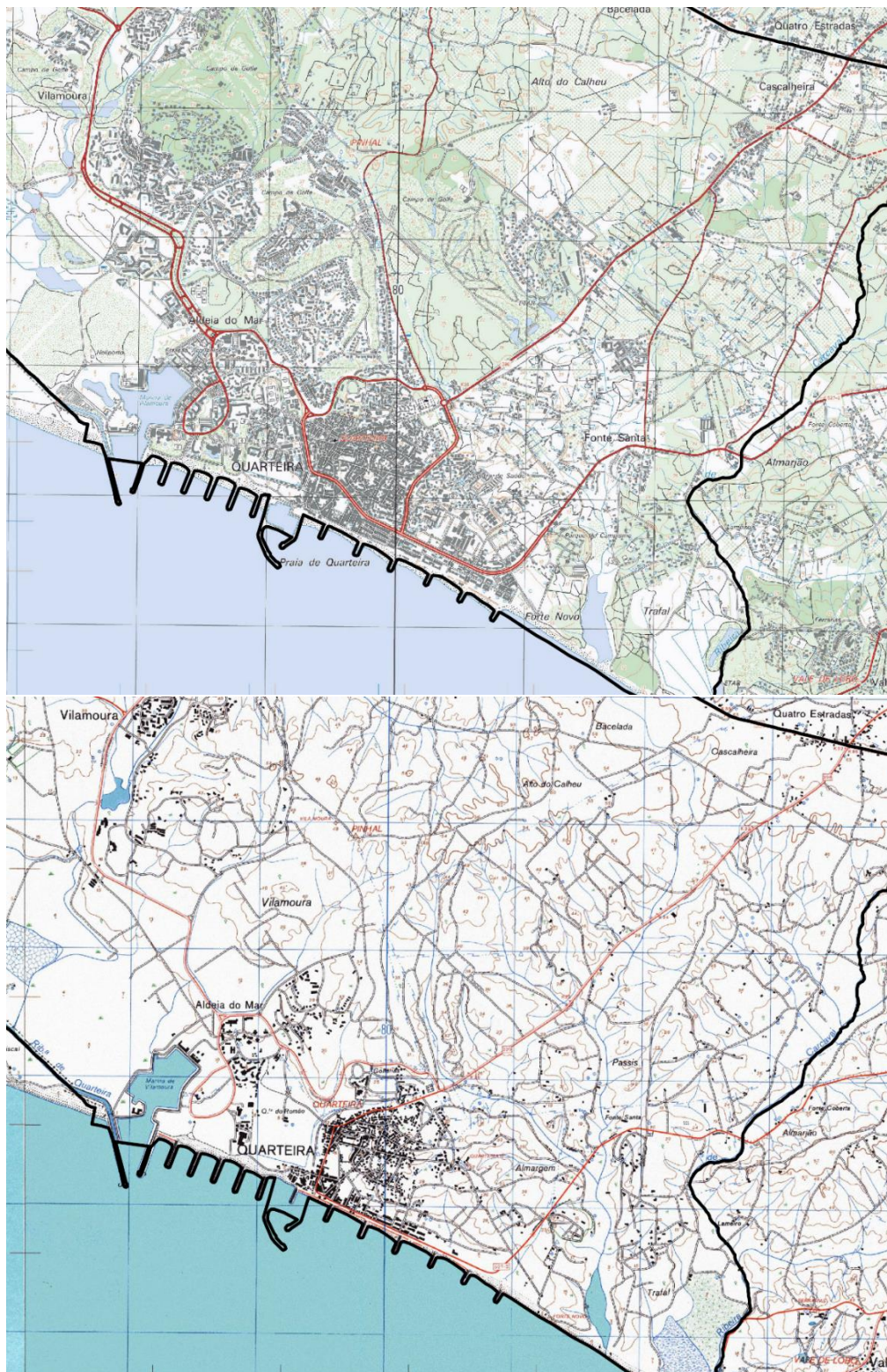


Figura 3.4: Adaptação de corte excerto da freguesia de Quarteira, da década de 70 (no topo) e de 2006 (na base) de CIGeoE, Carta Militar de Portugal Série M888 – 1/25 000, Folhas nº 605, 606 e 610, 2ª edição, 1978, 1979 e 3ª edição, 2006, respetivamente.

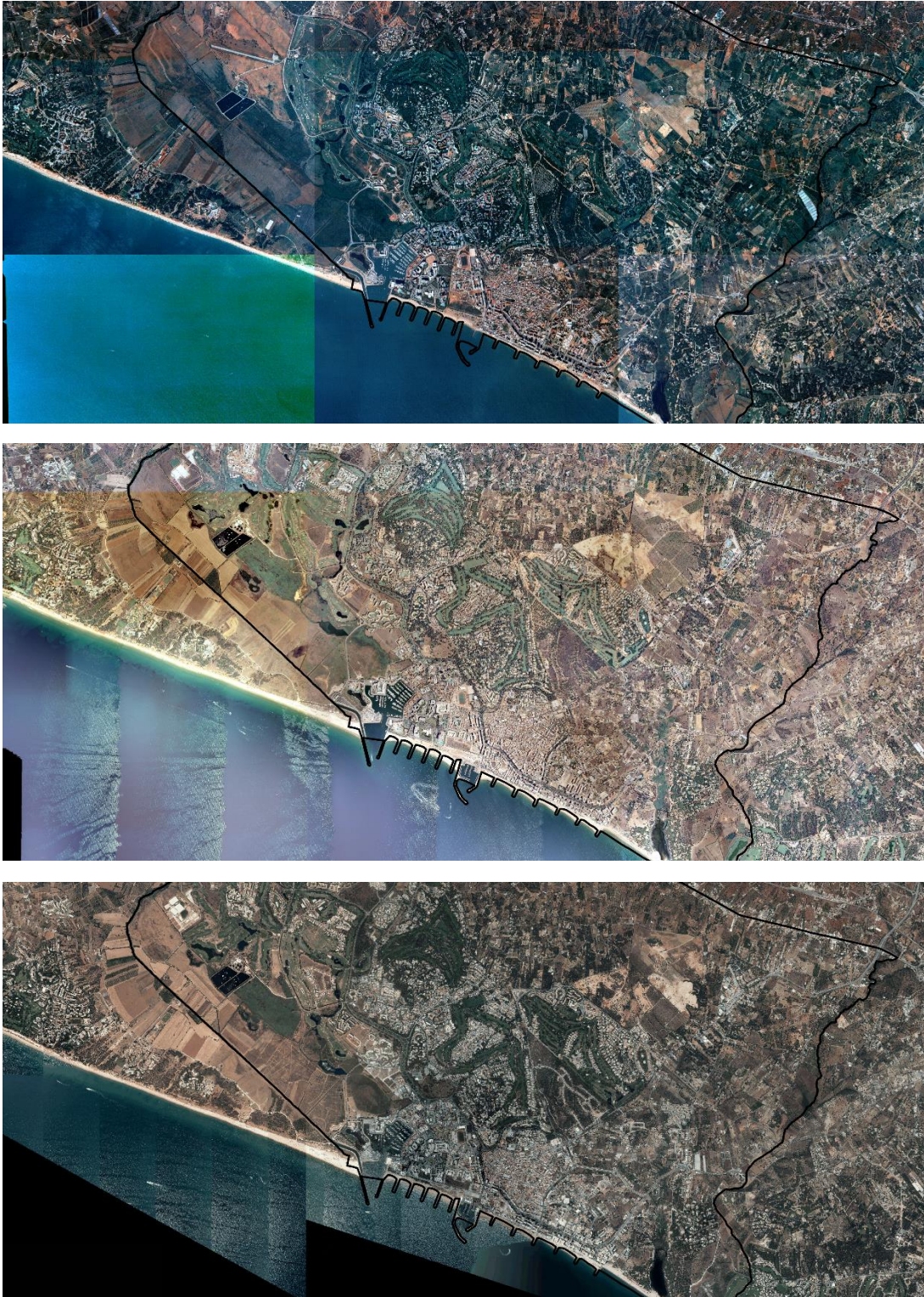


Figura 3.5: Adaptado de Ortofotomapas da freguesia de Quarteira, dos anos de 1997 (no topo), 2007 (no centro) e 2018 (na base) (APA/ARHAlg).

Relativamente à freguesia de Almancil, para as mesmas épocas, identificam-se a Ribeira de Carcavai, o Corgo da Gondra e a Ribeira de S. Lourenço na década de 70, havendo ainda a referir algumas massas de água de dimensões assinaláveis na Quinta do Lago,

sendo duas delas confluentes e pequenas massas de água na zona de Vale do Lobo. No ano de 2006, os cursos de água identificados mantêm-se os mesmos, tendo as massas de água dispersas aumentado, essencialmente nas zonas da Quinta do Lago, Vale do Lobo, Vale do Garrão e Ludo (Figura 3.6).

Também os ortofotomapas (Figura 3.7) colocam em evidência, de uma forma mais faseada, a transformação sofrida pelo território e descrita acima, embora se possa verificar a continuidade das alterações no tempo.

Para além das massas de água naturais existentes e que atravessam os territórios em estudo, como já referido, há a registar as massas de água superficiais modificadas, como sejam as lagoas, lagos ou charcas, de natureza permanente, que foram ao longo das últimas décadas acrescentadas à paisagem destas freguesias. Estas massas de água resultam essencialmente do desenvolvimento turístico da região. Para além das estruturas destinadas a alojar os novos residentes, permanentes ou sazonais, com a construção de estruturas de apoio, como sejam zonas verdes, arborizadas e pequenos lagos, lagoas ou charcas, algumas associadas à exploração de campos de golfe, outras, como complemento paisagístico de um espaço em crescimento crescente.

Contribuiu-se assim, para a criação de um conjunto de novos habitats, quer pela plantação de vegetação não autóctone, com necessidades de água diferentes e mais exigentes, quer pela criação de locais frescos e sombrios fornecidos por essa vegetação e pelas suas necessidades de rega. Estas modificações permitiram aos vetores acesso a massas de água que outrora não estavam disponíveis, mas também àquelas pequenas massas de água temporárias e resultantes da conjugação de sistemas de rega de aspersão, com espaços físicos naturais ou resultantes da incúria humana, que permitem a ovopostura e o desenvolvimento larvar do género *Aedes*, em muito reduzidas massas de água, também nos espaços envolventes às habitações.



Figura 3.6: Adaptação de corte excerto da freguesia de Almancil, da década de 70 (no topo) e de 2006 (na base) de CIGeoE, Carta Militar de Portugal Série M888 – 1/25 000, Folhas nº 605, 606 e 610, 2ª edição, 1978, 1979 e 3ª edição, 2006, respetivamente.

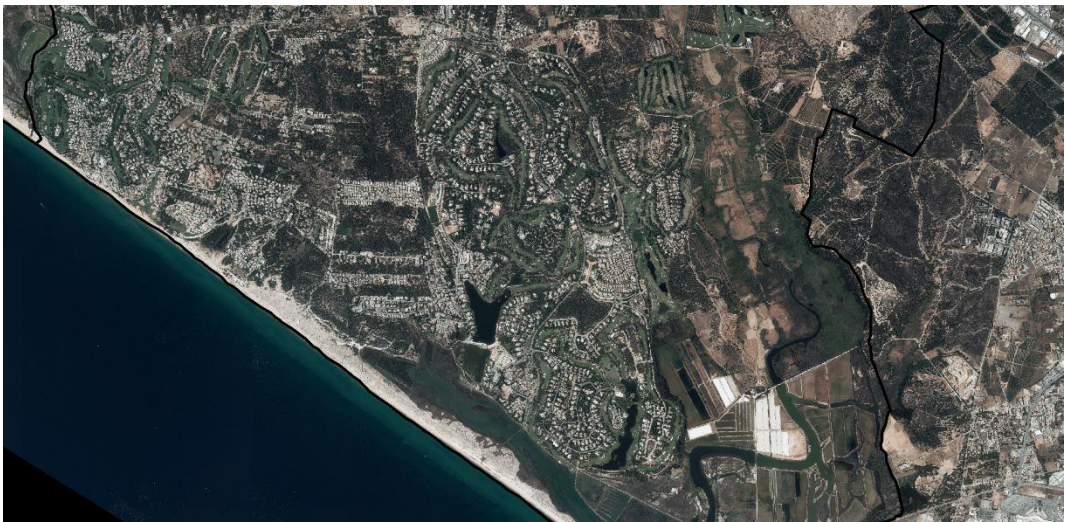
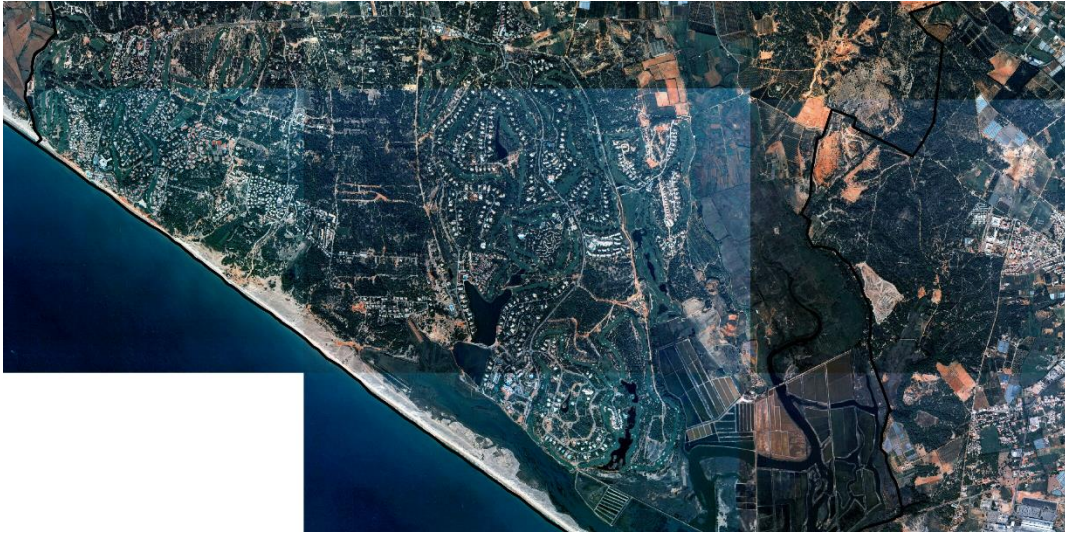


Figura 3.7: Adaptado de Ortofotomapas de parte da freguesia de Almancil, dos anos de 1997 (no topo), 2007 (no centro) e 2018 (na base) (APA/ARHAlg).

3.4. Alterações demográficas e urbanísticas

Com o crescimento do poder de compra que se começou a verificar na década de 60, nos países industrializados, acompanhado pelo aumento da acessibilidade proporcionado pelas diferentes vias de transporte, a entrada de turistas estrangeiros em Portugal iniciou o seu crescimento, com particular notoriedade na região do Algarve, em Portugal continental (Alexandre, 2008). Entre 1998 e 2008 o número de turistas estrangeiros aumentou de cerca de 4 milhões, para aproximadamente 5.5 milhões, concentrando-se a maioria entre maio e outubro (Turismo de Portugal, 2009). Para dar resposta às crescentes solicitações externas, a região do Algarve tem sofrido nas últimas décadas uma transformação ao longo do seu litoral, tendo a construção aumentado, tanto nos alojamentos familiares como coletivos. Esta modificação da paisagem para um cariz mais urbano, é atribuído em grande parte ao desenvolvimento da indústria do turismo e às estruturas de apoio (Turismo de Portugal, 2009).

Num contexto de aumento da construção e da população residente em regime permanente, foram analisados os dados comparativos relativos a 1991 e 2011, registados na Tabela 3.1. Pela sua análise pode-se verificar que num período de 20 anos, as freguesias de Almancil e Quarteira tiveram um desenvolvimento que pode ser considerado relevante para o âmbito deste trabalho e face ao crescimento tanto da região do Algarve, como do próprio concelho a que pertencem.

Tabela 3.1: Dados comparativos do número de indivíduos residentes e de edificações na região do Algarve, no concelho de Loulé e nas freguesias de Almancil e Quarteira, entre os anos de 1991 e 2011 (INE, 1993, 2003, 2012).

Ano	1991			
	Algarve	Loulé	Almancil	Quarteira
População residente	341 404	46 585	6 012	10 275
Edificações*	139 694	23 706	4 218	6 488
Ano	2011			
	Algarve	Loulé	Almancil	Quarteira
População residente	451 006	70 622	11 136	21 796
Edificações*	200 710	34 515	7 560	9 346

*Inclui alojamentos familiares e coletivos

Constata-se que entre 1991 e 2011 a população das freguesias de Almancil e Quarteira praticamente duplicou, observando-se que a construção de edificações acompanhou este crescimento, permitindo de alguma forma suprir as necessidades crescentes da população residente e temporária. Estes aumentos implicaram necessariamente alterações de paisagem, com a urbanização de novas áreas e criação de infraestruturas que permitam servir a população residente.

Em simultâneo e com a globalização, também os padrões de visita por cidadãos estrangeiros à região do Algarve, bem como a quantidade de estrangeiros que optaram por estabelecer nesta região a sua residência, foram alterados ao longo destas duas décadas. Importa para o âmbito deste estudo, analisar a evolução dos números de estrangeiros residentes na região, em função dos locais de proveniência, face à sua importância para a infeção e transmissão da dengue (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Análise comparativa entre 1991 e 2011 do número de estrangeiros residentes na região do Algarve, provenientes de origens endémicas da dengue (INE, 1993, 2012).

Ano	África	Brasil	Ásia
1991	1 435	372	109
2011	5 412	7 859	1 753

No espaço de duas décadas, houve um incremento no número de estrangeiros/emigrantes que se estabeleceram no Algarve, com particular relevância para o Brasil e a Ásia. Pela análise dos dados publicados relativamente à região do Algarve, constata-se que a quantidade de indivíduos proveniente da África que optaram por fixar residência nesta região quase quadruplicou no período em questão. No entanto, do Brasil em particular, a diferença foi muito superior, com um aumento de mais de 20 vezes na quantidade de novos residentes oriundos daquela localização geográfica. No que respeita aos estrangeiros oriundos da Ásia, representam a 2ª maior entrada em território algarvio, tendo o seu número crescido cerca de 16 vezes em 2011, face aos números conhecidos de 1991. Considerando que, de acordo com os dados do INE, entraram em Portugal cerca de 10124 indivíduos que residiram pelo menos um ano no Brasil e que 7859 fixaram residência no Algarve, estes dados mostram que esta região será o principal destino escolhido. Relativamente à Ásia, dos 4382 estrangeiros que estabeleceram residência em Portugal, cerca de 40 % escolheu a Região do Algarve para residir (INE, 2012). Estas localizações geográficas são de extrema importância no âmbito do estudo em causa, pois

são as zonas do globo onde os vetores do género *Aedes* se encontram mais disseminados e onde causam os maiores índices de doença e mortalidade. Estima-se que atualmente a dengue cause, nestas localizações geográficas, cerca de 360 milhões de infeções por ano, das quais apenas 96 milhões apresentam sintomatologia clínica (Pagani et al., 2020; Pichler et al., 2019; Riddell & Babiker, 2017).

Esta alteração na organização do território, com mais alojamentos, mais espaços de lazer e estruturas de apoio e manutenção necessárias para alojar mais residentes e de forma a manter o bem-estar geral, também vai influenciar, de forma indireta o ciclo urbano da água e a existência de massas de água onde anteriormente não existiam. Tendo em conta o desenvolvimento que o aumento demográfico acarreta, quer na questão de ordenamento do território, quer nas infraestruturas de água e saneamento que permitam servir a quantidade de habitantes crescente, há a considerar também o desenvolvimento do turismo. Com este setor de atividade a ganhar dimensão, para além das infraestruturas já referidas, nasceu a necessidade de criação de serviços ecossistémicos que permitissem a satisfação e o bem-estar dos estrangeiros visitantes e da população em geral, residente e que contribui para a manutenção desta atividade. Para acomodar todas as novas exigências resultantes de uma mudança tão acentuada de pessoas e construções, para adaptação à nova realidade, a paisagem teve também que ser adaptada e reestruturada, de acordo com os novos desafios. A água, enquanto bem essencial para a satisfação quer das necessidades fisiológicas, como para o bem-estar, saúde e satisfação das populações, desempenhou um papel indissociável, neste crescimento. O ciclo urbano da água, nestas freguesias passou a incluir as estruturas de lazer e o seu abastecimento, nomeadamente a rega e manutenção dos espaços verdes e azuis, o abastecimento de um muito maior número de habitações e a criação de infraestruturas de distribuição e saneamento adequadas às novas necessidades. Também foram criados todos os serviços de apoio, armazenamento e manutenção correspondentes.

A criação de espaços verdes em zonas onde anteriormente só existia vegetação seca e autóctone, campos de golfe com massas de água artificiais, pequenas lagoas paisagísticas e pequenas massas de água permanentes, consequência de regas regulares de espaços verdes, permitiram a criação de novos habitats e condições para a sobrevivência e reprodução de espécies não autóctones (Figura 3.8).

A



B



C



D



Figura 3.8 – Vegetação seca autóctone (A e B), espaços verdes e azuis de natureza antrópica (C e B). Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

Não pode ser esquecido que também a construção de habitações, temporárias ou permanentes, particulares ou enquadradas em empreendimentos turísticos, com jardins verdes e com necessidades de rega diária e locais propícios à acumulação de pequenas massas de água, se tornaram mais abundantes.

Acompanhando a entrada de novos residentes estrangeiros e visitantes esporádicos ou mesmo habitantes locais que optaram por visitar nas suas férias um destino com alta prevalência de dengue, acarreta riscos acrescidos. À semelhança do que vem acontecendo deste a Idade Média, na bagagem podem ser transportadas também espécies animais e vegetais das zonas de origem, que, ao encontrar as condições de desenvolvimento adequadas, colonizando novas áreas.

Neste enquadramento, os mosquitos *Aedes* spp., à semelhança do ocorrido noutras regiões do Mediterrâneo, encontraram uma localização que lhes permitiu proliferar, havendo à data, a confirmação da presença em regime permanente, do *Aedes albopictus*, o mosquito desta espécie que apresenta maior adaptabilidade a novas condições climáticas e territórios.

As condições para o desenvolvimento do ciclo de vida do *Ae albopictus* durante a maioria do ano encontra-se atualmente assegurada. Dada a disponibilidade de pequenas massas de água propensas a constituir locais de nidificação e desenvolvimento, devido à rega sistemática da vegetação, nos meses de baixa ou nenhuma pluviosidade, associadas a um clima ameno e favorável, encontram-se reunidas as condições para a sua total adaptação e implantação. De considerar que nestas freguesias, cresceu a necessidade de mão de obra, devido aos serviços ecossistémicos oferecidos. Tendo em consideração o aumento muito significativo da preferência da região do Algarve por parte de indivíduos provenientes do Brasil e Ásia e o crescimento demográfico e de alojamentos ocorrido nestas freguesias, poder-se-á inferir que uma parte desta nova população residente, também será estrangeira. A criação de postos de trabalho, associada ao crescimento, pode ter constituído um fator de decisão, para o estabelecimento de residência nestas freguesias por parte de emigrantes estrangeiros. Considerando a localização geográfica de origem da população estrangeira residente, apresentada acima e o seu aumento em duas décadas, haverá a probabilidade de parte dos trabalhadores que suprem as necessidades laborais criadas pela indústria turística, seja suprida por estrangeiros provenientes de regiões do globo onde a dengue é endémica, (Brasil e Ásia). Também os estrangeiros que procuram estas freguesias como destino turístico podem constituir um risco de transmissão, pois este pode não ser a sua única opção, tendo já efetuado outras viagens e provir de regiões endémicas para a dengue. Não podem ser descurados também, os casos dos habitantes locais que escolhem como destino de férias, localizações geográficas endémicas para a dengue, como os países da América do Sul ou asiáticos e o risco de, no regresso a casa, serem portadores assintomáticos do vírus. Desta forma, gera-se uma contínua fonte de alimento, a partir de indivíduos proveniente de zonas onde o risco de infeção é uma realidade. Sendo que, a maioria dos infetados são assintomáticos, estão reunidas as condições perfeitas para a ocorrência de surtos autóctones da dengue na região do Algarve, com maior incidência na zona de estudo.

3.5. Vetores *Aedes* spp.

No concelho de Loulé, concretamente nas freguesias de Quarteira e Almancil concentram-se à data todos os pontos de pesquisa e recolha de exemplares de mosquitos *Aedes* spp., na região do Algarve, desde 24 de maio de 2017, data em que o programa REVIVE iniciou esta vigilância (Osório et al., 2020). O programa identificou *Aedes albopictus* pela 1ª vez em 2018, em Vilamoura, na freguesia de Quarteira e posteriormente no Vale do Garrão, Vale do Lobo e Quinta do Lago, na freguesia de Almancil (Osório et al., 2020).

A União europeia lançou em 2018 uma ação cujo principal objetivo é o estabelecimento de parcerias para gestão do risco de introdução e disseminação de vírus transmitidos por mosquitos exóticos invasores do género *Aedes*, denominado *Aedes* Invasive Mosquito (AIM) COST Action – CA17108, onde se pretende a melhoria de práticas e a disseminação de informação e orientações entre os integrantes (<https://www.cost.eu/actions/CA17108/>). Também através deste projeto, com a duração de 4 anos, que se prevê, termine em 09/05/2022, há a pretensão de envolver a sociedade civil, bem como a comunidade científica, tentando harmonizar ainda a análise entomológica e espacial.

Portugal participa neste projeto através da sua Rede de Vigilância de Vetores (REVIVE), do Instituto Nacional de Saúde / Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infecciosas (INSA-CEVDI) e das Administrações Regionais de Saúde (ARS).

Para a monitorização de atividade do género *Aedes*, implementada nas freguesias de Quarteira e Almancil, foram colocadas 36 armadilhas para ovopostura (ovitrap) e 8 dispositivos para captura de adultos (BGS traps). De acordo com os dados publicados, ao longo do ano de 2019, foram recolhidos 19004 ovos e 449 adultos, dentre os quais 330 fêmeas e 119 machos (Hugo C. Osório et al., 2020).

Segundo declarações da técnica de saúde ambiental que liderou a visita de verificação e recolha de vetores, durante a período entre junho e setembro, as visitas às armadilhas são semanais, sendo quinzenais no restante do ano. De referir que a análise efetuada é baseada unicamente na observação visual e presuntiva, sendo os exemplares recolhidos enviados para a identificação entomológica no INSA-CEVDI, razão pela qual a tabela 3.3, onde são apresentados os resultados da visita, não indica quantidades ou quaisquer dados mais particulares, que carecem de avaliação e estudo taxonómico para serem validados. Da mesma forma a localização não é identificada nominalmente, uma vez que algumas

armadilhas se encontram localizadas em propriedades privadas que autorizaram à sua colocação.

Como resultado da visita de acompanhamento da equipa da ARS, foi possível recolher a informação constante da Tabela 3.3, baseada na observação dos locais e suas características e desta forma, estruturar uma análise das condições preferenciais para o *Aedes* spp., relativamente aos seus habitats. Tendo sido visitados mais de metade dos locais de pesquisa, pode-se afirmar que a sua implantação já é plena e poder-se-á inferir que a colonização de novos locais e regiões já deve ocorrer, carecendo apenas de expansão das zonas de pesquisa e confirmação oficial. De referir que as armadilhas de ovopostura e as destinadas aos adultos apenas se encontravam no mesmo raio em duas das localizações, permitindo a recolha de exemplares de todas as fases, ovos, larvas, pupas e adultos, num destes locais. Apenas a armadilha para adultos colocada em espaço fechado interior de entrada condicionada e refrigerado artificialmente (resultante de uma queixa de grande número de mosquitos e picadas), não apresentou exemplares adultos de mosquitos *Aedes* spp., ou de outra espécie.


































A grande quantidade de ovos e larvas observados denota a adaptação e a facilidade reprodutiva dos mosquitos, que colocam os seus ovos alinhados, logo abaixo da linha de água (Figura 3.9). Esta observação *in loco*, também permitiu constatar a presença de larvas tanto em águas límpidas como com grande turvação e deposição de sedimentos, encontrando-se as larvas e as pupas com grande vitalidade e em variadas fases do seu desenvolvimento.



Figura 3.9 – Alinhamento da ovopostura ao longo da espátula de recolha de ovos.
Fotos da autoria de Cristina Ferradeira.

Pela evidência prática, foi possível constatar que as zonas com vegetação mais abundante e frondosa, com verdura baixa e sombra em grande parte do espaço, evidenciando um sistema de rega sistemático, bem como os locais com grande disponibilidade de água na envolvente, foram aqueles onde se verificou a maior abundância de adultos.

Tabela 3.3: Caracterização das formas de vetores *Aedes* spp. encontradas no acompanhamento da verificação das armadilhas efetuada em setembro/2021.

Identificação das armadilhas	Localização	Resultados observados			Mosquitos <i>Aedes</i> spp.	Observações
		ovos	larvas	pupas		
VLMOV1	37.101345, -8.123512					VLMBGS6 Vectrack nas imediações
VLMOV2	37.101242, -8.123509					
VLMOV3	37.100907, -8.123804					
VLMOV4	37.101595, -8.123624					
VLMOV5	37.101370, -8.123992					
VLMOV6	37.078350, -8.116927					
VLMOV7	37.078549, -8.116955					
VLMOV8	37.078795, -8.116518					
VLMOV9	37.078316, -8.116807					
VLMOV10	37.078423, -8.116190					Desaparecida do local
VLMOV11	37.104755, -8.110722					VLMBGS3 nas imediações
VLMOV12	37.104603, -8.111406					
VLMOV13	37.104472, -8.110796					
VLMOV14	37.104963, -8.110828					
VLMOV15	37.104578, -8.111406					
VLMBGS1	37.111397, -8.121793					
VLMBGS2	37.101340, -8.123509					Sem mosquitos
VLMBGS3	37.104790, -8.110796					Capturado próximo ao local após tentativa de alimentação
VLMBGS4	37.074076, -8.120327					
VLMBGS5	37.094202, -8.108895					Indivíduos em abundância no espaço envolvente
VLMBGS6 Vectrack	localização aprox. 37.101345, -8.123512					Armadilha experimental com sensores e imagem incorporados

3.6. Evolução da dengue nos países europeus do Mediterrâneo e sua relação com as alterações Climáticas

No início do século XX, os surtos de dengue eram comuns no Mediterrâneo, tendo a maior epidemia europeia ocorrido em 1927/1928, afetando principalmente Atenas e outras regiões da Grécia (Papa, 2017). Assumiu-se a possibilidade de que o vírus e o seu principal vetor, *Ae aegypti*, sobreviveram ao inverno, no interior aquecido das habitações. Algum tempo após este surto que provocou entre 1000-1500 mortes, o vetor desapareceu do continente europeu (Rezza, 2016).

As áreas urbanas costeiras dos países europeus do Mediterrâneo devem ser consideradas pontos de excelência para a entrada dos mosquitos invasores *Aedes* spp. nas cidades europeias. Deve-se esta permeabilidade ao intenso trânsito marítimo internacional, que representa cerca de 90% das trocas comerciais realizadas na Europa. O *Aedes albopictus* parece ter sido introduzido no espaço europeu pela primeira vez, através do porto de Durazzo, na Albânia em 1979, provavelmente oriundo da China. Ao longo dos últimos anos tem sido responsável por surtos de dengue na Grécia em 2004, em França em 2010, Espanha em 2018 e em Itália em 2020; surtos de chikungunya em Itália e de transmissão local do vírus Zika em França (Caminade et al., 2019; Emmanouil et al., 2020; Gjenero-Margan et al., 2011; La Ruche et al., 2010; Papa, 2017; Rezza, 2016; Segondy, 2020; Vairo et al., 2018). Para além dos surtos de arboviroses, o *Ae albopictus* também esteve envolvido na transmissão local de parasitas endémicos em Itália (Cebrián-Camisón et al., 2020). A partir daí avançou, estando hoje distribuído pela maioria dos países do centro e sul europeus (Artigas et al., 2021; Da Re et al., 2021). Nas últimas duas décadas têm-se verificado vários surtos de dengue nos países do Mediterrâneo, na sua maioria devido à entrada de viajantes provenientes de regiões endémicas, mas também devido a surtos autóctones da doença, tendo o último ocorrido em agosto de 2020, na região de Veneto, em Itália (Buonfrate et al., 2020). Desde 2008 que os surtos de dengue têm vindo a ocorrer nos países europeus do Mediterrâneo (Tabela 3.4). À exceção do surto ocorrido na Região Autónoma da Madeira em que o vetor foi o *Ae aegypti*, todos os outros se deveram ao mosquito *Ae albopictus* (ECDC, 2019; Pasquali et al., 2020).

O aumento da declaração de casos de dengue nos países europeus do Mediterrâneo deve-se essencialmente à movimentação de pessoas, quer migrantes, quer devido às práticas turísticas para os países endémicos (Grobusch et al., 2020). Apesar dos números aumentarem anualmente, o risco de transmissão e persistência das infeções mediadas

pelos mosquitos *Aedes* spp. devem ser consideradas as características inerentes ao vetor e ao clima (Watts et al., 2018). O *Ae albopictus* encontra-se mais adaptado ao clima temperado mediterrânico que o *Ae aegypti* e por isso podem ocorrer surtos autóctones de dengue em regiões onde o 2º não se encontra presente (Rezza, 2016). No entanto, há diferenças entre as duas espécies, que condicionam a dimensão dos surtos, nomeadamente o facto de o *Ae albopictus* geralmente só se alimentar de um hospedeiro, enquanto o *Ae aegypti* ter tendência a alimentar-se de vários hospedeiros entre cada postura e o seu hospedeiro ser exclusivamente o homem. Estas diferenças permitem que os surtos provocados por *Ae albopictus* sejam mais limitados na sua dimensão. Da mesma forma a passagem do vírus à descendência não é tão eficaz. Assim a baixa transmissão transovárica associada com a quebra de atividade na estação fria, pode explicar a autolimitação dos surtos de dengue nos climas temperados do Mediterrâneo (Rezza, 2016).

Como se pode verificar, o número de casos autóctones tem vindo gradualmente a aumentar em diversos países do Mediterrâneo, evidenciando um estabelecimento mais robusto do vetor e da disseminação pelos hospedeiros infetados.

Tabela 3.4: Casos de Dengue reportados nos países europeus do Mediterrâneo de 2008 a 2019 (*Atlas de Vigilância de Doenças Infecciosas*, n.d.; ECDC, 2013).

País	Nº de casos declarados / ano											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Croácia	s/d	s/d	10	s/d	1	3	2	s/d	2	0	2	4
França	56	64	596	55	152	456	367	285	373	266	331	904
Grécia	0	0	0	0	0	1	4	2	2	1	2	10
Itália	12	10	51	44	74	142	79	103	106	95	108	231
Malta	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	1	2
Portugal	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d no Continente Madeira 2168 09/2012 a 03/2013		s/d	14	13	11	14	30
Espanha	0	4	0	0	0	0	0	168	261	128	205	228
Reino Unido	6	3	7	13	0	571	376	423	468	465	432	827

País	Nº de surtos autóctones / ano											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Croácia	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
França	-	-	-	-	-	1	4	8	-	-	8	9
Grécia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itália	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Portugal	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Espanha	~	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2
Reino Unido	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: s/d – sem dados

Prevê-se um aumento da temperatura da Terra na ordem de 1-4 °C devido ao aquecimento global (Misslin et al., 2016). As recentes alterações climáticas já favoreceram a disseminação do *Ae albopictus* em regiões temperadas, após a sua introdução, devido às temperaturas anuais e aos invernos suaves, embora esta espécie ainda não tenha atingido o seu potencial ecológico e as futuras alterações climáticas poderem promover uma maior disseminação, face à atualidade. O aumento da urbanização associado ao comércio internacional e mobilidade humana, são fatores que podem contribuir para amplificar os efeitos do aumento da temperatura, na prevalência das arboviroses (Caminade et al., 2019; Misslin et al., 2016; Rezza, 2016). No entanto, as limitações climáticas à implantação do *Ae aegypti* vão-se tornando cada vez mais difusas, especialmente nos países europeus localizados do Mediterrâneo, com particular prevalência no sul de Portugal, Espanha e França e Península Itálica (Pasquali et al., 2020). Prevê-se que apesar do continente europeu se mostrar pouco favorável para a disseminação do vetor, em 2030 a região da Península Ibérica, Itália e Grécia não seguem a mesma tendência, num cenário de alterações climáticas com aumento de emissão dos gases com efeito de estufa e com mais de 10 ciclos de vida completos, em condições ambientais adequadas (Iwamura et al., 2020).

Estas previsões são de alguma forma corroboradas pela análise estatística dos dados meteorológicos realizada, no âmbito do estudo desenvolvido na região sul de Portugal, em que a tendência para o aumento da temperatura média mensal e dos dias de chuva mensais podem contribuir de forma significativa para a criação de condições favoráveis à implantação do *Ae aegypti*.

3.7. Controlo da transmissão da dengue no sul de Portugal e no Mediterrâneo

O controlo da transmissão da dengue, bem como das outras arboviroses sem hospedeiros intermediários, efetua-se principalmente pelo controlo do seu vetor. Tendo em consideração que a maior parte do seu ciclo de vida se desenvolve nas massas de água urbanas, estas fazem parte integrante dos programas de controlo, em conjunto com os programas de vigilância dos vetores e com a sensibilização e educação das populações.

A vigilância ativa das populações de mosquitos, através da colocação estratégica de armadilhas e análise da evolução das populações é fundamental para a deteção precoce de surtos de doença e para a preparação da reação aos mesmos (Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Carbougnac, 2020; WHO, 2020).

A eliminação ou cobertura das pequenas massas de água, locais de ovopostura são parte da estratégia de controlo, de forma a reduzir a população imatura (WHO, 2012).

O controlo biológico faz parte de uma estratégia de modificação genética dos mosquitos, libertando para o meio ambiente machos estéreis, com reduzida capacidade de competir pelo acasalamento com as fêmeas selvagens, ou através de um gene letal, que não lhes permite atingir a idade adulta. Esta técnica, apesar de demonstrar algum sucesso, depende da contínua intervenção e manipulação da população do vetor (Simmons et al., 2012; Wang et al., 2020).

Durante décadas, os planos de controlo de vetores, baseavam-se no uso de inseticidas, promovendo assim as resistências, bem como consequências negativas para o ambiente. Atualmente são utilizados inseticidas baseados em compostos naturais, a partir de plantas, que se apresentam menos tóxicos e também possuem um efeito repelente perante os mosquitos (W. H. Wang et al., 2020; WHO, 2012). O uso de inibidores de crescimento, ou adicionados às pequenas massas de água em que ocorre o desenvolvimento, permite modificar os estádios precoces de desenvolvimento larvar e a consequente morte, antes

de atingir o estado adulto. Também o uso de larvicidas biológicos como o *Bacillus thuringiensis israelensis* se apresenta como uma solução não nociva para o meio envolvente e restantes espécies, atuado sobre as larvas de mosquito de forma efetiva (Bohari et al., 2020; Greif, 2021).

Sempre que são identificados surtos, a metodologia de controlo com larvicidas (ciromazina, metoprene, piriproxifeno, benzurão) e nebulização com adulticidas (fenotrina), a par com a identificação e eliminação das massas de água que fornecem locais de reprodução e a colocação de armadilhas para verificação da eficácia da ação, são a base do controlo do vetor. A sensibilização das populações das áreas afetadas para a eliminação ou cobertura das pequenas massas de água permanentes ou temporárias, nas imediações e dentro das habitações, constitui outra importante vertente do controlo (Al-Abri et al., 2020; Lazzarini et al., 2020; W. H. Wang et al., 2020).

De forma a controlar e evitar um cenário de dengue nas freguesias de estudo e com base também nas situações já verificadas noutros países do Mediterrâneo, cabe às instituições, mas também à academia, contribuir ativamente para o seu controlo.

Ações de sensibilização dirigidas à população em geral, numa tentativa de sensibilização para a importância das pequenas massas de água que podem ser encontradas no espaço doméstico, bem como ações dirigidas aos operadores turísticos, para incentivar a sua colaboração em planos de vigilância e controlo dos vetores, devem ser desenvolvidas sistematicamente.

A abordagem de *One Health*, em que a contribuição integrada permite o combate e a melhoria da saúde global, deverá ser também aplicada neste contexto. A sensibilização dos técnicos de saúde para a sintomatologia inicial da dengue, de forma a permitir um diagnóstico precoce e contenção de possíveis surtos é essencial para a diminuição do impacto da dengue. Ainda neste enquadramento, deve ser estimulada a inclusão não só dos residentes, mas também dos turistas que usufruem destes espaços de lazer, no sentido de evitar comportamentos de risco nas horas de maior circulação do vetor e na participação ativa na vigilância, por denúncia de localizações de maior concentração de mosquitos.

Toda esta política proposta poderá ser extrapolada para qualquer país do Mediterrâneo.

Face a todo o estudo realizado, fica em aberto o desafio da criação de um centro de estudos regional, onde a academia em estreita colaboração com as diversas instituições regionais ligadas à sua vigilância, prevenção e controlo, promovessem a gestão integrada da problemática entomológica e de controlo de arboviroses, bem como de outros vetores zoonóticos, permitindo a formação de técnicos altamente diferenciados e capacitados para a identificação dos vetores, prevenção e controlo dos surtos que se estima, venham a ocorrer futuramente, não só da dengue mas de outras arboviroses, quer pela investigação de formas sustentáveis de combate, mas também pela sensibilização do poder decisor e da população em geral, com base numa investigação dirigida e fundamentada, para os interesses regionais no âmbito das suas áreas de atividade económica e da Saúde Pública.

4. CONCLUSÕES

A criação de massas de água urbanas de natureza antrópica, geram habitats e apresentam-se como o principal fator de risco para a prevalência do vetor e disseminação da dengue.

No que respeita às variações no clima na região sul de Portugal ao longo dos últimos 30 anos, verificou-se uma tendência no aumento da temperatura média máxima mensal e do aumento dos dias de precipitação mensais, no entanto, estes dados não se apresentam como significativos para a região, tendo em conta que, pelo estudo higrométrico do terreno foco do estudo, constatou-se não haver diferenças significativas no mesmo, apesar da ausência de pluviosidade e temperaturas médias mensais elevadas.

Conclui-se, pois, que o fator de maior risco se prende com a alteração da paisagem pelo Homem, com criação de massas de água que permitem a instalação de novos vetores em habitats que há 4 décadas não existiam. Da mesma forma a mobilização global de pessoas e materiais criou oportunidades de transporte de novas espécies, bem como permite a circulação de hospedeiros assintomáticos infetados com dengue, para regiões virgens. Nesta perspetiva, associando a atividade turística como principal receita económica do território, à emigração, ao desenvolvimento urbano e ao aumento demográfico, reúnem-se os principais fatores de risco, que em associação com as massas de água urbanas e domésticas, podem influir na prevalência do *Aedes* spp e criar as condições ideais para o aparecimento de surtos autóctones da doença.

O controlo das massas de água urbanas existentes, pela aplicação de larvicidas, acompanhado de ações de sensibilização e informação das populações e serviços ecossistémicos é essencial para a prevenção. Também a sensibilização dos profissionais de saúde para os sinais primários desta patologia e a sua probabilidade de ocorrência pode contribuir para o diagnóstico precoce e dessa forma evitar a disseminação de surtos e situações de agravamento.

Esta análise pode ser transposta para qualquer região do Mediterrâneo que apresente as mesmas características, ou que, face ao impacto das alterações climáticas previstas, se enquadre neste padrão evolutivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrian Trapletti, Kurt Hornik (2020). tseries: Time Series Analysis and Computational Finance. R package version 0.10-48. <https://CRAN.R-project.org/package=tseries>
- Al-Abri, S. S., Kurup, P. J., Al Manji, A., Al Kindi, H., Al Wahaibi, A., Al Jardani, A., Mahmoud, O. A., Al Balushi, L., Al Rawahi, B., Al Fahdi, F., Al Siyabi, H., Al Balushi, Z., Al Mahrooqi, S., Al Manji, A., Al Sharji, A., Al Harthi, K., Al Abri, B., Al-Raidan, A., Al Bahri, Z., ... Al Ajmi, F. (2020). Control of the 2018–2019 dengue fever outbreak in Oman: A country previously without local transmission. *International Journal of Infectious Diseases*, 90, 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.10.017>
- Alexandre, J. A. A. (2008). *O turismo em Portugal: evolução e distribuição - Monografias.com*. <https://www.monografias.com/pt/trabalhos2/turismo-portugal/turismo-portugal2.shtml>
- Álvarez-Mozos, J., Verhoest, N. E. C., Larrañaga, A., Casali, J., & González-Audicana, M. (2009). Influence of surface roughness spatial variability and temporal dynamics on the retrieval of soil moisture from SAR observations. *Sensors*, 9(1), 463–489. <https://doi.org/10.3390/s90100463>
- APA, A. P. do A. (2015). *REGIÃO HIDROGRÁFICA DAS RIBEIRAS DO ALGARVE (RH8)*.
- APA, A. P. do A. (2016). *Avaliação Ambiental Estratégica - Plano de Gestão de Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8) | Plano de Gestão dos Riscos de Inundações (RH8)*.
- Artigas, P., Reguera-Gomez, M., Valero, M. A., Osca, D., da Silva Pacheco, R., Rosa-Freitas, M. G., Fernandes Silva-do-Nascimento, T., Paredes-Esquivel, C., Lucientes, J., Mas-Coma, S., & Bargues, M. D. (2021). *Aedes albopictus* diversity and relationships in south-western Europe and Brazil by rDNA/mtDNA and phenotypic analyses: ITS-2, a useful marker for spread studies. *Parasites & Vectors*, 14(1), 333. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04829-9>
- Atlas de Vigilância de Doenças Infecciosas*. (n.d.). Retrieved February 13, 2021, from <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>
- Ayllón, T., Câmara, D. C. P., Morone, F. C., da Silva Gonçalves, L., de Barros, F. S. M., Brasil, P., Carvalho, M. S., & Honório, N. A. (2018). Dispersion and oviposition of *Aedes albopictus* in a Brazilian slum: Initial evidence of Asian tiger mosquito domiciliation in urban environments. *PLoS ONE*, 13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195014>
- Azevedo, J. B. (2015). *Análise do ciclo biológico do Aedes aegypti (Diptera : Culicidae) exposto a cenários de mudanças climáticas previstas pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)*.
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. In *Ecology Letters* (Vol. 18, Issue 6, pp. 581–592). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>

- Beserra, E. B., de Freitas, E. M., de Souza, J. T., Fernandes, C. R. M., & Santos, K. D. (2009). Life cycle of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera, Culicidae) in water with different characteristics. *Iheringia - Serie Zoologia*, 99(3), 281–285. <https://doi.org/10.1590/s0073-47212009000300008>
- Bohari, R., Hin, C. J., Matusop, A., Abdullah, M. R., Ney, T. G., Benjamin, S., & Lim, L. H. (2020). Wide area spray of bacterial larvicide, *Bacillus thuringiensis israelensis* strain AM65-52, integrated in the national vector control program impacts dengue transmission in an urban township in Sibu district, Sarawak, Malaysia. *PLOS ONE*, 15(4), e0230910. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE>
- Bressane, A., Mochizuki, P. S., Roveda, J. A. F., & Salvador, N. N. B. (2016). Support system for management of green spaces in permanent preservation of urban water bodies. *Ciencia Florestal*, 26(3), 957–969. <https://doi.org/10.5902/1980509824224>
- Brown, L., Medlock, J., & Murray, V. (2014). Impact of drought on vector-borne diseases - how does one manage the risk? In *Public Health* (Vol. 128, Issue 1, pp. 29–37). <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.09.006>
- Buonfrate, D., Requena-Mendez, A., & Bisoffi, Z. (2020). Travel, infections, and the importance of networking in the global health perspectives. *The Lancet Regional Health - Europe*, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2020.100006>
- Caminade, C., McIntyre, K. M., & Jones, A. E. (2019). Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1), 157–173. <https://doi.org/10.1111/nyas.13950>
- CCDR Algarve, Ministério do Ambiente, do O. do T. e do D. R. (2004). *PROT Algarve - Volume II, Anexo H, Recursos Hídricos, Planeamento e Gestão do Recurso Água*.
- Cebrián-Camisón, S., Puente, J. M. de la, & Figuerola, J. (2020). A literature review of host feeding patterns of invasive aedes mosquitoes in Europe. *Insects*, 11(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/insects11120848>
- Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Cambournac. (2019). *Revive 2018 Culicídeos e Ixodídeos: Rede de Vigilância de Vetores*. file:///C:/Users/asus/Downloads/Relatorio-REVIVE_2017.pdf
- Centro de Estudos de Vetores e Doenças Infeciosas Doutor Francisco Carbournac. (2020). *Revive 2019 Culicídeos e Ixodídeos: Rede de Vigilância de Vetores*. file:///C:/Users/asus/Downloads/Relatorio-REVIVE_2017.pdf
- Chiadmi, I., Traoré, S. A. A., & Salles, J. M. (2020). Asian tiger mosquito far from home: Assessing the impact of invasive mosquitoes on the French Mediterranean littoral. *Ecological Economics*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106813>
- Crocker, W., Maute, K., Webb, C., & French, K. (2017). Mosquito assemblages associated with urban water bodies; implications for pest and public health threats. *Landscape and Urban Planning*, 162, 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.006>
- Da Re, D., Montecino-Latorre, D., Vanwambeke, S. O., & Marcantonio, M. (2021). Will the yellow fever mosquito colonise Europe? Assessing the re-introduction of *Aedes aegypti* using a process-based population dynamical model. *Ecological Informatics*, 61, 101180. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101180>

- Dale, P. E. R., & Knight, J. M. (2008). Wetlands and mosquitoes: A review. In *Wetlands Ecology and Management* (Vol. 16, Issue 4, pp. 255–276). <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9098-2>
- de Jesús Crespo, R., Méndez Lázaro, P., & Yee, S. H. (2019). Linking Wetland Ecosystem Services to Vector-borne Disease: Dengue Fever in the San Juan Bay Estuary, Puerto Rico. *Wetlands*, 39(6), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0990-5>
- Ebi, K. L., & Nealon, J. (2016). Dengue in a changing climate. *Environmental Research*, 151, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.026>
- ECDC, E. C. for D. P. and C. (2013). Dengue outbreak in Madeira, Portugal, October–November 2012. In *Mission Report*. <http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/dengue-outbreak-madeira-mission-report-nov-2012.pdf>
- ECDC, E. C. for D. P. and C. (2019). *Dengue Annual Epidemiological Report for 2018*.
- Emmanouil, M., Evangelidou, M., Papa, A., & Mentis, A. (2020). Importation of dengue, Zika and chikungunya infections in Europe: the current situation in Greece. *New Microbes and New Infections*, 35, 100663. <https://doi.org/10.1016/J.NMNI.2020.100663>
- Flörke, M., Schneider, C., & McDonald, R. I. (2018). Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability* 2017 1:1, 1(1), 51–58. <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8>
- Forman, R. T. T. (2016). Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different? *Landscape Ecology*, 31(8), 1653–1662. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0424-4>
- Franco, S. F. P. (2015). *Recursos Hídricos na Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve*.
- Gao, Q. (2018). Aedes albopictus production in urban stormwater catch basins and manhole chambers of downtown Shanghai, China. *PLoS ONE*, 13(8), e0201607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201607>
- Gao, Q., Zribi, M., Escorihuela, M. J., & Baghdadi, N. (2017). Synergetic use of sentinel-1 and sentinel-2 data for soil moisture mapping at 100 m resolution. *Sensors (Switzerland)*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/s17091966>
- Gjenero-Margan, I., Aleraj, B., Krajcar, D., Lesnikar, V., Klobučar, A., Pem-Novosel, I., Kurečić-Filipović, S., Komparak, S., Martić, R., Duričić, S., Betica-Radić, L., Okmadžić, J., Vilibić-Čavlek, T., Babić-Erceg, A., Turković, B., Avšić-Županc, T., Radić, I., Ljubić, M., Šarac, K., ... Mlinarić-Galinović, G. (2011). Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Eurosurveillance*, 16(9), 1–4. <https://doi.org/10.2807/ese.16.09.19805-en>
- Gratz, N. G. (2004). Critical review of the vector status of Aedes albopictus. In *Medical and Veterinary Entomology* (Vol. 18, Issue 3, pp. 215–227). <https://doi.org/10.1111/j.0269-283X.2004.00513.x>
- Greif, M. M. (2021). The effectiveness of biological mosquito larvicide: Bacteria (*Bacillus thuringiensis israelensis*) in liquid formulation. ~ 90 ~ *International*

- Grobusch, M. P., Weld, L., Goorhuis, A., Hamer, D. H., Schunk, M., Jordan, S., Mockenhaupt, F. P., Chappuis, F., Asgeirsson, H., Caumes, E., Jensenius, M., van Genderen, P. J. J., Castelli, F., López-Velez, R., Field, V., Bottieau, E., Molina, I., Rapp, C., Ménendez, M. D., ... Schlagenhauf, P. (2020). Travel-related infections presenting in Europe: A 20-year analysis of EuroTravNet surveillance data. *The Lancet Regional Health - Europe*, 000, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2020.100001>
- Harding, J. S., Brown, C., Jones, F., & Taylor, R. (2007). Distribution and habitats of mosquito larvae in the Kingdom of Tonga. *Australian Journal of Entomology*, 46(4), 332–338. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2007.00610.x>
- Higgins, S. L., Thomas, F., Goldsmith, B., Brooks, S. J., Hassall, C., Harlow, J., Stone, D., Völker, S., & White, P. (2019). Urban freshwaters, biodiversity, and human health and well-being: Setting an interdisciplinary research agenda. *WIREs Water*, 6(2), e1339. <https://doi.org/10.1002/wat2.1339>
- Hyndman R, Athanasopoulos G, Bergmeir C, Caceres G, Chhay L, O'Hara-Wild M, Petropoulos F, Razbash S, Wang E, Yasmeeen F (2021). forecast: Forecasting functions for time series and linear models_. R package version 8.15. <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/> .
- INE, I. N. de E. (1993). *Censos 1991. XIII Recenseamento Geral da População: III Recenseamento Geral da Habitação. Resultados definitivos*. <url:https://www.ine.pt/xurl/pub/66302143>
- INE, I. N. de E. (2003). Evolução do parque habitacional da região do Algarve na década de 90. In *Tema G - Indústria, Construção e Energia*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/141788>
- INE, I. N. de E. (2012). *Censos 2011. XV Recenseamento Geral da População: V Recenseamento Geral da Habitação. Resultados definitivos: Região Algarve*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/156657607>
- Instituto da Água, M. (2005). *RELATÓRIO SÍNTESE SOBRE A DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS PREVISTA NA DIRECTIVA-QUADRO DA ÁGUA MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL*.
- Iojă, I. C., Osaci-Costache, G., Breuste, J., Hossu, C. A., Grădinaru, S. R., Onose, D. A., Nită, M. R., & Skokanová, H. (2018). Integrating urban blue and green areas based on historical evidence. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34, 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.001>
- Iwamura, T., Guzman-Holst, A., & Murray, K. A. (2020). Accelerating invasion potential of disease vector *Aedes aegypti* under climate change. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16010-4>
- Jacobs, C., Klok, L., Bruse, M., Cortesão, J., Lenzholzer, S., & Kluck, J. (2020). Are urban water bodies really cooling? *Urban Climate*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100607>
- Khalid, B., & Ghaffar, A. (2015). Dengue transmission based on urban environmental

- gradients in different cities of Pakistan. *International Journal of Biometeorology*, 59(3), 267–283. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0840-6>
- Kuhlemann, L., Tetzlaff, D., & Soulsby, C. (2020). Urban water systems under climate stress: An isotopic perspective from Berlin, Germany. *Hydrological Processes*, 34(18), 3758–3776. <https://doi.org/10.1002/hyp.13850>
- La Roche, G., Souarès, Y., Armengaud, A., Peloux-Petiot, F., Delaunay, P., Desprès, P., Lenglet, A., Jourdain, F., Leparç-Goffart, I., Charlet, F., Ollier, L., Mantey, K., Mollet, T., Fournier, J. P., Torrents, R., Leitmeyer, K., Hilairet, P., Zeller, H., Van Bortel, W., ... Gastellu-Etchegorry, M. (2010). First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, september 2010. *Eurosurveillance*, 15(39), 1–5. <https://doi.org/10.2807/ese.15.39.19676-en>
- Lazzarini, L., Barzon, L., Foglia, F., Manfrin, V., Pacenti, M., Pavan, G., Rassa, M., Capelli, G., Montarsi, F., Martini, S., Zanella, F., Padovan, M. T., Russo, F., & Gobbi, F. (2020). First autochthonous dengue outbreak in Italy, August 2020. *Eurosurveillance*, 25(36), 8–11. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.36.2001606>
- Li, E., Endter-Wada, J., & Li, S. (2015). Characterizing and Contextualizing the Water Challenges of Megacities. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(3), 589–613. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12310>
- Li, Y. (2014). Urbanization increases *Aedes albopictus* larval habitats and accelerates mosquito development and survivorship. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003301>
- Löhmus, M., & Balbus, J. (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infection Ecology & Epidemiology*, 5(1), 30082. <https://doi.org/10.3402/iee.v5.30082>
- Lourenço, J., & Recker, M. (2014). The 2012 Madeira Dengue Outbreak: Epidemiological Determinants and Future Epidemic Potential. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003083>
- Lugassy, L., Amdouni-Boursier, L., Alout, H., Berrebi, R., Boëte, C., Boué, F., Boulanger, N., Durand, T., Garine-Wichatitsky, M. de, Larrat, S., Moinet, M., Moulia, C., Pagès, N., Plantard, O., Robert, V., & Livoreil, B. (2021). What evidence exists on the impact of specific ecosystem components and functions on infectious diseases? A systematic map. *Environmental Evidence* 2021 10:1, 10(1), 1–31. <https://doi.org/10.1186/S13750-021-00220-4>
- Manrique-Saide, P. (2012). Storm sewers as larval habitats for *Aedes aegypti* and *Culex* spp. in a neighborhood of Merida, Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 28(3), 255–257. <https://doi.org/10.2987/12-6244r.1>
- Manrique-Saide, P. (2013). An assessment of the importance of subsurface catch basins for *Aedes aegypti* adult production during the dry season in a neighborhood of Merida, Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 29(2), 164–167. <https://doi.org/10.2987/12-6320r.1>
- McDonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., Gleeson, T., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., Boucher, T., Grill, G., & Montgomery, M. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of

- urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, 27(1), 96–105. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2014.04.022>
- McDougall, C. W., Quilliam, R. S., Hanley, N., & Oliver, D. M. (2020). Freshwater blue space and population health: An emerging research agenda. In *Science of the Total Environment* (Vol. 737). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140196>
- A.McLeod, A. I. (2011). Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. R package version 2.2. <https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>
- Misslin, R., Telle, O., Daudé, E., Vaguet, A., & Paul, R. E. (2016). Urban climate versus global climate change-what makes the difference for dengue? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1382(1), 56–72. <https://doi.org/10.1111/nyas.13084>
- Moosavi, S., Browne, G. R., & Bush, J. (2021). Perceptions of nature-based solutions for Urban Water challenges: Insights from Australian researchers and practitioners. *Urban Forestry and Urban Greening*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126937>
- Moosavi, S., Grose, M. J., & Lake, P. S. (2020). Wadis as dryland river parks: challenges and opportunities in designing with hydro-ecological dynamics. *Landscape Research*, 45(2), 193–213. <https://doi.org/10.1080/01426397.2019.1592132>
- Naselli-Flores, L., & Marrone, F. (2019). Different invasibility of permanent and temporary waterbodies in a semiarid Mediterranean Island. *Inland Waters*, 9(4), 411–421. <https://doi.org/10.1080/20442041.2019.1653110>
- Nasir, S., Asrar, M., Rasul, A., Hussain, S. M., Aslam, N., Ahmed, F., Yousaf, I., Ashraf, F., & Debboun, M. (2018). Potential impact of global warming on population dynamics of dengue mosquito, aedes albopictus skuse (Diptera; culicidae). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 55(4), 889–895. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/18.5980>
- Nasir, S., Jabeen, F., Abbas, S., Nasir, I., & Debboun, M. (2017). Effect of climatic conditions and water bodies on population dynamics of the dengue vector, Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 11(1), 50–59.
- Nasyrova, E., Elizaryev, A., Aksenov, S., Baiduk, Y., Kamaeva, E., & Akhtyamov, R. (2019). Geoenvironmental assessment of urban water bodies. *E3S Web of Conferences*, 110, 02045. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002045>
- Osório, Hugo C., Rocha, J., Roquette, R., Guerreiro, N. M., Zé-Zé, L., Amaro, F., Silva, M., & Alves, M. J. (2020). Seasonal dynamics and spatial distribution of aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in a temperate region in Europe, southern Portugal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197083>
- Osório, Hugo C., Zé-Zé, L., Neto, M., Silva, S., Marques, F., Silva, A. S., & Alves, M. J. (2018). Detection of the invasive mosquito species aedes (Stegomyia) albopictus (Diptera: Culicidae) in Portugal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040820>
- Pagani, G., Zanchetta, N., Galimberti, L., Oreni, L., Passerini, S., Giacomelli, A., Cordier,

- L., Gismondo, M. R., Rizzardini, G., Galli, M., & Antinori, S. (2020). Imported dengue fever: A 16-years retrospective analysis in milan (italy) and a brief review of the european literature. *Infezioni in Medicina*, 28(2), 243–252.
- Papa, A. (2017). Emerging arboviral human diseases in Southern Europe. In *Journal of Medical Virology* (Vol. 89, Issue 8, pp. 1315–1322). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jmv.24803>
- Paploski, I. (2016). Storm drains as larval development and adult resting sites for *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Salvador, Brazil. *Parasites Vectors*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1705-0>
- Pasquali, S., Mariani, L., Calvitti, M., Moretti, R., Ponti, L., Chiari, M., Sperandio, G., & Gilioli, G. (2020). Development and calibration of a model for the potential establishment and impact of *Aedes albopictus* in Europe. *Acta Tropica*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105228>
- Pichler, V., Kotsakiozi, P., Caputo, B., Serini, P., Caccone, A., & Torre, A. Della. (2019). Complex interplay of evolutionary forces shaping population genomic structure of invasive *Aedes albopictus* in southern Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(8), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007554>
- Pires, D. A., & Gleiser, R. M. (2010). Mosquito fauna inhabiting water bodies in the urban environment of Córdoba city, Argentina, following a St. Louis encephalitis outbreak. *Journal of Vector Ecology*, 35(2), 401–409. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2010.00099.x>
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramasamy, R., & Surendran, S. N. (2016). Mosquito vectors developing in atypical anthropogenic habitats: Global overview of recent observations, mechanisms and impact on disease transmission. *Journal of Vector Borne Diseases*, 53(2), 91–98.
- Rezza, G. (2016). Dengue and other Aedes-borne viruses: A threat to Europe? *Eurosurveillance*, 21(21), 1–3. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2016.21.21.30238>
- Rezza, G., Nicoletti, L., Angelini, R., Romi, R., Finarelli, A., Panning, M., Cordioli, P., Fortuna, C., Boros, S., Magurano, F., Silvi, G., Angelini, P., Dottori, M., Ciufolini, M., Majori, G., & Cassone, A. (2007). Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet*, 370(9602), 1840–1846.
- Riddell, A., & Babiker, Z. O. E. (2017). Imported dengue fever in East London: A 6-year retrospective observational study. *Journal of Travel Medicine*, 24(3). <https://doi.org/10.1093/JTM/TAX015>
- Robert, M. A., Stewart-Ibarra, A. M., & Estallo, E. L. (2020). Climate change and viral emergence: evidence from Aedes-borne arboviruses. In *Current Opinion in Virology* (Vol. 40, pp. 41–47). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2020.05.001>
- Schmidl, J., Sulzer, P., & Kitching, R. L. (2008). The insect assemblage in water filled tree-holes in a European temperate deciduous forest: Community composition reflects structural, trophic and physicochemical factors. *Hydrobiologia*, 598(1),

285–303. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9163-5>

- Segondy, M. (2020). Infections virales transmises par les moustiques. *Revue Francophone Des Laboratoires*, 2020(524), 44–52. [https://doi.org/10.1016/s1773-035x\(20\)30230-6](https://doi.org/10.1016/s1773-035x(20)30230-6)
- Serrao-Neumann, S., Renouf, M. A., Morgan, E., Kenway, S. J., & Low Choy, D. (2019). Urban water metabolism information for planning water sensitive city-regions. *Land Use Policy*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104144>
- Silva, A. S. V. da. (2015). *LOULÉ, UM MUNICÍPIO SUSTENTÁVEL. GUIA PARA A METAMORFOSE*.
- Simmons, C. P., Farrar, J. J., van Vinh Chau, N., & Wills, B. (2012). Dengue. *New England Journal of Medicine*, 366(15), 1423–1432. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1110265>
- Singh, M. P., Chand, S. K., Saha, K. B., Singh, N., Dhiman, R. C., & Sabin, L. L. (2020). Unlicensed medical practitioners in tribal dominated rural areas of central India: bottleneck in malaria elimination. *Malaria Journal*, 19(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s12936-020-3109-z>
- Steele, M. K. (2018). The scaling of urban surface water abundance and impairment with city size. *Geomorphology*, 305, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.07.001>
- Stefopoulou, A., Balatsos, G., Petraki, A., LaDeau, S. L., Papachristos, D., & Michaelakis, A. (2018). Reducing *Aedes albopictus* breeding sites through education: A study in urban area. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202451>
- Straka, T. M., Lentini, P. E., Lumsden, L. F., Buchholz, S., Wintle, B. A., & van der Ree, R. (2020). Clean and Green Urban Water Bodies Benefit Nocturnal Flying Insects and Their Predators, Insectivorous Bats. *Sustainability*, 12(7), 2634. <https://doi.org/10.3390/su12072634>
- Suzdaleva, A., Hirsch, A., & Kuchkina, M. (2020). Ecological engineering of small urban water bodies. *E3S Web of Conferences*, 157, 02026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702026>
- Syafii, N. I., Ichinose, M., Wong, N. H., Kumakura, E., Jusuf, S. K., & Chigusa, K. (2016). Experimental Study on the Influence of Urban Water Body on Thermal Environment at Outdoor Scale Model. *Procedia Engineering*, 169, 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.023>
- Teubner, K., Teubner, I., Pall, K., Kabas, W., Tolotti, M., Ofenböck, T., & Dokulil, M. T. (2020). New Emphasis on Water Transparency as Socio-Ecological Indicator for Urban Water: Bridging Ecosystem Service Supply and Sustainable Ecosystem Health. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 162. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.573724>
- Turismo de Portugal, E. R. do T. doAlgarve. (2009). *O sector do turismo no algarve*.
- Urban, M. C., & Roehm, R. (2018). The road to higher permanence and biodiversity in exurban wetlands. *Oecologia*, 186(1), 291–302. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-3989-y>

- Vairo, F., Di Pietrantonj, C., Pasqualini, C., Mammone, A., Lanini, S., Nicastri, E., Castilletti, C., Ferraro, F., Di Bari, V., Puro, V., Scognamiglio, P., Di Caro, A., Capobianchi, M. R., & Ippolito, G. (2018). The surveillance of chikungunya virus in a temperate climate: Challenges and possible solutions from the experience of Lazio Region, Italy. *Viruses*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/V10090501>
- Vasquez, A. A., Kabalan, B. A., Ram, J. L., & Miller, C. J. (2020). The biodiversity of water mites that prey on and parasitize mosquitoes. *Diversity*, *12*(6). <https://doi.org/10.3390/D12060226>
- Völker, S., Heiler, A., Pollmann, T., Claßen, T., Hornberg, C., & Kistemann, T. (2018). Do perceived walking distance to and use of urban blue spaces affect self-reported physical and mental health? *Urban Forestry and Urban Greening*, *29*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.014>
- Wang, J. N., Hou, J., Zhong, J. Y., Cao, G. P., Yu, Z. Y., Wu, Y. Y., Li, T. Q., Liu, Q. M., & Gong, Z. Y. (2020). Relationships between traditional larval indices and meteorological factors with the adult density of *Aedes albopictus* captured by BG-mosquito trap. *PLoS ONE*, *15*(6 June), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234555>
- Wang, W. H., Urbina, A. N., Chang, M. R., Assavalapsakul, W., Lu, P. L., Chen, Y. H., & Wang, S. F. (2020). Dengue hemorrhagic fever – A systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.007>
- Wang, X., Zhou, G., Zhong, D., Li, Y., Octaviani, S., Shin, A. T., Morgan, T., Nguyen, K., Bastear, J., Doyle, M., Cummings, R. F., & Yan, G. (2021). Impact of underground storm drain systems on larval ecology of *Culex* and *Aedes* species in urban environments of Southern California. *Scientific Reports 2021 11:1*, *11*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92190-3>
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., ... Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. In *The Lancet* (Vol. 391, Issue 10120). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
- Well, F., & Ludwig, F. (2019). Blue–green architecture: A case study analysis considering the synergetic effects of water and vegetation. *Frontiers of Architectural Research*, *9*(1), 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.11.001>
- WHO. (2012). *Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020*.
- WHO. (2013). *Regional framework for surveillance and control of invasive mosquito vectors and re-emerging vector-borne diseases 2014-2020*. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/regional-framework-for-surveillance-and-control-of-invasive-mosquito-vectors-and-re-emerging-vector-borne-diseases,-20142020-2013>
- WHO. (2018). *Integrated Management Strategy for Dengue Prevention and Control in*

the Region of the Americas.

- WHO. (2020). *GLOBAL VECTOR CONTROL RESPONSE Progress in planning and implementation*. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Wilke, A. (2019). Urbanization creates diverse aquatic habitats for immature mosquitoes in urban areas. *Sci. Rep.*, 9(1), 15335. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51787-5>
- Zhao, J., Tang, T., & Wang, X. (2020). Effects of landscape composition on mosquito population in urban green spaces. *Urban Forestry and Urban Greening*, 49, 126626. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126626>
- Zwierzchowska, I., Hof, A., Iojă, I. C., Mueller, C., Poniży, L., Breuste, J., & Mizgajski, A. (2018). Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 30, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>