

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE CONDIÇÕES ADEQUADAS AO ESTABELECIMENTO DO VETOR DE DOENÇAS *Aedes albopictus* NA CIDADE DE BARCELONA COM RECURSO A DETEÇÃO REMOTA

Álvaro, Carlos ¹; Tenedório, José ²; Rocha, Jorge ³; Capinha, César ⁴; Santos, Teresa ^{5*}

1 Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, (NOVA FCSH), Av. de Berna, 26 C, 1069-061 Lisboa, Portugal | a47847@campus.fch.unl.pt

2 Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, (NOVA FCSH), Av. de Berna, 26 C, 1069-061 Lisboa, Portugal | a47847@campus.fch.unl.pt

3 Laboratório associado TERRA, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa | jorge.rocha@campus.ul.pt

4 Laboratório associado TERRA, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa | cesarcapinha@campus.ul.pt

5 Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, (NOVA FCSH), Av. de Berna, 26 C, 1069-061 Lisboa, Portugal | teresasantos@fch.unl.pt

*Álvaro, Carlos: a47847@campus.fch.unl.pt; +351 961405631

Resumo: Nativo do sudoeste asiático, o mosquito tigre asiático (*Aedes albopictus*), tem vindo a estabelecer-se progressivamente em áreas do Continente Europeu como espécie invasora. Este mosquito é vetor eficiente de doenças como a Dengue e Chicungunha. Estudos anteriores demonstraram estar associado com a vegetação em meios urbanos. A deteção remota de vegetação na Cidade de Barcelona, feita através da análise multitemporal de imagens Sentinel-2 MSI, permitiu testar a relação entre o coberto vegetal e as ocorrências deste vetor. A análise dos resultados revela uma elevada correlação positiva entre a sua ocorrência e a vegetação, com uma grande influência da vegetação temporária.

Palavras-chave: *Aedes albopictus*; Deteção remota; Vegetação; Habitat; Distribuição

Abstract: Native to Southeast Asia, the Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) has been gradually establishing itself in areas of the European continent as an invasive species. This mosquito is an efficient vector of diseases such as Dengue and Chicungunha. Previous studies have shown it to be associated with vegetation in urban environments. Remote sensing of vegetation in the city of Barcelona, made through multitemporal analysis of Sentinel-2 images, allowed to test the relationship between vegetation cover and occurrences of this vector. The analysis of the results reveals a high positive correlation between occurrence and vegetation, with great influence of temporary vegetation.

Keywords: *Aedes albopictus*; Remote sensing; Vegetation; Habitat; Distribution

1. Introdução

O mosquito *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae), nativo do Sudeste Asiático, dispersou-se nas últimas décadas por várias regiões do mundo, estando atualmente presente em todos os continentes, exceto na Antártida (Osório et al., 2020 citado de Kraemer et al., 2019). A maioria das introduções acidentais deveu-se, aparentemente, ao transporte de ovos em pneus e objetos de comércio internacional. Entre as autoridades de saúde pública dos países recém-infestados ou ameaçados pela sua introdução, tem havido muita preocupação de que o *Aedes albopictus* possa levar a surtos graves de

doenças, uma vez que este mosquito é um vetor competente de pelo menos 22 arbovírus, nomeadamente dengue (Gratz, 2004).

Na área de distribuição nativa, o mosquito *Aedes albopictus* realiza tipicamente a oviposição em corpos de água de tamanho reduzido, sombreados e rodeados de vegetação, tais como buracos de árvores. No entanto, nas áreas invadidas a sua elevada plasticidade ecológica permite-lhe utilizar objetos e locais artificiais, como vasos de flores, fontanários, latas de refrigerante e outros contentores abandonados. As pilhas de pneus usados são lugares particularmente propícios à ocorrência de *Aedes albopictus*. A adição de folhas de decomposição das árvores que rodeiam estes locais produz condições químicas semelhantes aos furos nas árvores dos seus habitats nativos, proporcionando assim um excelente local de reprodução substituto. No entanto, o *Aedes albopictus* também pode se estabelecer e sobreviver em áreas não urbanizadas. A distância de voo para adultos é muito curta. Na sua busca por sangue para a sua reprodução, tem uma picada agressiva e tem como alvo humanos, animais, anfíbios, répteis e aves. As fêmeas colocam ovos resistentes à dessecação acima da superfície da água. A sua hibernação é necessária a norte da isotérmica de janeiro de +10 °C (Eritja *et al.*, 2005).

A vegetação é uma das variáveis frequentemente utilizadas na modelação e estudo do habitat de *Aedes albopictus* (Richman *et al.*, 2019; Johnson *et al.*, 2017), e estudos anteriores mostram uma forte correlação positiva entre altos níveis de atividade clorofilina e a presença de *Aedes albopictus* (Álvaro, 2021 citado de Lourenço, *et al.*, 2011), ou fortes associações estatísticas entre áreas com árvores e a presença de ovos; o mês de captura e exposição solar também são referidos como fatores explicativos na diferença no número de ovos encontrados (Cianci *et al.*, 2015).

A utilização de deteção remota na extração de variáveis biofísicas que podem ser ligadas à presença de determinadas espécies enquadra-se nos estudos indiretos. Estes estudos caracterizam-se pelo uso de variáveis biofísicas como 'proxies' ambientais de condições relevantes para o estabelecimento das espécies (Wang *et al.*, 2010).

A análise do coberto vegetal com base no *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) assenta na adequabilidade deste índice do ponto de vista biológico para a análise de fatores ambientais que influenciam as populações de mosquitos, e, seguindo a premissa de que a fauna depende de forma direta ou indireta da vegetação, a sua análise no espaço e no tempo pode servir de proxy para inferir populações animais (Britch *et al.*, 2008, citado de Hielkema *et al.* 1986).

Os índices multi-temporais oferecem a capacidade de estudar a dinâmica da vegetação no tempo e no espaço. Combinados com o uso e ocupação do solo de áreas metropolitanas é possível estabelecer corredores de habitabilidade de zonas de transição urbano-natural e pelas ilhas criadas pelos espaços verdes urbanos que oferecem condições de estabelecimento para *Aedes albopictus*.

2. Metodologia

A metodologia assenta na utilização da deteção remota para a extração das variáveis biofísicas de coberto vegetal do uso e ocupação do solo. Ambas as variáveis são transformações de imagens multiespectrais Sentinel-2 MSI. O cálculo do NDVI foi feito com base nas bandas 4 (vermelho) e 8 (Infravermelho próximo) para doze imagens, cada uma correspondente a um dos doze meses do ano de 2019.

A área de estudo faz parte da área metropolitana de Barcelona, e a sua escolha foi baseada no elevado número de registos de ocorrência da espécie disponíveis na plataforma *Moquito Alert* (2021). A utilização destes dados de ocorrência foi necessária para o estabelecimento de relações espaciais com as variáveis biofísicas extraídas por deteção remota, de forma a testar as melhores métricas de análise do coberto vegetal e a sua influência na ocorrência de *Aedes Albopictus*. O número de ocorrências utilizado nesta análise foi de 1166 pontos georreferenciados.

O coberto vegetal multitemporal foi então extraído a partir dos valores de NDVI das 12 imagens mensais de 2019, utilizando três medidas de análise diferentes: a média, já testada em Álvaro (2021) para o limiar acima de 0,3, a média permite uma visão global do coberto vegetal com valores elevados durante uma parte substancial do ano; os mínimos que permitem extrair as áreas de vegetação permanente e analisar a sua influência; os máximos que contemplam também as áreas de vegetação

temporária que ultrapassem o limite de 0,3 pelo menos num dos meses do ano. Além das métricas de extração do coberto vegetal, foi também testado o limite de 0.5, que representa a vegetação com atividade clorofilina mais elevada, e analisar a sua relação com as ocorrências.

Os diferentes tipos de coberto vegetal foram sobrepostos ao uso e ocupação do solo (classes correspondentes a territórios artificializados), produzindo-se um mapa de corredores de vegetação que contém as ilhas urbanas e as áreas de transição entre áreas impermeabilizadas e vegetadas. A distância euclidiana foi calculada em relação a esta camada de forma a obter um mapa de distâncias em que 0 se situa na conjugação entre artificial e vegetação. Os valores de distância foram extraídos para os pontos das ocorrências.

A correlação de *Pearson* foi calculada entre o número de ocorrências por classes de distância, em que cada classe corresponde a 10 metros. Ao mesmo tempo foram gerados pontos de controlo aleatórios e o processo repetido e comparado com os resultados das ocorrências reais.

Para aferir o fator de proximidade, reclassificaram-se as distâncias em 20, 40 e 80m a partir das áreas de transição e comparou-se entre os diferentes resultados qual contém maior volume de ocorrências dentro destas classes de distância. O mesmo foi efetuado para os pontos de controlo e a diferença entre ambos medida.

3. Resultados

Os resultados apontam para uma influência expressiva da vegetação temporária. Apesar de as correlações apresentarem valores algo similares, quando comparados com o controlo, as maiores diferenças registam-se mesmo nos valores de máximo, e média acima do limite de 0,3 (Quadro 1).

Quadro 1 - Correlação entre classes de distância (D) ocorrências (O), pontos de controlo (C) em relação às áreas de transição dadas pelas diferentes métricas e limites.

	Peason (r)	Diferença	p (valor)
D/O Máximo (0,3)	-0,711	–	0,0064
D/C Máximo (0,3)	-0,51	-39%	0,000004
D/O Máximo (0,5)	-0,7881	–	0,0005
D/C Máximo (0,5)	-0,5492	-43%	0,0000006
D/O Média (0,3)	-0,7633	–	0,0006
D/C Média (0,3)	-0,5447	-40%	0,0000006
D/O Média (0,5)	-0,7861	–	0,0000004
D/C Média (0,5)	-0,662	-19%	0
D/O Mínimo (0,3)	-0,7787	–	0,0000002
D/C Mínimo (0,3)	-0,6604	-18%	0
D/O Mínimo (0,5)	-0,789	–	0
D/C Mínimo (0,5)	-0,725	-9%	0

As correlações mais elevadas registam-se com a utilização das métricas e limites de mínimo 0,5 e máximo 0,5, porém a maior diferença para os pontos de controlo é registada na segunda com 43%, enquanto para a primeira a diferença é apenas de 9%. No geral, as diferenças de correlações entre ocorrências e pontos de controlo são bastante menores nos mínimos do que na utilização média acima do limiar de 0,3 e dos máximos, apesar de estes cobrirem uma maior área comparativamente.

O agrupamento das ocorrências em três classes de proximidade (Figura 1) mostra que as conjugações entre as áreas artificializadas (A) e a vegetação (V) média acima de 0,3, bem como os máximos de 0,3 e 0,5, são aquelas que contêm o maior número de ocorrências para as distâncias de 20, 40 e 80 metros, e registam na última quase todas as ocorrências registadas na zona de Barcelona.

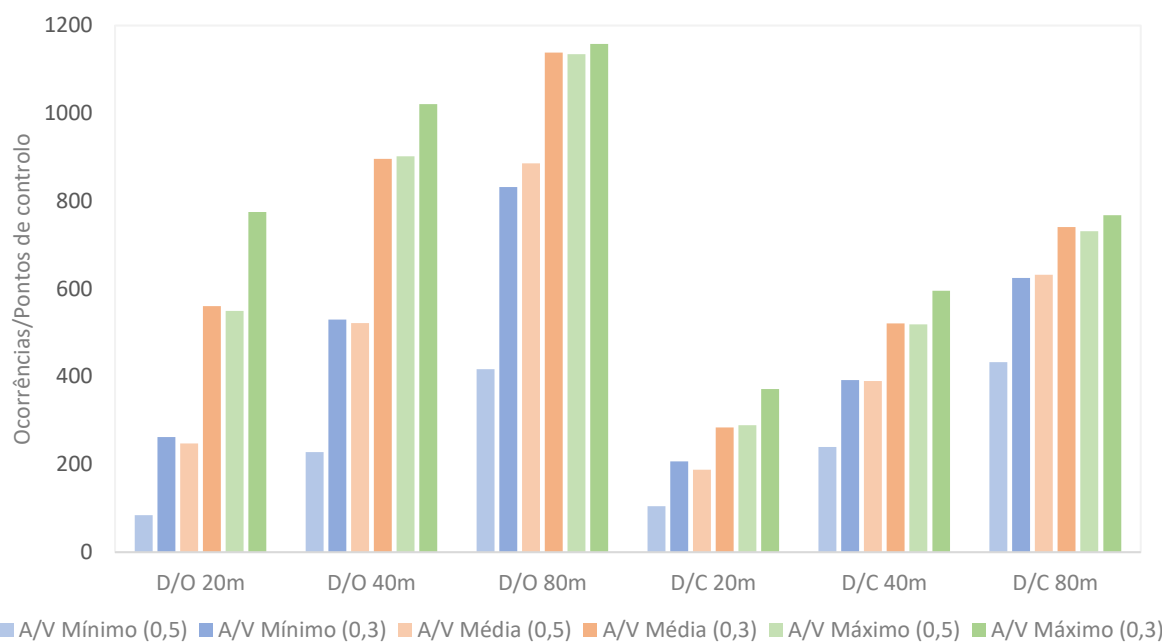


Figura 1 - Frequência de ocorrências e pontos aleatórios baseadas em classes de distância em relação às áreas de transição de artificial (A) e Vegetação (V) de diferentes métricas e limites.

Estes resultados indicam também uma influência da sazonalidade da vegetação, em que a vegetação temporária agrupa na classe até 80m praticamente todas as ocorrências. Significativamente menor é o número de pontos de controlo que recai na mesma distância para esta variável. A relação entre as áreas de transição calculadas a partir da média da vegetação acima do limite de 0.3 e ambos os limites para os máximos apresentam as maiores diferenças absolutas e relativas entre o número de ocorrências face aos pontos de controlo.

4. Conclusões

Os resultados da utilização das diferentes métricas multi-temporais mostram que a vegetação temporária, conjugada com espaços artificiais influenciam a distribuição da espécie em meio urbano, como mostrado na Figura 1. A indicação de que a vegetação temporária tem um impacto significativo merece um estudo detalhado de forma a aferir qual é o nível de influência em relação à vegetação permanente. Uma forma de o fazer é isolar, do resto da vegetação, apenas aquela que manifesta valores de NDVI elevados durante apenas uma parte do ano, retirando a restante vegetação, e confrontar com as ocorrências de *Aedes albopictus*.

Embora estes resultados não expliquem todos os fatores determinantes da distribuição do *Aedes albopictus*, mas, fornecem uma visão acerca da importância de considerar a vegetação como uma variável relevante à escala local. Isto também demonstra que os espaços verdes urbanos, podem criar habitats potenciais para a propagação de vetores de doenças que devem ser monitorizados de forma a mitigar os riscos associados a doenças por estas propagandas.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P., através do projeto TRIAD (health Risk and social vulnerability to Arboviral Diseases in mainland Portugal) - Vulnerabilidade Social e Risco para a Saúde devido às doenças arbovirais em Portugal continental (PTDC/GESOUT/30210/2017).

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Norma Transitória - DL 57/2016/CP1453/CT0004 e no âmbito do projeto UID/SOC/04647/2013, do CICS.NOVA - Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais da Universidade

NOVA de Lisboa.

Bibliografia

- Álvarez, C. (2021). Analysis Of The Spatial-Temporal Evolution Of Conditions For Fixation and Proliferation of Arbovirus Vectors, Using Data Obtained By Remote Sensing (Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23015.98729>
- Britch, S.C., Linthicum, K. J., Anyamba, A., Tucker, C. J., & Pak, E. W. (2008). Long-term surveillance data and patterns of invasion by *Aedes albopictus* in Florida. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24(1), 115–120. <https://doi.org/10.2987/5594.1>
- Cianci, D., Hartemink, N., Zeimes, C.B., Vanwambeke, S. O., Ienco, A., & Caputo, B. (2015). High Resolution Spatial Analysis of Habitat Preference of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an Urban Environment. *Journal of Medical Entomology*, 52(3), 329–335. Doi:10.1093/jme/tjv026
- Eritja, R., Escosa, R., Lucientes, J., Marquè, E., Molina, R., Roiz, D., & Ruiz, S. (2005). Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain.
- Mosquito Alert (2021) Mosquito Alert Interactive Map. Descarregado de <http://webserver.mosquitoalert.com/static/tigapublic/spain.html#/en>
- Gratz, N. (2004). Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology*, Geneva, Suíça
- Honório, N. A., Castro, M. G., Barros, F. S., Magalhães, M., & Sabroza, P. C. (2009). The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de saúde pública*, 25(6), 1203–1214. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2009000600003>
- Huang, C. C., Tam, T., Chern, Y. R., Lung, S. C., Chen, N. T., & Wu, C. D. (2018). Spatial Clustering of Dengue Fever Incidence and Its Association with Surrounding Greenness. *International journal of environmental research and public health*, 15(9), 1869. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091869>
- Johnson, T. L., Haque, U., Monaghan, A. J., Eisen, L., Hahn, M. B., Hayden, M. H., Savage, H. M., McAllister, J., Mutebi, J. P., & Eisen, R. J. (2017). Modeling the Environmental Suitability for *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in the Contiguous United States. *Journal of medical entomology*, 54(6), 1605–1614. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx163>
- Osório, H. 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>
- Richman, R., Diallo, D., Diallo, M., Sall, A., Faye, O., Diagne, C., Dia, I., Weaver, S., Hanley, K., Buenemann, M. (2018). Ecological niche modeling of *Aedes* mosquito vectors of chikungunya virus in southeastern Senegal. *Vectors Parasites* 11, 255 <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2832-6>
- Wang, K., Franklin, S. E., Guo, X., & Cattet, M. (2010). Remote sensing of ecology, biodiversity and conservation: a review from the perspective of remote sensing specialists. *Sensors (Basileia, Suíça)*, 10(11), 9647–9667. <https://doi.org/10.3390/s101109647>