



Modelo espacialmente explícito de fatores determinantes à transmissão da dengue e outras doenças arbovirais em Portugal continental



Dengue

1º registo: Dinastia Chin (enciclopédia chinesa), 265 e 420 D.C.

Sintomas: febre, cefaleias, dores musculares e nas articulações, dor abdominal e vómitos, petéquias e erupções cutâneas e dor no contorno dos olhos.

- 🦟 Rápido crescimento e propagação
- 🦟 390 milhões de infeções por ano no mundo
- 🦟 Endémica em mais de 100 países
- 🦟 Risco de infeção em 129 países
- 🦟 Detetados casos importados em 10 países da Europa e em Portugal Continental
- 🦟 Surto da dengue na ilha da Madeira, em 2012 (2 000 casos)
- 🦟 Associado a fatores socioeconómicos e ambientais

Ae. albopictus (mosquito tigre asiático)

1ª referência: 1894 - Skuse

Nativo: florestas tropicais e temperadas do Sudeste Asiático.

Entram em atividade: >13°C.

Pontos de entrada:

- 🦟 Transportes (Aéreo, marítimo e terrestre)

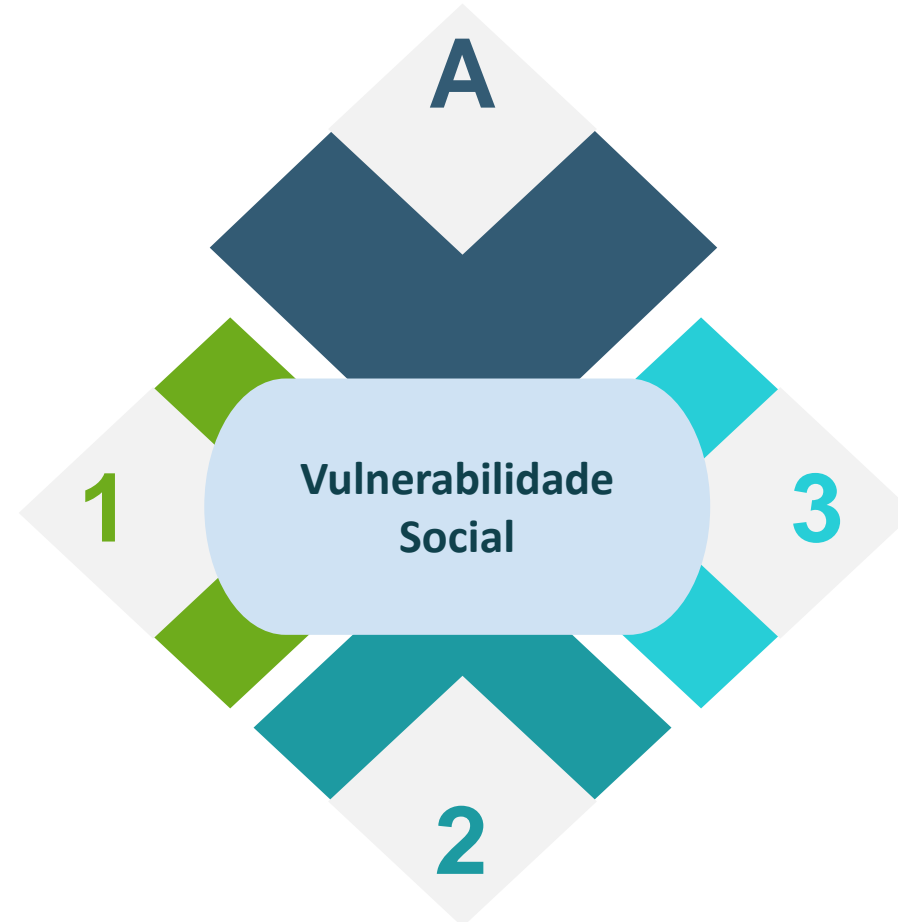
Onde se estabelecem e reproduzem-se:

- 🦟 Ferros-velhos
- 🦟 Borracharias
- 🦟 Águas paradas e estagnadas (beiras dos rios e lagos, vasos de flores)
- 🦟 Recipientes de plástico
- 🦟 Piscinas não tratadas

Modelar e analisar espacialmente os fatores condicionantes à transmissão, avaliar quais os locais mais vulneráveis, onde os riscos de problemas de saúde pública são mais elevados



Criar o mapa de adequação para a presença de *Ae. albopictus* em Portugal continental



Obter mapas de risco com base na capacidade vetorial, potencial arboviral e presença humana



Utilizar modelos estatísticos para avaliar a vulnerabilidade social da população

- Recolha e revisão bibliográfica (quadro resumo)
- Recolha e pré-processamento dos dados
- Normalização das variáveis (*Fuzzy Membership*)

Dados

- Diagnostico da multicolinearidade em linguagem de programação R (fator de inflação da variância - VIF)
- Análise de componentes principais (ACP) com a matriz de covariâncias
- Média e *Fuzzy Overlay (Product e Gamma)*

Vulnerabilidade social

- *Maximum Entropy* e *Support Vector Machine* (openModeller)
- Também foi testado o *Artificial Neural Network*
- Normalização (*Fuzzy Membership*)

Adequabilidade ambiental

- Correram-se os modelos de forma a obter os resultados finais da modelação – “cruzando” resultados de vulnerabilidade social (média, product, gamma) com cada algoritmo testado da adequabilidade ambiental (*Maximum Entropy* e *Support Vector Machine*) – resultaram 6 mapas de risco

Análise de risco

76 variáveis recolhidas - 53 variáveis de cariz social e 23 de cariz ambiental e de acessibilidade

Sociodemográficos

- Índice de dependência total, dos jovens, dos idosos (homens e mulheres)
- Percentagem de indivíduos residentes empregados
- Percentagem de alojamentos familiares de residência habitual com banho

Socioeconómicos

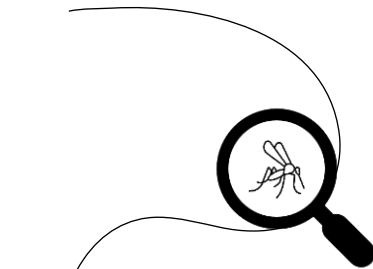
- Poder de compra per capita
- Ganho médio mensal

Ambientais e Climatológicos

- Carta de Uso e Ocupação do Solo (Urbano, Floresta, Agricultura, Água)
- Mapa da temperatura média do mês mais quente do ano
- Mapa da precipitação positiva anual em ano húmido

Acessibilidade

- Rede viária



Fator	Indicador	Referência	Explicação simples da variável (Dentro do artigo, para quê serve)	Variável utilizada
Sociodemográfico	-População; -Densidade populacional	-Silva <i>et al.</i> , 2018; -Joyce <i>et al.</i> , 2021; -Dickin <i>et al.</i> , 2013; -Moreno-Banda <i>et al.</i> , 2017; -Rees <i>et al.</i> , 2018; -Lippi <i>et al.</i> , 2018; -Zafar <i>et al.</i> , 2021	-Medir grau de vulnerabilidade da população numa determinada área; -Preditor da dengue e variável de controle em todos os modelos (pop/área do município); -Relação de transmissão da dengue com áreas densamente povoadas; -Influencia a incidência dos casos da dengue; -Detecção; -Para selecionar os participantes da pesquisa; -Mapa onde é comparado com outros fatores/variáveis; -Disponibilidade de reservatórios hospedeiros do vírus, necessários para a transmissão da dengue;	-Total de indivíduos residentes; OU -Densidade populacional
Sociodemográfico	-Idade abaixo de 15 anos; -Idade; -Idade média do chefe da família (anos); -Idade média do agregado familiar (anos); -Proporção de agregados familiares com menos de 15 anos; -Proporção de agregados familiares com menos de 5 anos de idade; -Percentagem de dependentes vulneráveis e idosos;	-Dickin <i>et al.</i> , 2013; -Constant <i>et al.</i> , 2020; -Lippi <i>et al.</i> , 2018; -Charette <i>et al.</i> , 2020; -Zafar <i>et al.</i> , 2021; -da Conceição Araújo <i>et al.</i> , 2020;	-Fator de suscetibilidade para a dengue; -Fator de influência na incidência; -Correlação negativa com vários fatores demográficos; -Fator preditor de comportamento e que afetam a exposição à infeção; -Fator de risco/suscetibilidade individual - Crianças até 15 anos têm maior suscetibilidade à dengue do que a população adulta;	-Índice de dependência total (e homens e mulheres); -Índice de dependência de idosos (e homens e mulheres); -Índice de dependência de jovens (e homens e mulheres);

Fator	Indicador	Referência	Explicação simples da variável (Dentro do artigo, para quê serve)	Variável utilizada
Sociodemográfico	-População; -Densidade populacional	-Silva <i>et al.</i> , 2018; -Joyce <i>et al.</i> , 2021; -Dickin <i>et al.</i> , 2013; -Moreno-Banda <i>et al.</i> , 2017; -Rees <i>et al.</i> , 2018; -Lippi <i>et al.</i> , 2018; -Zafar <i>et al.</i> , 2021	-Medir grau de vulnerabilidade da população numa determinada área; -Preditor da dengue e variável de controle em todos os modelos (pop/área do município); -Relação de transmissão da dengue com áreas densamente povoadas; -Influencia a incidência dos casos da dengue; -Deteção; -Para selecionar os participantes da pesquisa; -Mapa onde é comparado com outros fatores/variáveis; -Disponibilidade de reservatórios hospedeiros do vírus, necessários para a transmissão da dengue;	-Total de indivíduos residentes; OU -Densidade populacional;
Sociodemográfico	-Idade abaixo de 15 anos; -Idade; -Idade média do chefe da família (anos); -Idade média do agregado familiar (anos); -Proporção de agregados familiares com menos de 15 anos; -Proporção de agregados familiares com menos de 5 anos de idade; -Porcentagem de dependentes vulneráveis e idosos;	-Dickin <i>et al.</i> , 2013; -Constant <i>et al.</i> , 2020; -Lippi <i>et al.</i> , 2018 -Charette <i>et al.</i> , 2020; -Zafar <i>et al.</i> , 2021; -da Conceição Araújo <i>et al.</i> , 2020;	-Fator de suscetibilidade para a dengue; -Fator de influência na incidência; -Correlação negativa com vários fatores demográficos; -Fator preditor de comportamento e que afetam a exposição à infeção; -Fator de risco/suscetibilidade individual - Crianças até 15 anos têm maior suscetibilidade à dengue do que a população adulta;	-Índice de dependência total (e homens e mulheres); -Índice de dependência de idosos (e homens e mulheres); -Índice de dependência de jovens (e homens e mulheres);

Quadro 1 – Quadro resumo da seleção das variáveis baseada na bibliografia

Após o diagnóstico de multicolinearidade ($VIF > 2,5$), excluíram-se 18 variáveis, e a partir das restantes 35 efetuou-se a Análise de componentes principais.

O *Scree plot* representa a percentagem de variações explicadas por cada componente principal verificando-se uma quebra a partir da quarta componente principal.

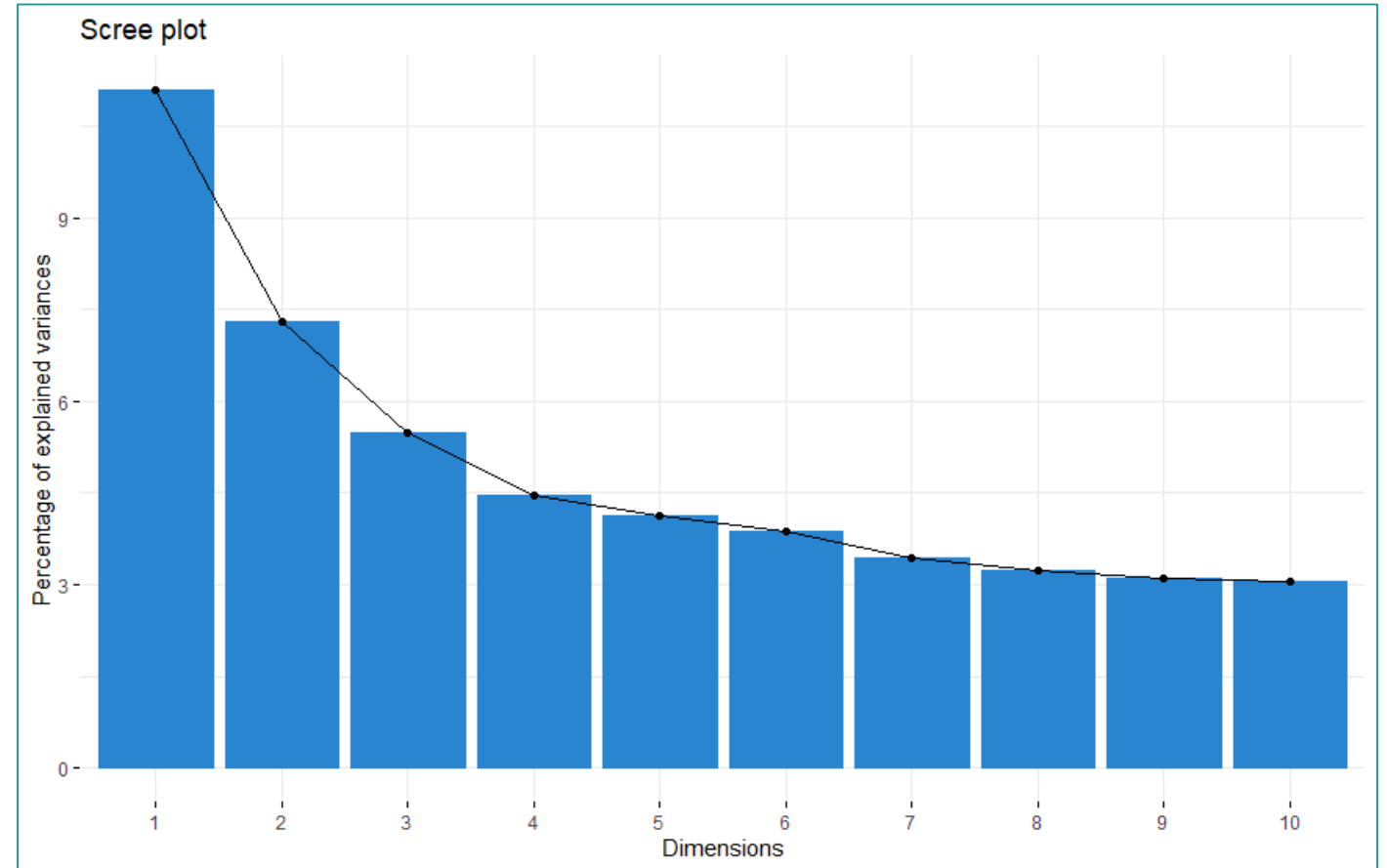


Fig. 1 – Percentagem de explicação da variância de componentes principais

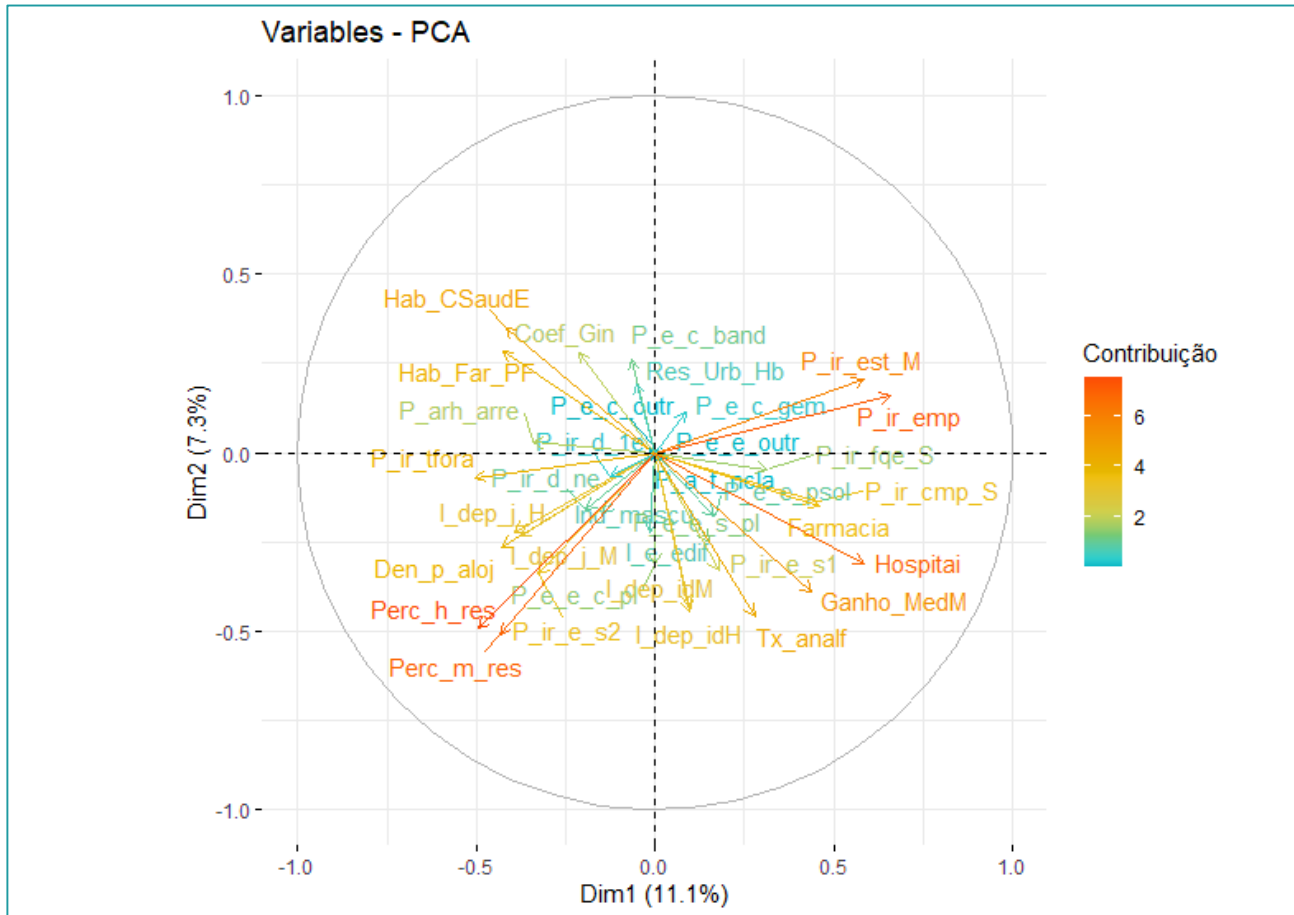


Fig. 2- “Mapa” de fatores das variáveis

Variáveis com *scores* positivos nos dois quadrantes são “Ganho médio Mensal” (Ganho_MedM) e Locais com “Hospitais” (Hospitai).

Variáveis com *scores* negativos nos dois quadrantes são “Habitantes por centro de saúde e extensão” (Hab_CSaudE) e “Habitantes por farmácia e por posto de farmacêutico móvel ” (Hab_Far_PF).

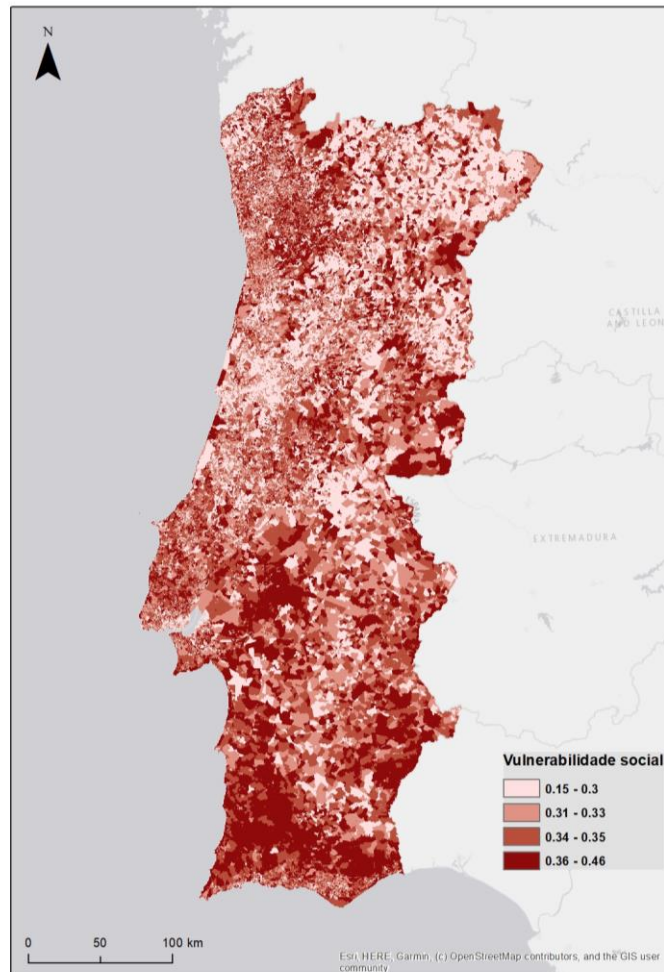


Fig. 3- Vulnerabilidade social das variáveis resultantes da ACP através do método da **média**

- Foram usados três métodos para a vulnerabilidade social, mas excluíram-se os do produto e do gamma, pois não obtiveram resultados satisfatórios para a análise.
- Os valores mais baixos de vulnerabilidade social significam que as condições socioeconómicas da população são melhores, com base nas 35 variáveis usadas na ACP.
- As áreas com valores mais altos de vulnerabilidade social apresentam a população com fragilidades materiais e privação de bem-estar.

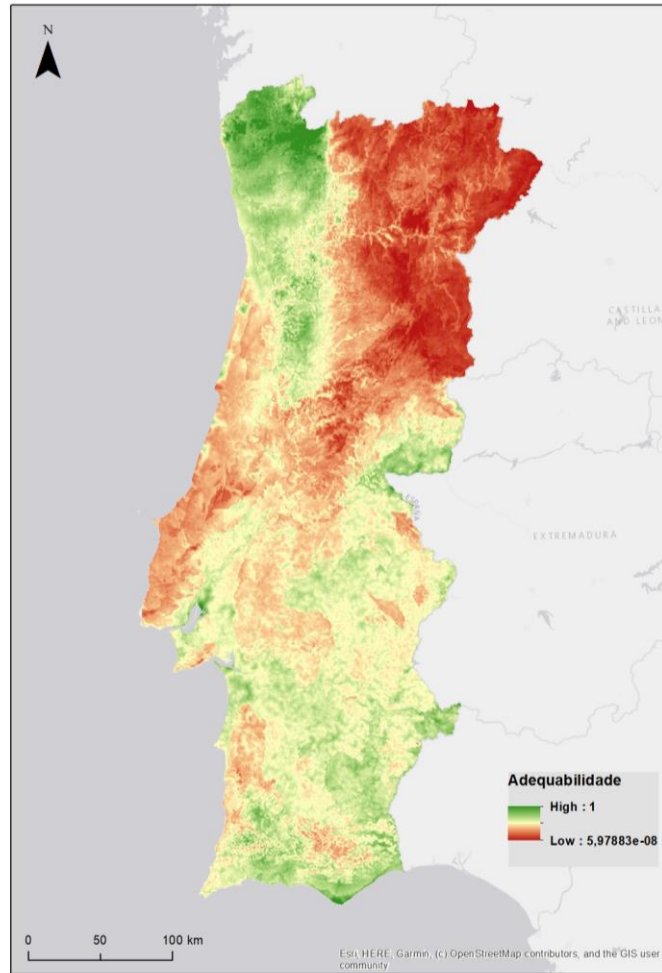


Fig. 4– Adequabilidade ambiental para *Ae. Albopictus* através do método de *Maximum Entropy*



Fig. 5 - Adequabilidade ambiental para *Ae. Albopictus* através do método de *Support Vector Machine*

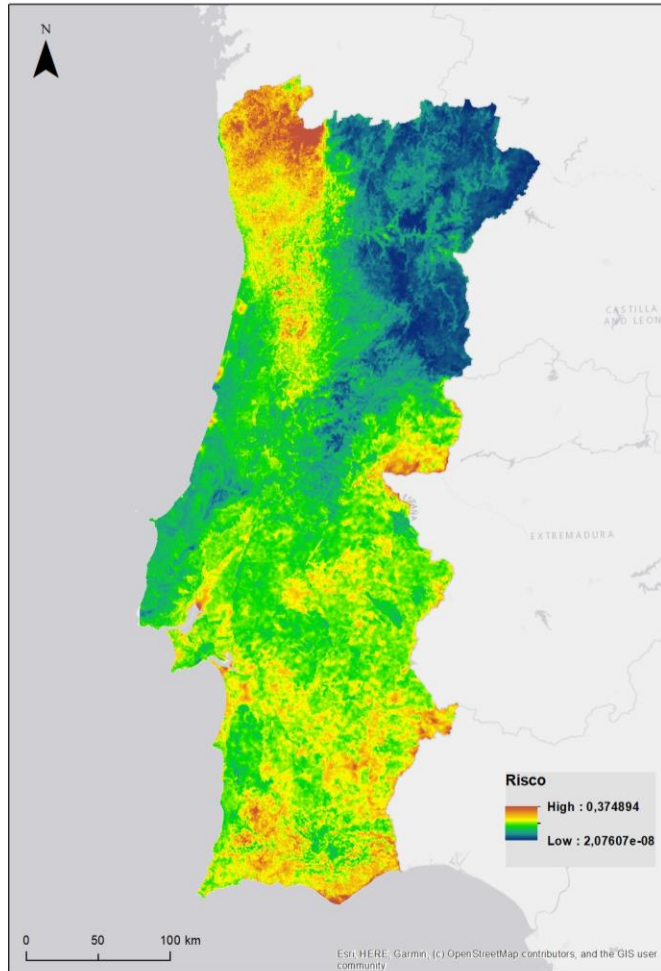


Fig. 6 – Risco de ocorrência obtido pela combinação entre a adequabilidade através de *Maximum Entropy* e vulnerabilidade social através da média

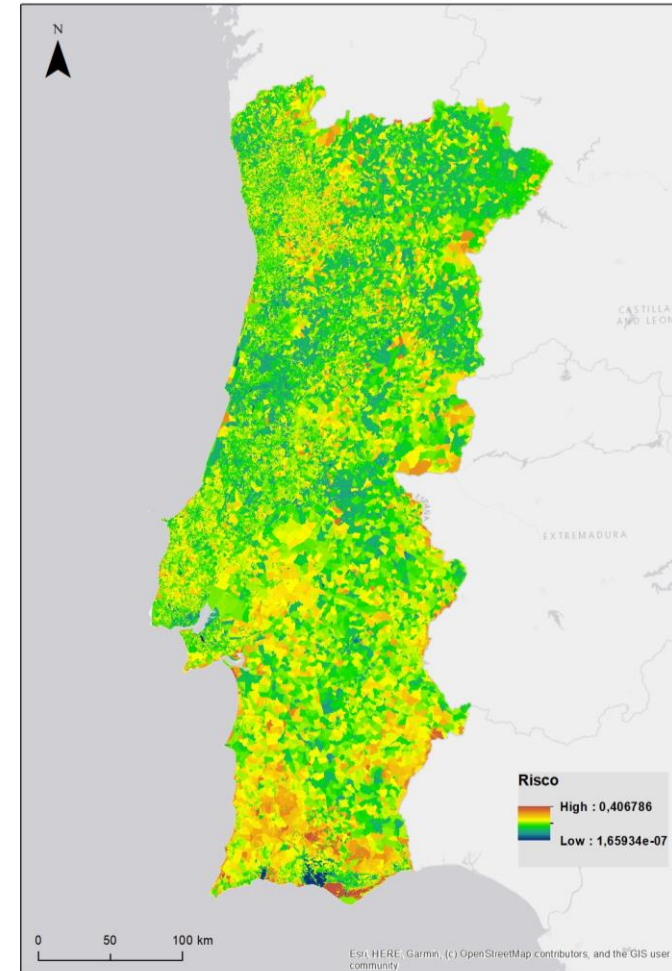


Fig. 7 - Risco de ocorrência obtido pela combinação entre a adequabilidade através de *Support Vector Machine* e vulnerabilidade social através da média

- A vulnerabilidade social das variáveis resultantes da ACP através dos métodos do produto e do gamma (fuzzy overlay), obtiveram valores nulas em praticamente todo o território.
- Foram testados três algoritmos, *Artificial Neural Network (ANN)*, *Maximum Entropy (ME)* e *Support Vector Machines (SVM)*, no entanto ANN não entrou no modelo, pois o valor da curva ROC não foi tão significativo comparativamente com os outros dois algoritmos.
- Pela mesma razão, por serem pouco significativos os valores dos modelos de risco, resultantes da combinação dos métodos do produto e gamma com os métodos de *Maximum Entropy* e *Support Vector Machines*.
- Relativamente aos mapas resultantes de adequabilidade ambiental e de risco de ocorrência, o que demonstrou maiores contrastes em termos de valores no território foi o da *Maximum Entropy*.
- Os valores mais altos de risco de ocorrência foram identificados pelo mapa resultante da combinação da *Maximum Entropy* e vulnerabilidade social, a oeste da Região Norte, interior Centro e Alentejo e litoral Algarvio.
- Os valores mais baixos de risco de ocorrência da mesma combinação foram identificados principalmente a este da Região Norte a Centro, podendo a se justificar pelas condições ambientais desfavoráveis para a espécie.
- Pode-se afirmar que maior parte do território é adequado para a espécie, isto combinando com áreas de maior vulnerabilidade social, resulta em maior risco de ocorrência da dengue em grande parte do território de Portugal continental.



- Constant, A., McColl, K., e Raude, J. (2020). The Ecology of Protective Behaviors: A Study in New Risk Areas for Mosquito-Borne Diseases. *EcoHealth*, 17(3), 315-325.
- Dickin, S. K., Schuster-Wallace, C. J., e Elliott, S. J. (2013). Developing a vulnerability mapping methodology: applying the water-associated disease index to dengue in Malaysia. *PLoS One*, 8(5), e63584.
- INSA (2020). *REVIVE: Rede de Vigilância de Vetores – Relatório 2020*. Disponível em: <https://www.insa.min-saude.pt/revive-rede-de-vigilancia-de-vetores-relatorio-2020/>
- Gage, K. L., Burkot, T. R., Eisen, R. J., e Hayes, E. B. (2008). Climate and vectorborne diseases. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 436-450.
- Girão, Í. R. F., Rabelo, D. R., e Zanella, M. E. (2018). Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. *Revista de Geociências do Nordeste*, 4, 71-83.
- Maia, C., Ribeiro, D., Honório, F., e Marques, T. S. (2017). Perfis de vulnerabilidade social em Portugal. In *As dimensões e a responsabilidade social da Geografia: XI Congresso da Geografia Portuguesa: livro de atas*.
- Marabuto, E., e Rebelo, M. T. (2017). The Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), a vector of dengue, chikungunya and zika, reaches Portugal. *BioRxiv*, 192575. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/192575>
- Moreno-Banda, G. L., Riojas-Rodríguez, H., Hurtado-Díaz, M., Danis-Lozano, R., e Rothenberg, S. J. (2017). Effects of climatic and social factors on dengue incidence in Mexican municipalities in the state of Veracruz. *Salud pública de México*, 59, 41-52.
- Paiva, C. D. F. (2018). *A infeção pelo vírus Dengue em Portugal e no Mundo*. Tese de Mestrado em Ciências Farmacêuticas. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- Rees, E. E., Petukhova, T., Mascarenhas, M., Pelcat, Y., e Ogden, N. H. (2018). Environmental and social determinants of population vulnerability to Zika virus emergence at the local scale. *Parasites & vectors*, 11(1), 1-13.
- Silva, F. S., Libório, M. P., e Haddad, P. B. (2018). Relação geográfica entre índice de vulnerabilidade social e a transmissão da dengue: estudo de caso de Praia Grande, São Paulo. *Revista Espinhaço*.
- WHO (2021). *Dengue and severe dengue*. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
- Wiyono, L., Rocha, I. C. N., Cedeño, T. D. D., Miranda, A. V., e Lucero-Priso III, D. E. (2021). Dengue and COVID-19 infections in the ASEAN region: a concurrent outbreak of viral diseases. *Epidemiology and Health*. Disponível em: <https://doi.org/10.4178/epih.e2021070>



Obrigada!

Valeriya Dorosh
valeriyadorosh@campus.ul.pt



ORCID iD QR

