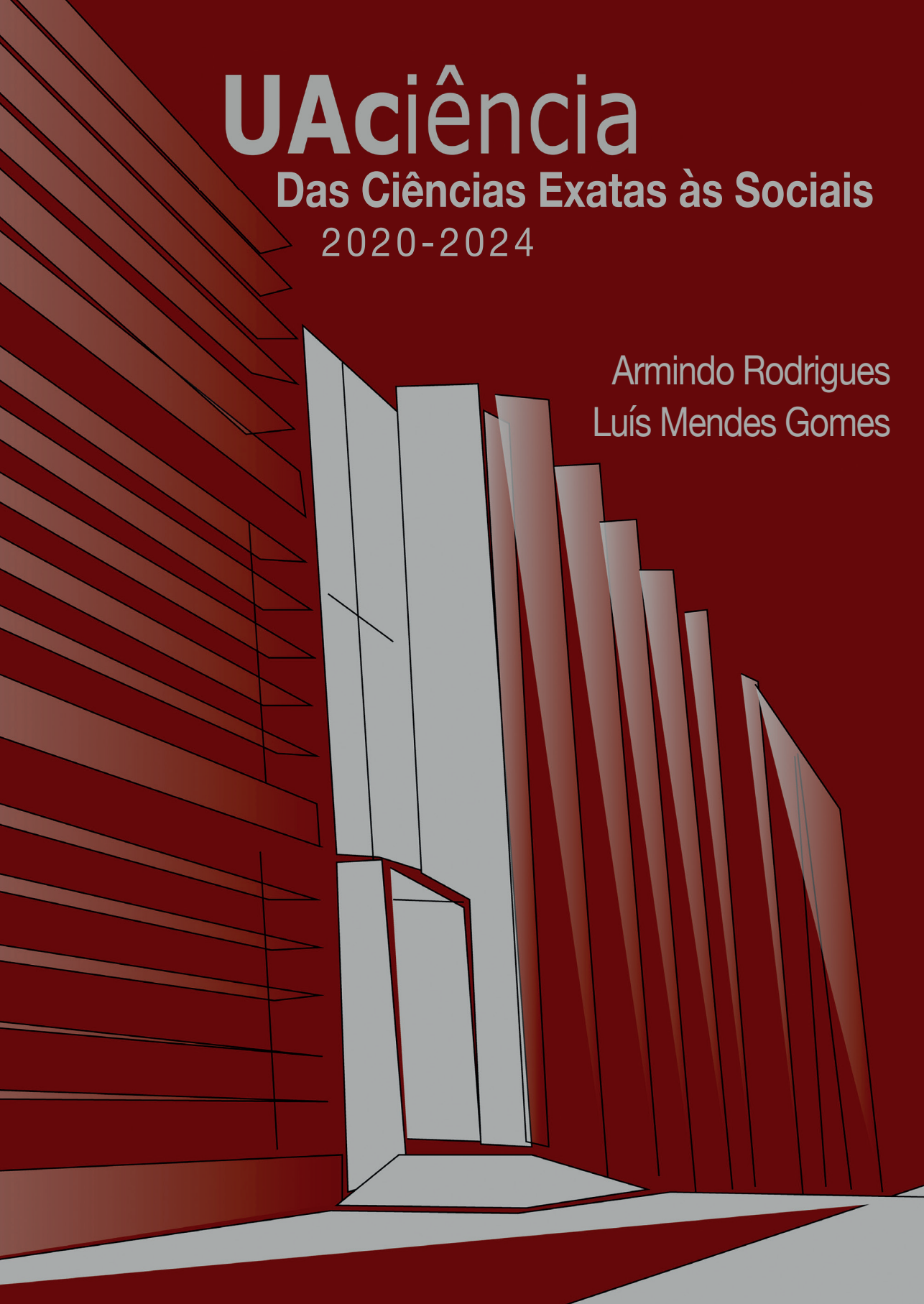


UAciência

Das Ciências Exatas às Sociais

2020-2024

Armindo Rodrigues
Luís Mendes Gomes



Há 15 anos, a Universidade dos Açores assumiu a missão de levar o conhecimento da academia para fora dos seus muros, através da iniciativa UAciência.

Mas nenhum projeto avança sozinho, e este tem tido, na figura do investigador Armindo Rodrigues, um rosto incansável.

À vontade da academia juntou-se a Açores Magazine, que percebeu o valor de dar voz à investigação feita na região.

Assim, tem vindo a construir-se uma ponte entre o conhecimento científico e o quotidiano, entre os laboratórios da Universidade dos Açores e os lares açorianos.

Hoje, essa ponte, feita de palavras, ideias e partilhas, é exemplo de como o conhecimento, quando bem contado, pode aproximar-nos uns dos outros, mas também de um futuro mais esclarecido e solidário.

Ana Carvalho Melo

Jornal Açoriano Oriental

UAciência

Das Ciências Exatas às Sociais

2020 – 2024

Editores

Armindo Rodrigues

Luís Mendes Gomes

Ficha Técnica

Edição

Armando Rodrigues

Luís Mendes Gomes

Copyright @ 2025

ISBN edição impressa: 978-989-8870-54-4

1.ª edição impressa: dezembro 2025

Impressão

Nova Gráfica – Artes Gráficas

Rua da Encarnação, 21 – Fajã de Baixo

9500-513 Ponta Delgada

Depósito Legal n.º 558198/25

Capa e ilustrações

Camila Cota

A 1.ª edição impressa deste livro foi financiada pela Direção Regional da Ciência, Inovação e Desenvolvimento, do Governo Regional dos Açores, no âmbito do programa PRO-SCIENTIA, Eixo 3 “Qualificar”, Ação 3.3 “Incentivar a produção, formação e divulgação científica especializada”, na medida de intervenção específica prevista na alínea c) do n.º 2 do artigo 25.º do Decreto Regulamentar Regional n.º 17/2012/A, de 4 de julho – Publicação de edições científicas.

O resumo de cada artigo, em inglês (Britânico), é da exclusiva responsabilidade dos editores. Este resumo foi gerado, a partir do texto original sem os autores nem o título e subtítulo, pelo Perplexity.ai Pro com o seguinte *prompt*:

Quero um resumo, em português europeu, com não mais do que 100 palavras, num estilo narrativo e acessível, com o propósito de divulgação junto de um público não especializado, do seguinte texto:

A tradução para o inglês (Britânico) do resumo obtido foi gerada pelo DeepL.

Introdução

A produção e circulação de conhecimento feita através de “Revistas científicas da especialidade”, necessariamente em inglês, é hoje a principal via para o reconhecimento e obtenção de autoridade e prestígio acadêmico.

Esta realidade de “*publish or perish*” impôs-se em todas as ciências e geografias, conduzindo ao desinvestimento em publicações em outros idiomas e, assim, eliminando canais de comunicação das instituições científicas com as sociedades em que se inserem.

O projeto **UAciência** surge em janeiro de 2012, numa parceria entre a Universidade dos Açores (UAc) e a revista *Açores Magazine*, com o principal encargo de abrir um espaço de comunicação permanente entre os cientistas e a sociedade.

Em catorze anos de existência já foram publicados no **UAciência** cerca de 300 artigos, incluindo trabalhos de todas as áreas científicas da UAc.

Entre 2014 e 2016 o **UAciência** teve também uma versão num programa radiofónico com a duração de 20 minutos, com periodicidade quinzenal, numa parceria com a rádio Açores TSF. Em cada programa um cientista, entrevistado por um jornalista e um colega residente, apresentava o seu percurso e o seu trabalho, bem como o seu impacto e a sua relação com o seu domínio científico e a sociedade.

O **UAciência** tem contribuído, à sua medida, para a abertura de canais de comunicação entre a academia e a sociedade. Este contributo foi reconhecido em 2015 pela Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica – Ciência Viva – com o *Prémio Ciência Viva Montepio Média*, que distingue um trabalho de mérito excepcional na divulgação da ciência e da tecnologia num órgão de comunicação social português.

Esta coletânea de textos, publicados entre 2020 e 2024, segue-se às duas publicações anteriores, que reuniram os artigos publicados entre 2012 e 2019, cujos objetivos se mantêm, nomeadamente: i) conferir caráter duradouro a publicações originalmente efémeras; ii) comunicar à sociedade, através das escolas e das bibliotecas, a ciência que se faz (e quem a faz) na UAc; e iii) contribuir para o incremento da literacia e cultura científicas da sociedade.

E, assim, damos a conhecer mais uma parte do projeto **UAciência**.

Até breve!

Armindo Rodrigues, Luís Mendes Gomes

Introduction

The production and dissemination of knowledge through scientific journals, necessarily in English, are today the primary means of gaining recognition and academic authority and prestige.

This "publish or perish" reality has prevailed across all sciences and geographies, leading to disinvestment in publications in other languages and, in turn, to the elimination of communication channels between scientific institutions and the societies in which they are embedded.

*The **UAciência** project emerged in January 2012, in a partnership between the University of the Azores (UAc) and the Açores Magazine, with the primary goal of establishing a permanent platform for communication between scientists and society.*

*In fourteen years, approximately 300 articles have already been published in **UAciência**, including works from all scientific areas of UAc.*

*Between 2014 and 2016, **UAciência** also aired a 20-minute radio version, broadcast fortnightly in partnership with Açores TSF. In each program, a scientist, interviewed by a journalist and a colleague, presented their career and work, as well as their impact and their relationship to their scientific field and society.*

*The **UAciência** has contributed, to some extent, to opening channels of communication between academia and society. This contribution was recognised in 2015 by the National Agency for Scientific and Technological Culture – Ciência Viva – with the Ciência Viva Montepio Media Award, which distinguishes work of exceptional merit in the dissemination of science and technology in Portuguese media.*

This collection of texts, published between 2020 and 2024, follows the two previous publications, which brought together articles published between 2012 and 2019, whose objectives remain, namely: i) to give lasting character to originally ephemeral publications; ii) to communicate to society, through schools and libraries, the science that is done (and who does it) at UAc; and iii) to contribute to increasing scientific literacy and culture in society.

*We present another component of the **UAciência** project.*

See you soon!

Armindo Rodrigues, Luís Mendes Gomes

Agradecimentos

Aos 144 autores de 116 artigos compilados neste volume, o nosso reconhecimento pelo interesse, disponibilidade e empenho em divulgar e promover a sua investigação tal como a fazem dia-a-dia na nossa Universidade, num valioso contributo para o conhecimento científico, nas áreas do Ambiente (26 artigos), Biologia (17 artigos), Biotecnologia e Saúde (26 artigos), Ciências Sociais (7 artigos), Geociências (10 artigos) e Matemática, Física e Química (30 artigos). Bem hajam!

Agradecemos à direção do jornal Açoriano Oriental – o jornal mais antigo de Portugal – a receptividade e o interesse que, em 2012, manifestou em receber uma iniciativa pioneira e inovadora nos Açores, para publicar artigos de divulgação científica, reescritos a partir de trabalhos académicos, muitos deles publicados em revistas e conferências científicas nacionais e internacionais.

Agradecemos os prestigiosos testemunhos deixados pela Reitora da Universidade dos Açores, Doutora Susana Mira Leal, pelo Presidente do Conselho Geral da Universidade dos Açores, Dr. Marco Lopes, pela Diretora Regional da Ciência, Inovação e Desenvolvimento do Governo Regional dos Açores, Doutora Rute Gregório, e pela jornalista do Açoriano Oriental, Dra. Ana Melo.

Agradecemos à Camila Cota a magnífica recriação fotográfica da fachada do Edifício do Complexo Científico da Universidade dos Açores e as sugestivas ilustrações que separam as 6 secções do livro.

E, por último, agradecemos à Direção Regional da Ciência, Inovação e Desenvolvimento do Governo Regional dos Açores o imprescindível apoio financeiro para imprimir em papel este livro, no âmbito do programa PRO-SCIENTIA, Eixo 3 “Qualificar”, Ação 3.3 “Incentivar a produção, formação e divulgação científica especializada”, na medida de intervenção específica prevista na alínea c) do n.º 2 do artigo 25.º do Decreto Regulamentar Regional n.º 17/2012/A, de 4 de julho – Publicação de edições científicas.

Índice

Introdução	V
<i>Introduction</i>	VII
Agradecimentos	IX
Índice de Autores	21
50 anos de Investigação Científica	25
Contributo da Reitora.....	27
Contributo do Presidente do Conselho Geral	29
Ambiente	31
Valorizar a paisagem	33
Ver o mar com outros olhos.....	33
Andrea Botelho	33
Os limites de fronteira e a fluidez do mar	37
Daniela Gabriel, Helena Calado	37
Líquenes.....	41
Sensores da qualidade do ar	41
Filipe Bernardo, Armindo Rodrigues	41
Monitorização semiautomática da orla costeira terrestre dos Açores com base em deteção remota por satélite	45
Artur Gil, Andrea Tassi.....	45
<i>The big five</i>	49
Espécies costeiras emblemáticas com estatuto de proteção	49
Paulo Torres.....	49
Um guia digital para a natureza	53
Promover a floresta dos Açores com aprendizagem baseada no lugar	53
Ana Picanço, Rosalina Gabriel, Ana Arroz, Isabel Amorim, Alexandra Silva, Duarte Sousa, Sónia Matos.....	53
O guano como alicerce do Império Inca e da conservação da natureza	57
Pedro Rodrigues	57
Que não nos falte o ar (de qualidade)	61
Filipe Bernardo, Patrícia Garcia, Armindo Rodrigues.....	61
O solo é fonte de vida!	65
Diana Linhares, Armindo Rodrigues.....	65

É possível preservar a qualidade da água na origem?	69
Vera Raposo, Sílvia Quadros, Rodrigo Sousa.....	69
Registo da última captura de um tubarão-branco nos Açores	73
Ponta Garça 10 de fevereiro de 1990.....	73
João Brum.....	73
Desenvolvimento de um curso de pós-graduação em ecoturismo e guias de natureza	77
O projeto NATOUR	77
Maria A. Ventura, Andrea Botelho, Luís Silva.....	77
Alterações climáticas.....	81
O futuro que precisamos: não impossível, mas difícil	81
Maria G. Meirelles	81
Mudança climática e impacte nas energias renováveis nos Açores	85
Visões estratégicas para a sustentabilidade	85
Fernanda Carvalho, Diamantino Henriques, Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos, João Porteiro, Patrícia Navarro	85
Divertir-se a aprender	89
Abordagem interativa na divulgação e educação científica	89
Daniela Gabriel, Ana I. Ferreira, Helena Calado.....	89
História e evolução do mergulho científico.....	93
Parte I.....	93
Paulo Torres	93
História e evolução do mergulho científico.....	97
Parte II.....	97
Paulo Torres	97
Investigadores da UAc e do ISA publicam dois artigos sobre as implicações das alterações climáticas na distribuição e conservação das árvores endémicas e nativas de Cabo Verde ..	101
Danilson Varela, Maria Romeiras, Luís Silva.....	101
Efeitos da acidificação oceânica	105
Um laboratório natural nos Açores	105
João Faria	105
Microplásticos.....	109
Uma ameaça silenciosa.....	109
Luísa Amorim, Paulo Torres	109
Programa MoniCO.....	113
De olhos postos na ecologia costeira.....	113
Inês Gomes, Paulo Torres, Pedro Afonso.....	113

Conhecer para decidir.....	117
Inês Martins.....	117
Há futuro para o turismo nos Açores!	121
Francisco Carreiro	121
Zonas húmidas construídas.....	125
Soluções sustentáveis para o tratamento de águas residuais	125
Rafael Somandjinga	125
Harmonizando interesses.....	129
O uso de <i>trade-offs</i> para a sustentabilidade no ambiente marinho.....	129
Joyce Queiroz	129
Alterações climáticas ameaçam a saúde das lagoas dos Açores	133
Pedro M. Raposeiro, Vítor Gonçalves	133
Biologia	137
<i>Rock and roll</i> em ilhas oceânicas.....	139
Ana C. Rebelo.....	139
A “calçadeira de Walcott” e os peixes dos Açores.....	143
Uma história com 5 milhões de anos.....	143
Sérgio Ávila	143
A jazida do Eemiano da Baía de Nossa Senhora da Luz (Santiago, Cabo Verde).....	147
Carlos Melo.....	147
Bio-vigilância.....	151
A deteção de espécies recém-chegadas utilizando ferramentas moleculares	151
Manuela Parente	151
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	155
A alga “silenciosa” chega aos Açores	155
João Faria	155
Traça-do-buxo, uma praga invasora	159
Vasco Garcia.....	159
Diversidade taxonómica e estrutural.....	163
Acumulação de carbono num gradiente de florestas nos Açores	163
Lurdes B. Silva, Luís Silva, Rui B. Elias	163
Cagarras.....	167
<i>Party animals</i> ou gatas borralheiras?	167
Miriam Cuesta, Kirstin Jones, Verónica Neves,	167

Uma abordagem holística à conservação de duas espécies endémicas costeiras, <i>Azorina vidalii</i> e <i>Lotus azoricus</i>	171
Rúben Rego, Luís Silva, Maria Olangua-Corral, Mónica Moura.....	171
O que nos dizem os fósseis?.....	175
Expansão de espécies de moluscos marinhos durante o último estágio interglacial	175
Carlos Melo, Sérgio Ávila.....	175
Caracterização global da flora introduzida nos Açores.....	179
Lurdes B. Silva, Luís Silva, Mónica Moura	179
Macaronésia como unidade biogeográfica marinha	183
Será?.....	183
Carlos Melo, Sérgio Ávila.....	183
O impacto da alteração da estrutura do habitat na complexidade das cadeias alimentares dos artrópodes nas florestas açorianas	187
Sébastien Lhoumeau	187
Apicultura em ambiente insular	191
Aliar a produção com a conservação da natureza	191
Leila Morgado, Mário Boeiro.....	191
Flora invasora dos Açores	195
O caso da Gigante (<i>Gunnera tinctoria</i> (Molina) Mir.) na ilha de São Miguel	195
Lurdes B. Silva, Luís Silva, Carlos Melo, Amber Corten, João Quental.....	195
A prevenção como método de conservação.....	199
O caso da <i>Youngia japonica</i> (crepe-do-japão) na ilha de São Miguel.....	199
Guilherme Roxo, Luís Silva, Lurdes B. Silva, Rúben Rego, Roberto Resendes, Mónica Moura ...	199
A descrição da flora açoriana pelo olhar de Gaspar Frutuoso	203
A flora Açoriana original.....	203
Guilherme Roxo, Mónica Moura	203
Biotecnologia e Saúde	207
Riscos naturais e desastres nos Açores.....	209
Contributos da psicologia social	209
Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego.....	209
Potencial impacto do chá <i>Camellia sinensis</i> na atenuação dos efeitos negativos do Covid ...	213
José Baptista, Lisete Paiva	213
A gigante invasora e a sua inesperada dádiva antioxidante	217
Wilson R. Tavares	217
Produtos naturais como medicamentos de sucesso	221
Ana M. Seca	221

H ₂ S – Sulfeto de Hidrogénio	225
“Aquele” cheiro a ovos podres	225
Armindo Rodrigues, Diana Linhares, Patrícia Garcia	225
Proteja-se da radiação UV e mantenha-se jovem	229
Gonçalo Rosa	229
Algas, microbioma e saúde.....	233
Maria C. Barreto	233
Os efeitos benéficos do chá de <i>Camellia sinensis</i> (L.) na saúde humana	237
Lisete Paiva, Elisabete Lima, Madalena Motta, José Baptista	237
A importância das associações de doentes na investigação científica.....	241
Maíalda Raposo, Manuela Lima.....	241
Toxinas de cianobactérias	245
Prevenir antes de remediar	245
Rita Cordeiro	245
Moléculas de origem marinha.....	249
Interesse real ou académico?	249
Ana M. Seca	249
Diversidade de microrganismos no solo e controlo do escaravelho japonês	253
Nelson Simões	253
<i>Cryptomeria Japonica</i>	257
Inovar para (re)criar valor	257
Filipe Arruda, Ana Lima, Alexandre Pavão, José Baptista, José S. Rosa, Elisabete Lima	257
Doenças raras	261
Conhecer para ajudar.....	261
Patrícia Aranha, Manuela Lima	261
MACBIOPEST	265
Biopesticidas botânicos da Macaronésia: investigação e saber popular.....	265
Wilson R. Tavares.....	265
Exposição crónica a mercúrio vulcânico e efeitos na saúde.....	269
Armindo Rodrigues, Patrícia Garcia.....	269
Coleções de culturas, toxinas e genómica	273
À descoberta de novas cianobactérias tóxicas	273
Rita Cordeiro, Rúben Luz, Vítor Gonçalves, Amélia Fonseca	273
Investigar para combater	277
O caso da lapinha do ananás	277
Vera Raposo, António O. Soares	277

BACA	281
Um arquivo vivo para a conservação da biodiversidade microbiana dos Açores.....	281
Rúben Luz, Rita Cordeiro, Amélia Fonseca, Vítor Gonçalves	281
“ON” ou “OFF”?.....	285
A Importância da metilação do DNA nas doenças neurodegenerativas	285
Manuela Lima, Ana R. Melo, Luís Teves, Mafalda Raposo	285
Para além da falta de iodo.....	289
O papel do ambiente no hipotiroidismo	289
Nádia Coelho, Patrícia Garcia, Armindo Rodrigues.....	289
Leptospirose	293
O inimigo invisível	293
Ricardo Camarinho, Armindo Rodrigues	293
Resíduos de leite como fonte promissora e sustentável de matérias-primas para o tratamento de feridas diabéticas.....	297
Rogério Medeiros.....	297
Conteira	301
Transformando rizomas em cabedal sustentável.	301
Telmo Eleutério	301
Aplicação de ingredientes endógenos dos Açores na cosmética.....	305
Mariana Viveiros	305
À procura de valor acrescentado	309
Na extração é que está o ganho.....	309
Maria C. Barreto.....	309
Ciências Sociais.....	313
UAc lidera equipa de estudo sobre a pobreza em Portugal.....	315
Fernando Diogo	315
Inteligência artificial, crime e justiça no séc. XXI	319
Luis M. Gomes, Pedro M. Freitas	319
InUAc	323
Uma incubadora de empreendedorismo e transferência de conhecimento nos Açores	323
Deborah Estima, Carlota Dâmaso, Henrique Carreiro.....	323
Maria: Ajuda-me, que não percebo patavina desta matéria.....	327
Manuel: Tens cá uma lata!.....	327
Ana T. Alves.....	327

Noite Europeia dos Investigadores	331
Susana Cabral, Rita F. Patarra, Vera Gouveia, André Ruela, Filipa Silveira, Paulo Amaral, João F. Santos, Carolina Costa, João P. Constância	
	331
ChatGPT passa no exame de acesso à Ordem dos Advogados no Brasil? E em Portugal?..	335
Luís M. Gomes, Pedro M. Freitas, Nídia Moreira	
	335
Dia nacional da visibilidade trans no Brasil.....	339
Avanços e armadilhas em duas décadas	
	339
Tatiana Clébicar	
	339
Geociências	343
O risco de movimentos de vertente na freguesia do Lajedo (ilha das Flores, Açores).....	
	345
Rui Silva, Rui Marques.....	
	345
Erupção.....	349
Avaliação do impacto de erupções vulcânicas explosivas na economia e no bem-estar social nos Açores	
	349
Rita Carmo.....	
	349
“Baixar, proteger, aguardar”	353
Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego	
	353
Proteção contra ferimentos e lesões por sismos.....	357
Medidas de mitigação não-estruturais	
	357
Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego	
	357
A tendência crescente da ocorrência de movimentos de vertente na ilha de São Miguel nas últimas décadas	
	361
Rui Silva	
	361
Monitorização multiparamétrica dos sistemas vulcânicos ativos dos Açores	365
Rita Silva	
	365
Probabilidade de uma futura erupção em sistemas vulcânicos com longos períodos de repouso	
	369
O caso de estudo da ilha de São Miguel	
	369
Simone Aguiar, Laura Sandri, Adriano Pimentel, José Pacheco.....	
	369
O estudo de inclusões fluidas como chave para a monitorização quase em tempo real da ascensão magmática durante uma erupção.....	
	373
Vittorio Zanon.....	
	373
A impressão digital do vulcanismo sobre a água da chuva.....	377
Letícia Ferreira, César Andrade	
	377
A instabilidade geomorfológica histórica na freguesia do Lajedo (ilha das Flores, Açores)....	
	381
Rui Silva	
	381

Matemática, Física e Química	385
Aplicada, pura, fundamental, discreta.....	387
Margarida Raposo, Ana P. Garrão	387
O deus romano que inspirou um nobel da Física e levou à invenção de novos materiais.....	391
As nanopartículas Janus.....	391
Helena C. Vasconcelos	391
A importância do som na nossa vida diária.....	395
Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos.....	395
Os primórdios da informática na agropecuária Açoriana	399
João Porto	399
O maravilhoso mundo dos metais.....	403
Ana M. Seca	403
Como a física e as tecnologias dos materiais se aplicam aos desafios da medicina nuclear .	407
Helena C. Vasconcelos, Luís F. Metello, Marina Sousa, Ana Roda, Miriam Capoulas, Francisco Ferreira, Lídia Cunha	407
Ciclones tropicais 2020	411
Hiperatividade no Atlântico.....	411
Maria G. Meirelles	411
Gigantes no Universo	415
Cláudio Gomes	415
Teoria Ergódica.....	419
Caos e a aplicação no estudo dos líquenes da espécie <i>Cladonia</i>	419
João Cabral	419
Isómeros	423
Compostos iguais com diferenças	423
Ana M. Seca	423
Uso de ontologias num repositório de OAs sobre o mar	427
Armando B. Mendes, José Cascalho, André Behr.....	427
O mundo das partículas.....	431
Cláudio Gomes, Nuno Sá.....	431
Como as nanopartículas nos defendem da COVID-19	435
Entregas da vacina de RNAm diretamente às células.....	435
Maria C. Barreto, Helena C. Vasconcelos.....	435
O misterioso desaparecimento de Ettore Majorana, o físico que estudava neutrinos, umas estranhas partículas geradas nas estrelas	439

Helena C. Vasconcelos	439
Solitões fantásticos e onde os encontrar	443
Cláudio Gomes	443
O que é o Pensamento Computacional?	447
Um contributo para entender uma nova competência básica	447
Luís M. Gomes	447
Semana Mundial do Espaço	451
Cláudio Gomes	451
O lado escuro do Universo	455
Dia da matéria escura	455
Cláudio Gomes	455
Materiais com segundas intenções?	459
Geração do segundo harmónico (2ω) e outros fenómenos óticos não-lineares	459
Helena C. Vasconcelos	459
Bertrand Russell e a sua requintada amplitude de interesses	463
Helena S. Melo, Maria C. Martins	463
Magnetars	467
João M. Ferreira, Cláudio Gomes, Nuno Sá.....	467
2022	471
100 anos da experiência de Stern-Gerlach (1922) e da quantização do <i>spin</i>	471
Helena C. Vasconcelos, Maria G. Meirelles.....	471
O impacto da COVID-19 nos setores do alojamento turístico e restauração em São Miguel . 475	
Maria L. Rocha, Maria F. Brilhante.....	475
Ubiratan D’Ambrósio	479
O professor fundador da Etnomatemática	479
Maria C. Martins, Helena S. Melo	479
Por entre calçadas dos Açores	483
À descoberta de simetrias	483
Ricardo Teixeira.....	483
Alojamento turístico nos Açores no booking.com	487
Estudo preliminar	487
Luís M. Gomes, Sérgio Moro.....	487
25 anos de <i>Copernicus</i>	491
Cláudio Gomes, Artur Gil.....	491

Magnetismo cósmico	495
Cláudio Gomes, Maria M. Lima	495
Projeções climáticas para os Açores.....	499
Avaliação de temperatura sob diferentes cenários socioeconómicos (SSP)	499
Diamantino Henriques, Fernanda Carvalho, Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos	499
Asterossismologia.....	503
As estrelas também tremem!.....	503
Cláudio Gomes	503

Índice de Autores

Afonso	Pedro	.....	113
Aguiar	Simone	.....	369
Alves	Ana T.	.....	327
Amaral	Paulo	.....	331
Amorim	Isabel	.....	53
Amorim	Luísa	.....	109
Andrade	César	.....	377
Aranha	Patrícia	.....	261
Arroz	Ana	.....	53
Arruda	Filipe	.....	257
Ávila	Sérgio	.....	143,175,183
Baptista	José	.....	213,237,257
Barreto	Maria C.	.....	233,309,435
Behr	André	.....	427
Bernado	Filipe	.....	41,61
Boeiro	Mário	.....	191
Botelho	Andrea	.....	33,77
Brilhante	Maria F.	.....	475
Brum	João	.....	73
Cabral	João	.....	419
Cabral	Susana	.....	331
Calado	Helena	.....	37,89
Camarinho	Ricardo	.....	293
Capoulas	Miriam	.....	407
Carmo	Rita	.....	349
Carreiro	Francisco	.....	121
Carreiro	Henrique	.....	323
Carvalho	Fernanda	.....	85,499
Cascalho	José	.....	427
Clevicar	Tatiana	.....	339
Coelho	Nádia	.....	289
Constância	João P.	.....	331
Cordeiro	Rita	.....	245,273,281
Corten	Amber	.....	195
Costa	Carolina	.....	331
Cuesta	Miriam	.....	167

Cunha	Lídia	.....	407
Dâmaso	Carlota	.....	323
Diogo	Fernando	.....	315
Eleutério	Telmo	.....	301
Elias	Rui B.	.....	163
Estima	Deborah	.....	323
Faria	João	.....	105,155
Ferreira	Ana I.	.....	89
Ferreira	Francisco	.....	407
Ferreira	João M.	.....	467
Ferreira	Letícia	.....	377
Fonseca	Amélia	.....	273,281
Freitas	Pedro M.	.....	319,335
Gabriel	Daniela	.....	37,89
Gabriel	Rosalina	.....	53
Garcia	Patrícia	.....	61,225,269,289
Garcia	Vasco	.....	159
Garrão	Ana P.	.....	387
Gil	Artur	.....	45,491
Gomes	Cláudio	.....	415,431,443,451,455,467,491,495,503
Gomes	Inês	.....	113
Gomes	Luís M.	.....	319,335,447,487
Gonçalves	Victor	.....	133,273,281
Gouveia	Vera	.....	331
Henriques	Diamantino	.....	85,499
Jones	Kirstin	.....	167
Lhoumeau	Sébastien	.....	187
Lima	Ana	.....	257
Lima	Elisabete	.....	237,257
Lima	Manuela	.....	241,261,285
Lima	Maria M.	.....	495
Linhares	Diana	.....	65,225
Luz	Rúben	.....	273,281
Marques	Rui	.....	345
Martins	Inês	.....	117
Martins	Maria C.	.....	463,479
Matos	Sónia	.....	53
Medeiros	Rogério	.....	297

Meirelles	Maria G.	.....	81,85,395,411,471,499
Melo	Ana R.	.....	285
Melo	Carlos	.....	147,175,183,195
Melo	Helena S.	.....	463,479
Mendes	Armando B.	.....	427
Metello	Luis F.	.....	407
Moreira	Nídia	.....	335
Morgado	Leila	.....	191
Moro	Sérgio	.....	487
Motta	Madalena	.....	237
Moura	Mónica	.....	171,179,199,203
Navarro	Patrícia	.....	85
Neves	Verónica	.....	167
Olangua-Corral	María	.....	171
Pacheco	José	.....	369
Paiva	Lisete	.....	213,237
Parente	Manuela	.....	151
Patarra	Rita F.	.....	331
Pavão	Alexandre	.....	257
Pereira	Sofia	.....	209,353,357
Picanço	Ana	.....	53
Pimentel	Adriano	.....	369
Porteiro	João	.....	85
Porto	João	.....	399
Quadros	Sílvia	.....	69
Queiroz	Joyce	.....	129
Quental	João	.....	195
Raposeiro	Pedro M.	.....	133
Raposo	Mafalda	.....	241,285
Raposo	Margarida	.....	387
Raposo	Vera	.....	69,277
Rebelo	Ana C.	.....	139
Rego	Isabel Estrela	.....	209,353,357
Rego	Rúben	.....	171,199
Resendes	Roberto	.....	199
Rocha	Maria L.	.....	475
Roda	Ana	.....	407
Rodrigues	Armindo	.....	41,61,65,225,269,289,293

Rodrigues	Pedro	.....	57
Romeiras	Maria	.....	101
Rosa	Gonçalo	.....	229
Rosa	José S.	.....	257
Roxo	Guilherme	.....	199,203
Ruela	André	.....	331
Sá	Nuno	.....	431,467
Sandri	Laura	.....	369
Santos	João F.	.....	331
Seca	Ana M.	.....	221,249,403,423
Silva	Alexandra	.....	53
Silva	Luís	.....	77,101,163,171,179,195,199
Silva	Lurdes B.	.....	163,179,195,199
Silva	Rita	.....	365
Silva	Rui	.....	345,361,381
Silveira	Filipa	.....	331
Simões	Nelson	.....	253
Soares	António O.	.....	277
Somandjinga	Rafael	.....	125
Sousa	Duarte	.....	53
Sousa	Marina	.....	407
Sousa	Rodrigo	.....	69
Tassi	Andrea	.....	45
Tavares	Wilson R.	.....	217,265
Teixeira	Ricardo C.	.....	483
Teves	Luís	.....	285
Torres	Paulo	.....	49,93,97,109,113
Varela	Danilson	.....	101
Vasconcelos	Helena C.	.....	85,391,395,407,435,439,459,471,499
Ventura	Maria A.	.....	77
Viveiros	Mariana	.....	305
Zanon	Vittorio	.....	373

50 anos de Investigação Científica

A **UAciência** é um espaço dedicado à divulgação da investigação científica que se faz na Universidade dos Açores (UAç), a nossa universidade. A porta que permite a entrada de cada cidadão nos nossos laboratórios e outros espaços de investigação, depende da sua curiosidade e da nossa capacidade de comunicação. Queremos que esta via de comunicação registre um tráfego cada vez mais intenso, correspondendo à vitalidade da produção científica da UAç e ao cada vez maior interesse da sociedade açoriana na ciência.

Há 14 anos, no dia 8 de janeiro de 2012, por ocasião do 36º aniversário da Universidade dos Açores, abria este espaço (**UAciência**) com o texto que abaixo transcrevo, por achar que mantém intacta a sua atualidade.

“A investigação científica vive hoje uma certa crise existencial: ou ser movida pela curiosidade do investigador ou pela necessidade urgente de contribuir activamente para a economia das regiões. Se num passado relativamente recente a interacção entre a investigação e a actividade económica e social era aparentemente residual, hoje assistimos a uma reinvenção das instituições de investigação e desenvolvimento, na ânsia de responder às questões de uma sociedade que funciona com novas regras no domínio da economia.

No entanto, não nos parece que esta alteração de paradigma deva ser levada ao extremo, com a redução para níveis diminutos da investigação fundamental, esta sim, movida essencialmente pela curiosidade do cientista. É desta actividade que surgem os resultados imprevisíveis, os Cisnes Negros, que permitiram à humanidade dar saltos sociológicos que marcaram para sempre a sua história. A este respeito, Nassim Nicholas Taleb, autor da obra “O Cisne Negro – O Impacto do Altamente Improvável”, defende que a estratégia na actividade de investigação científica deve depender menos do planeamento do topo para a base e concentrar-se ao máximo em tarefas aparentemente sem um objectivo preciso. É que no domínio das descobertas científicas existe uma recompensa desproporcionada do desconhecido, uma vez que haverá pouco a perder e muito a ganhar com um acontecimento raro, um Cisne Negro. Façamos um pequeno exercício para nos recordarmos de algumas das descobertas científicas mais relevantes do século XX, e que ainda hoje se reflectem no conforto do nosso dia-a-dia ... foram, com toda a certeza, muito mais movidas pela liberdade de pensamento dos seus autores do que pelas pressões económicas da época. Incompreendidos, de utilidade duvidosa, e tidos como excêntricos na sua época são hoje reconhecidos por nós como vultos que marcaram o percurso da humanidade.

Porém, as comunidades académicas e científicas não podem ser o objecto, em si mesmo, das políticas científicas das nações ou das regiões, mas são seguramente um dos seus instrumentos, que garante, facilita e colabora na prossecução dos seus grandes objectivos e, portanto, um pilar incontornável do desenvolvimento das sociedades.”

Em 50 anos de atividade, a UAc publicou mais de 5000 trabalhos de investigação em revistas nacionais e internacionais indexadas, maioritariamente nas áreas das Ciências da Vida e do Ambiente.

Cinquenta anos de atividade científica cujo objeto de estudo privilegiado foram os Açores, as suas gentes e a sua sociedade, as suas atividades económicas e culturais e o seu património natural. Um enorme esforço de internacionalização. Sabemos que os estudos desenvolvidos só serão ciência se tiverem qualidade para passarem nos filtros dos padrões internacionais, ombreando com o que de melhor se faz nas várias áreas do saber. O objetivo de qualquer cientista da UAc é publicar os seus estudos em jornais internacionais, competindo e estabelecendo parcerias num espaço científico à escala global. Nos anos mais recentes, e por força das políticas públicas, a investigação científica tem vindo a adquirir um carácter mais aplicado, procurando responder a desafios imediatos da sociedade, nomeadamente do setor económico-empresarial. No entanto, apesar desta pressão, os cientistas continuam a projetar as publicações dos seus trabalhos a nível internacional. Se em 2012, quando a rubrica **UAciência** deu à estampa o seu primeiro número, a UAc publicou cerca de 180 trabalhos em jornais internacionais indexados e com fator de impacto, em 2025 foram publicados cerca de 380 estudos. Uma evolução assinalável!

De realçar que, embora a UAc não seja das instituições com maior produção científica a nível nacional, é uma das que apresenta os melhores indicadores entre as instituições de Ensino Superior Público portuguesas, quer no número de colaborações internacionais, quer na proporção de publicações em revistas de maior prestígio internacional, segundo o indicador *Scientific Journal Rankings*. É esta produção científica, desenvolvida nos vários domínios de actuação da nossa universidade, da Biologia à Saúde, dos Mares aos Vulcões, da Matemática, da informática e da Física, da Agronomia à Biotecnologia, da Sociologia e da Economia, da História e da Literatura, que levamos à sociedade através deste espaço.

Continuaremos, quinzenalmente, a levar à sociedade os mais recentes avanços da ciência que se faz na Nossa Universidade, nos Açores, sobre os Açores, para os Açores e para o mundo.

Ponta Delgada, janeiro de 2026.

Contributo da Reitora

A ciência é um bem público. Ajuda-nos a compreender melhor o mundo que nos rodeia, a procurar respostas para os desafios do presente e a projetar soluções sustentáveis para o futuro. Na Universidade dos Açores (UAc), esta missão ganha uma dimensão particular: fazemos ciência a partir do Atlântico, com os pés firmes neste extraordinário laboratório natural que são as nossas ilhas, e o olhar aberto sobre o mundo.

No ano em que a UAc celebra meio século de produção e disseminação de conhecimento, ao serviço da ciência e do desenvolvimento da comunidade, temos o orgulho de apresentar o terceiro volume do **UAciência** — uma coleção de 116 textos publicados na Açores Magazine do Açoriano Oriental entre 2020 e 2024, que se somam aos 150 já compilados nos volumes anteriores, testemunhando o dinamismo e a diversidade da investigação produzida na nossa Universidade.

Aqui se cruzam saberes e experiências de múltiplas áreas, tornando acessível a todos o conhecimento que nasce nos nossos laboratórios, centros e grupos de investigação.

Desde 2012, o UAciência tem cumprido uma missão essencial: transformar a linguagem da ciência num discurso claro, rigoroso e próximo das pessoas. Essa ponte entre academia e sociedade foi reconhecida em 2015 com o Prémio Ciência Viva Montepio Media, distinção que enaltece a excelência da divulgação científica em Portugal.

Mas este livro é mais do que uma coletânea de textos — é um convite. Um convite a descobrir, a questionar, a inspirarmo-nos. Porque a ciência só cumpre plenamente o seu propósito quando chega a todos, quando desperta a curiosidade, alimenta o pensamento crítico e motiva a ação.

Celebramos, assim, todos os docentes e investigadores da UAc que, ao longo destas cinco décadas, contribuíram para o avanço do conhecimento científico em Portugal e no mundo.

Um agradecimento especial aos mais de cem autores que assinam as mais de duas centenas e meia de textos que integram os três volumes do **UAciência**, e a todos os que, com entusiasmo, dedicação e persistência, têm aproximado a ciência da comunidade através deste projeto.

Com o **UAciência**, a UAc reforça o compromisso com o conhecimento, a inovação e a partilha — pilares que sustentam uma universidade pública ao serviço das pessoas e do desenvolvimento sustentável.

Ponta Delgada, outubro de 2025

A Reitora da Universidade dos Açores

Susana Mira Leal

Contributo do Presidente do Conselho Geral

Esta nova publicação do Projecto **UAciência** não poderia ter surgido em melhor altura, coincidindo com celebração dos 50 anos da nossa Universidade.

Uma primeira nota para o reconhecimento deste prestigiante percurso. Num horizonte temporal reduzido, a academia Açoreana dotou os Açores de valiosos e qualificados recursos humanos, forneceu quadros especializados para o Governo Regional e para as empresas, fixou população local, captou recursos do exterior e enraizou o conhecimento científico na Região.

O impacto na Sociedade Açoriana é imensurável.

Hoje observamos um mundo sem fronteiras, mais desafiante e com a tónica no imediatismo, os Açores estão menos isolados e inseridos num mercado global. Surgem novas ameaças, mas também novas oportunidades.

Neste contexto, as empresas Açoreanas necessitam de apoio na sua modernização, na procura de algo que as diferencie, carecem de recursos humanos altamente qualificados, disponíveis localmente e, acima de tudo, acesso ao conhecimento.

A Universidade possui um conjunto alargado de conhecimento, mas mais importante, possui uma rede enorme de contactos e acesso a Universidades e novas fontes de competências a nível mundial. Apoiadas na Academia Açoreana, as empresas Regionais podem assim aceder a um leque alargado de conhecimento no palco científico internacional.

É fundamental promover este relacionamento produtivo.

E este tem sido o contributo do projecto **UAciência**, que ao longo de 13 anos oferece à Sociedade Açoriana todo um conjunto de artigos científicos, sobre os variados temas, envolvendo profissionais de elevado prestígio Internacional, esta oferta de conhecimento tem sido concretizada de forma simples, acessível, disponível para ser apreciado e absorvido.

São mais de 300 artigos e mais de uma centena de autores, nas áreas das Ciências Sociais às exactas, passando pelas ciências Naturais e do Ambiente, Biotecnologia e Saúde

O projecto **UAciência** reclamou para si a responsabilidade em assegurar o que vem plasmado no artigo 3º do Despacho Normativo nº 8/2022, de 1/06, que estabelece os Estatutos da nossa Universidade – “A Universidade tem por missão criar e difundir cultura, conhecimento e tecnologia (...)”

Um grande bem-haja.

Ponta Delgada, outubro de 2025

O Presidente do Conselho Geral da Universidade dos Açores

Marco Lopes



Ambiente

Valorizar a paisagem

Ver o mar com outros olhos

Andrea Botelho

26 de janeiro de 2020

The SCAPETOUR project invites us to rediscover the Azores through its coastal and marine landscapes. Combining science, tourism and sustainability, the initiative offers eco-friendly tours on islands such as São Miguel, Santa Maria, Pico and Flores, promoting activities such as diving, coasteering and canyoning. In addition to enhancing the geological and biological heritage, the project reinforces environmental education and a commitment to protecting marine life. Funded by regional and European funds, SCAPETOUR aims to inspire visitors to see the sea with new eyes and to experience Azorean nature in a conscious and responsible way.

O objetivo principal do projeto SCAPETOUR — Promoção das paisagens costeiras e marinhas para a diversificação de produtos turísticos é o de promover o turismo de natureza nos Açores, proporcionando informação com base científica em geo e biodiversidade, bem como avaliar e conceber percursos ecoturísticos para atividades como por exemplo coasteering, canyoning e mergulho. Pretende-se valorizar a paisagem costeira e marinha com base em vários critérios que combinam naturalidade, percepção dos turistas/operadores e importância da vida marinha (fauna e flora).

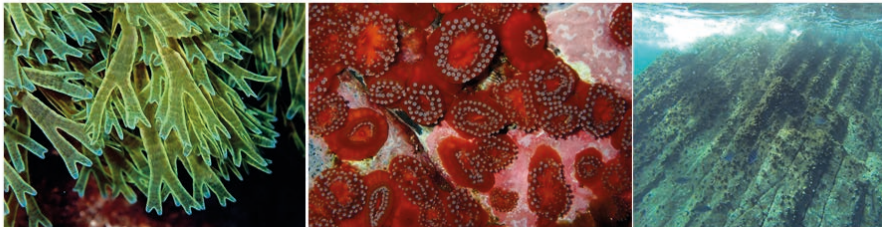
O Arquipélago dos Açores apresenta um elevado potencial para o turismo, devido às suas características diferenciadoras e à sua beleza natural, tendo sido recentemente distinguido com a atribuição do certificado de destino turístico sustentável, pelo *Global Sustainable Tourism Council*. O sector do turismo é considerado como uma prioridade estratégica para o desenvolvimento da economia regional. A oferta de produtos de turismo de natureza tem aumentado nos últimos anos, apresentando alguma diversificação em ambientes marinhos e costeiros. No entanto, faltam interações com as áreas do conhecimento que podem ser utilizadas no processo de inovação e diferenciação internacional da oferta turística nos Açores.



A criação de experiências singulares é de extrema importância para a definição de produtos de qualidade e é um dos objetivos do SCAPETOUR. O estudo contempla quatro das ilhas do Arquipélago dos Açores: a ilha de São Miguel, pela sua representatividade em termos de procura pelos turistas; a ilha de Santa Maria, como destino de mergulho e devido às suas particularidades para o turismo costeiro (e.g. coasteering - trilhos costeiros); a ilha do Pico, por apresentar formações geológicas ímpares e ainda pela sua oferta de ecoturismo; e a ilha das Flores, devido à sua natureza exuberante, bem como as suas características biológicas/geológicas únicas que promoveram a sua classificação como Reserva da Biosfera da UNESCO, e onde o canyoning tem um enorme potencial como atividade de turismo de natureza. No entanto, pretende-se ampliar a ação do projeto a todo o arquipélago, já que cada ilha apresenta uma riqueza única e especificidades únicas contribuindo para uma maior valorização dos Açores como destino turístico.

Com este projeto, estaremos a contribuir para alcançar a meta de sustentabilidade das Nações Unidas (Objetivo 14 - Proteger a Vida Marinha), bem como contribuir para aumentar a literacia dos oceanos através da transferência de conhecimento da academia

para a sociedade, de modo a fomentar uma oferta turística qualificada que permita usufruir do património geológico e biológico que diferencia os Açores de outros destinos insulares. O mergulho autónomo está entre as três atividades preferenciais dos turistas que visitam os Açores, mas outras atividades, tais como o coasteering / canyoning, ainda não tiram o devido proveito do património natural local. Para além da identificação dos locais mais visitados pelos turistas, estamos a reunir e a analisar dados sobre o valor de cada local, com base num conjunto alargado de critérios. Desta forma pretendemos valorizar não só o que é mais apreciado, mas também determinar estratégias para enaltecer o menos conhecido (e.g. algas e invertebrados, formações geológicas). Neste projeto, estamos a preparar material de apoio à divulgação das espécies existentes, incluindo espécies protegidas, endémicas e ainda as espécies não nativas e invasoras, para além de material informativo sobre as áreas protegidas, código de conduta e boas práticas do visitante (ex.



As atividades turísticas devem ser diferenciadas, informativas e educativas, criando experiências robustas e únicas, de forma a enriquecer a oferta turística disponível nos Açores. Procuramos desta forma incentivá-lo a experimentar a singularidade deste arquipélago, pela descoberta do seu mundo subaquático, paisagem costeira, biodiversidade e geodiversidade.

A equipa do projeto é constituída pelos investigadores Andrea Zita Botelho (PI), Ana Cristina Costa, Maria Ventura, Manuela Parente, João Carlos Nunes, Paulo Borges, Eva Lima e pelos colaboradores Paulo Torres, Cristina Seijo e Ander Larrea. SCAPETOURL — Promoção das paisagens costeiras e marinhas para a diversificação de produtos turísticos é financiado pelo FEDER em 85% e por fundos regionais em 15%, através do Programa Operacional Açores 2020, no âmbito do projeto ref. Acores-01-0145-FEDER000083.

Os limites de fronteira e a fluidez do mar

Daniela Gabriel, Helena Calado

5 de abril de 2020

The sea, with no visible boundaries, brings with it unexpected travellers: organisms that arrive in the Azores via invisible routes, such as floating rubbish or ship hulls. These species can disrupt the natural balance, affect the economy and threaten local biodiversity. To address these risks, the CRYPTO project investigates the origin and impact of invasive algae through technologies such as ocean modelling and DNA. The initiative reinforces the importance of understanding and protecting an open and vulnerable ecosystem, where each wave can bring both new life and ecological challenges.

Imaginemos por um instante um agente de fronteira ou funcionário consular responsável pela emissão de vistos. À sua frente encontra-se um indivíduo de procedência conhecida que apresenta um formulário onde respondeu a perguntas quanto ao risco que oferece para o país em que deseja entrar. Ao agente cabe examinar as informações que recebe e avaliar os potenciais perigos representados pelo viajante. Para decidir a sua entrada (ou não), o agente tem como guia um quadro legal baseado em factos passados e potenciais cenários futuros.

Imaginemos os tipos de perguntas que podem ser consideradas pelo funcionário. Por que outros lugares passou o viajante? Serão legítimas as informações disponíveis? O quão completa é a avaliação dos riscos previstos pela lei? O comportamento deste será semelhante ao de outros viajantes? O que poderá mudar na situação do país ou do viajante que venha a torná-lo perigoso?

Agora imaginemos que o viajante em questão não é uma pessoa e sim um organismo marinho. Num primeiro cenário, falemos de organismos que chegam a um novo território

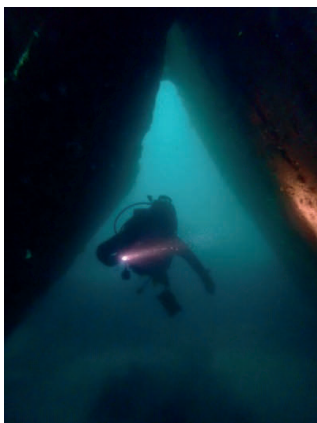


Figura 1- Mergulho no naufrágio Dori, em São Miguel. Foto de Ricardo Araújo.

passando por um controlo fronteiriço, como animais ou plantas para aquariofilia, por exemplo. Será necessário reunir informação científica quanto à sua real origem, assim como do seu potencial comportamento em caso de eventual fuga para o ambiente natural. Esta informação deverá ser utilizada para a regulamentação da legalidade da sua entrada com base no perigo que oferece. Também deverá ser informado ao comprador os devidos cuidados a ter para evitar tal fuga e meios de sanção caso ocorra. Simples, quando existe tal conhecimento e uma legislação adequada.

Passemos agora a um segundo cenário: os organismos que chegam a um novo território sem passar por qualquer controlo. Talvez agarrados ao lixo marinho, ou presos ao casco de um veleiro, talvez na água de lastro de um grande navio. O primeiro desafio que se impõe é detetar a sua chegada, assim como limitar a sua deslocação no mar onde se encontra. Em seguida há que se averiguar a sua origem e potenciais riscos que oferece. Finalmente decidir que medida tomar: permitir que fique ou erradicá-lo antes que ocorram grandes estragos.

Considerando a fluidez do mar e a sua falta de barreiras, este segundo cenário impõe muitos mais riscos que o primeiro, tanto pela dificuldade de deteção e controlo, quanto pela falta de conhecimento que se tem do comportamento das espécies em ambientes diferentes daqueles de onde são originárias.

Mas de que tipos de potenciais riscos estamos a falar? Diminuição da biodiversidade nativa por competição com espécies locais, interferência nas cadeias alimentares com consequências nos stocks de peixes, destruição de infraestruturas por organismos incrustantes, degradação da qualidade da água, poluição de zonas balneárias, dentre

tantas outras possibilidades. Portanto, não estamos a falar apenas de custos biológicos, mas também económicos. Por esses motivos, a avaliação do risco de espécies não nativas é uma das prioridades de várias instituições a nível mundial, europeu, nacional e regional.

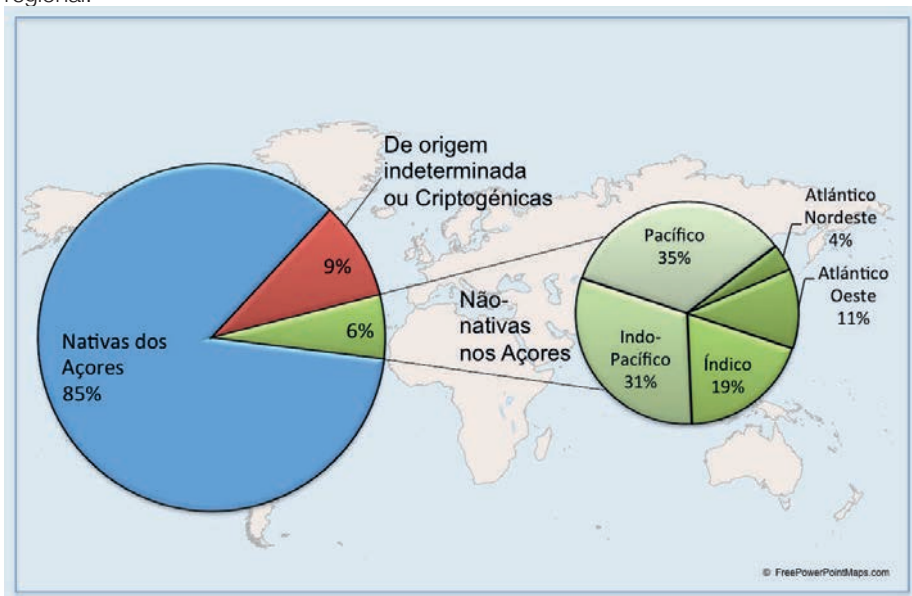


Figura 2 - Diferentes origens das macroalgas marinhas dos Açores, com base nos dados publicados por Joana Micael e colegas em 2014.

Assim como um agente de fronteira não conhece todos os viajantes que por ele passam, também não existe conhecimento sobre todas as espécies marinhas que chegam aos Açores. Tal como nem todos os centímetros de fronteira podem ser controlados, não é possível monitorizar toda a costa açoriana. No entanto, é preciso criar meios para auxiliar os decisores públicos a detetar, controlar e erradicar os riscos a que as nossas águas podem estar sujeitas. Neste sentido, o Projeto CRYPTO - (ACORES-01-0145-FEDER-000091), que se iniciou a 1 de maio de 2019, e que terá a duração de 3 anos, pretende determinar a origem, distribuição e risco de algas potencialmente invasoras, com base na aplicação de técnicas avançadas como códigos de barra de ADN e modelação oceanográfica, visando a proteção do ambiente e a conservação do singular ecossistema açoriano.

Líquenes

Sensores da qualidade do ar

Filipe Bernardo, Armindo Rodrigues

19 de abril de 2020

Breathing clean air is a global challenge. Even the Azores, with its good air quality, feels the effects of pollutants brought by winds and human activities. Lichens — organisms formed by the union of fungi and algae — act as natural sensors, absorbing particles from the environment and reflecting their composition. Filipe Bernardo's PhD project uses these 'bioindicators' to assess pollution and environmental risks in the Azores, resulting from both human activity and volcanism. This research provides essential knowledge to protect health, the environment and ensure air quality for the future.

Em 2011, à margem de uma conferência sobre *poluição do ar e saúde* proferida pelo Professor Carlos Borrego no âmbito da abertura solene do mestrado em Biomedicina da Universidade dos Açores, dizia ele que “nunca faltará ar, o que vai faltar é ar de qualidade”. Em 2018, o jornal Público noticiava que “Mais de 95% da população mundial respira ar poluído”. Ou seja, apenas 5% tem acesso contínuo a ar de qualidade, com níveis de poluentes abaixo dos limites indicados pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

A OMS estima que, anualmente, a nível mundial, 1 em cada 8 mortes é atribuível à poluição do ar ambiente, constituindo um sério risco ambiental para a saúde pública. Verifica-se um aumento de diversas patologias respiratórias causadas ou agravadas pela exposição crónica à poluição do ar, incluindo a asma, enfisema pulmonar e bronquite crónica, além de um risco acrescido de desenvolver cancro, doenças cardiovasculares e distúrbios do sistema imunitário. A exposição durante a gravidez acarreta maiores taxas de deformações congénitas, abortos espontâneos e mortalidade infantil.

Este facto é ainda mais preocupante se notarmos que a poluição atmosférica não respeita fronteiras. Apesar de as principais fontes de poluição estarem localizadas nas grandes cidades, as regiões remotas, como os Açores, não estão livres dos poluentes atmosféricos. Exemplo disso é a interrupção do tráfego aéreo na Europa, em 2010, devido às cinzas do vulcão islandês Eyjafjallajökull, ou a chegada aos Açores de nuvens de poeira do deserto do Saara.

O relatório da qualidade do ar dos Açores, publicado anualmente pela Direção Regional do Ambiente, reporta que o arquipélago apresenta boa qualidade do ar. Contudo, o Decreto Legislativo Regional nº32/2012/A, de 13 de julho, já antevê a necessidade de encontrar soluções para salvaguardar a qualidade do ar face aos efeitos das alterações climáticas e das atividades socioeconómicas na região, como a intensificação do turismo e tráfego associado, atividades industriais e de produção de energia, exploração agropecuária e gestão de resíduos.

Torna-se por isso prioritário desenvolver programas de monitorização e de biomonitorização da qualidade do ar com significado para a realidade regional. Garantir não só uma boa rede de estações de monitorização, de acordo com a legislação em vigor, como também associar-lhe uma estratégia de biomonitorização que traduza, em termos biológicos, o grau de exposição e os efeitos sobre organismos, ecossistemas e população locais.

O grupo de organismos mais utilizado na biomonitorização da qualidade do ar é o dos líquenes (Figura 1). São formados pela associação (simbiose) entre um fungo e uma alga ou cianobactéria, com benefício para ambos. Desenvolvem-se sobre vários suportes (árvores, rochas, etc.) mas não têm raízes, nutrindo-se sobretudo dos gases e partículas que circulam no ar. Ao absorver de forma passiva estes ingredientes, como «esponjas do ar», os líquenes refletem fielmente a composição da atmosfera circundante, tornando-se bioindicadores da poluição do ar.



Figura 1 - Diversidade de formas e cores dos líquenes

Os líquenes exibem uma vasta diversidade de formas e cores (Figura 1), desde formas crustosas, firmemente aderentes ao suporte, até formas foliosas, como folhas, e fruticulosas, como arbustos. Porque tendem a ser vulneráveis à poluição do ar, a diversidade de líquenes geralmente diminui em áreas mais poluídas. Árvores revestidas de uma cobertura líquênica exuberante (Figura 2A) são características de sítios mais limpos. Já nas cidades ou zonas de agropecuária intensiva (Figura 2B), muitas espécies mais sensíveis não sobrevivem, limitando a diversidade às espécies mais tolerantes.

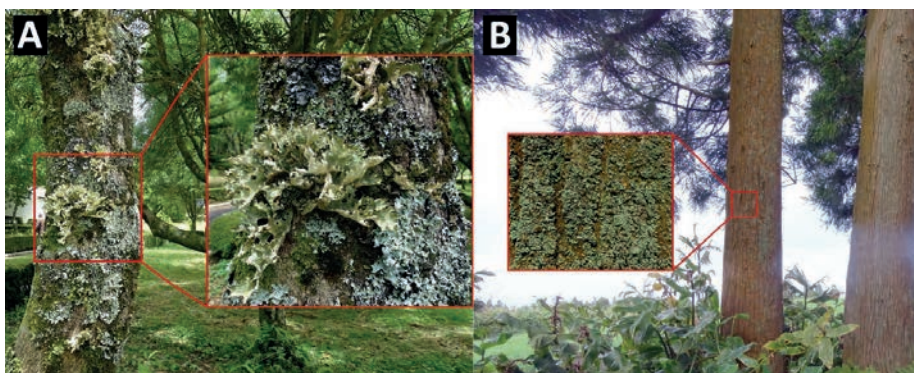


Figura 2 - Habitats com níveis distintos de diversidade líquênica

Por serem dos organismos mais diretamente perturbados pela poluição atmosférica, os líquenes servem de sensores de qualidade do ar, estudando-se a sua diversidade, composição química e os efeitos biológicos que expressam. É neste enquadramento que, desde 2016, se desenvolve o projeto de doutoramento em Biologia da UAc do estudante Filipe Bernardo, pertencente ao Grupo da Biodiversidade dos Açores, em parceria com o cE3c e o IVAR. Este projeto, financiado pelo Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia e programa AÇORES 2020 do Governo dos Açores (bolsa M3.1.a/F/088/2015), pretende utilizar os líquenes como ferramentas de biomonitorização da poluição do ar para compreender qual o risco ambiental das emissões resultantes de atividades antropogénicas e vulcanismo que ocorrem na região, fornecendo bases científicas para o desenvolvimento de políticas públicas destinadas ao acompanhamento, controlo e redução da poluição do ar.

Monitorização semiautomática da orla costeira terrestre dos Açores com base em deteção remota por satélite

Artur Gil, Andrea Tassi

14 de junho de 2020

In the Azores, where land is scarce, monitoring the coastline is essential to ensure sustainable development. Using satellite images from the European Copernicus programme, researchers Artur Gil and Andrea Tassi have created a Python tool capable of detecting changes in land use, such as agricultural changes or urban expansion. Tested on Terceira Island, it revealed that 7% of the coastal area had changed in less than two years. This free, low-cost solution strengthens the ability to protect the Azores from human pressures and the forces of nature.

O solo é um recurso escasso e não renovável em qualquer território, mas este constrangimento ganha muito maior relevância em pequenas ilhas como as do Arquipélago dos Açores, nas quais é fundamental gerir e conservar este recurso insubstituível, de modo a assegurar maior autossuficiência alimentar e maior resiliência às alterações climáticas e catástrofes naturais, possibilitando assim um desenvolvimento cada vez mais sustentável. A orla costeira é usualmente a zona de cada ilha sujeita a maiores pressões, quer as ditas “naturais” (erosão da orla costeira, movimentos de vertente, proliferação de espécies de plantas exóticas invasoras, etc.), quer as decorrentes diretamente da presença e atividade humana (núcleos urbanos, áreas de agricultura mais intensiva e desenvolvimento de infraestruturas turísticas, industriais, portuárias e recreativas, etc.), causando uma degradação acelerada da ocupação e uso do solo costeiros (recoo da orla costeira, perda de solo com capacidade agroflorestal, diminuição da biodiversidade, poluição costeira, etc.).

Devido à sua abrangência geográfica (cobrindo de modo periódico e homogéneo uma larga área em simultâneo, incluindo as zonas de mais difícil acesso por via terrestre/marítima), e ao carácter puramente físico dos dados georreferenciados obtidos, a deteção remota por satélite constitui uma solução eficiente, fiável e com boa relação custo-benefício para a monitorização das áreas costeiras, nomeadamente através do uso de dados obtidos pelas missões Sentinel-1 (dados radar de alta resolução) e Sentinel-2 (dados multiespectrais de alta resolução) gratuitamente disponibilizados pelo Programa Copernicus.

Neste estudo publicado em 2020 numa edição especial da revista científica *Journal of Coastal Research*, foi desenvolvida em ambiente *Python* uma ferramenta que visa a deteção e cartografia semiautomáticas de alterações na orla costeira das ilhas do Arquipélago dos Açores (Ilha Terceira neste caso de estudo específico), através do processamento e análise comparativa de imagens grátis multiespectrais de alta resolução Sentinel-2 (datadas de março de 2017 e dezembro de 2018, respetivamente, no estudo apresentado). O procedimento metodológico desenvolvido nesta ferramenta, aplicado a toda a orla costeira de determinado território insular, baseia-se numa primeira fase na produção do mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) associado a cada data/imagem. O NDVI é um indicador do grau de vigor vegetativo (*greenness*), ou seja, indicador da presença/ausência e respetivo estado da vegetação existente na área

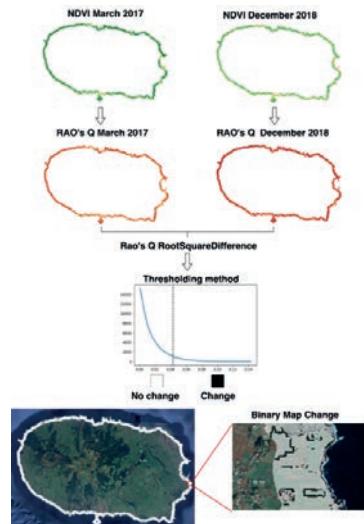


Figura 1 - Procedimento metodológico associado à ferramenta semiautomática de deteção de alterações na orla costeira terrestre, usando como caso de estudo imagens Sentinel-2 de março 2017 e dezembro de 2018 da Ilha Terceira

estudada. O mapa de NDVI é também o principal *input* usado numa segunda fase para a produção do mapa do índice *Rao's Q* para cada data/imagem. Este índice visa calcular a diversidade espectral numa determinada imagem digital. A comparação de ambos os mapas temporais de *Rao's Q* (neste caso março de 2017 e dezembro de 2018, respetivamente), na terceira e última fase, permite a deteção e posterior mapeamento semiautomáticos de áreas com alterações



Figura 2 - Exemplo de troço da orla costeira na Ilha Terceira (fotografia cedida por Paulo A.V. Borges)

espectrais (e consequentemente de uso/ocupação de solo) relevantes ocorridas na área de estudo durante o intervalo de tempo considerado, de acordo com os dados de satélite disponíveis e as necessidades e objetivos da observação (21 meses, neste estudo).

Para o caso de estudo apresentado (Ilha Terceira), foi assumido que a orla costeira terrestre (área analisada) vai da linha de costa oficial até 500 metros na direção do interior da ilha, correspondendo a uma superfície total de cerca de 4290 hectares. De acordo com o estudo efetuado, entre março de 2017 e dezembro de 2018, 7% dessa área (cerca de 300 hectares) sofreu alterações na ocupação do solo. As zonas agrícolas, com 4,1% (cerca de 176 hectares) constituem a tipologia de uso do solo com maiores alterações, provavelmente decorrentes em grande parte de práticas agrícolas (mudança/rotação de culturas, mobilização do solo, etc.). Seguem-se por ordem decrescente das alterações detetadas as zonas urbanas (2,1% correspondendo a cerca de 92 hectares), as áreas de solo nu/rochoso (0,6% correspondendo a cerca de 26 hectares) e as áreas invadidas por espécies exóticas lenhosas (com cerca de 4 hectares).

Esta ferramenta baseada em tecnologia *open source* e em dados de satélite grátis permite assim uma monitorização fiável, periódica, detalhada e de baixo custo da orla costeira terrestre de qualquer ilha, constituindo um poderoso instrumento de apoio ao planeamento, gestão operacional e fiscalização dessa importante e extremamente vulnerável parte do território insular.

The big five

Espécies costeiras emblemáticas com estatuto de proteção

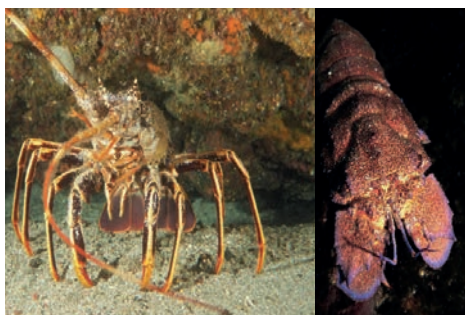
Paulo Torres

12 de julho de 2020

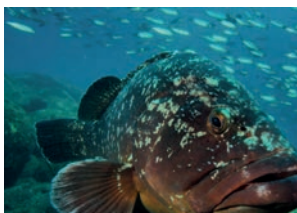
The Azores are a true haven for marine life, but five emblematic species — spiny lobster, slipper lobster, barred hogfish, dusky grouper and island grouper — face threats due to overfishing. They all share slow growth and long life, which makes them vulnerable. Protected by international laws and conventions, these animals have specific rules for capture in the Azores. In addition to their ecological and economic value, they are symbols of the Azores' coastal biodiversity, essential for the balance of the ecosystem and for activities such as diving, which value the observation and preservation of the archipelago's natural wealth.

Os Açores são conhecidos por possuírem condições ideais para observação de espécies marinhas junto à costa. A sua localização no Atlântico Norte, entre as correntes ricas em nutrientes vindas do Norte e as águas quentes da corrente do Golfo, reflete-se num autêntico santuário para muitas espécies, refletindo uma riqueza e biodiversidade marinhas únicas. Porém, algumas dessas espécies são também alvo da pesca comercial e/ou recreativa, uma potencial ameaça, particularmente, para espécies com elevado estatuto de conservação como o peixe-cão, badejo, mero, cavaco e lagosta. Essas cinco espécies vulneráveis apresentam desafios diferentes de sustentabilidade, considerando as suas características biológicas, valor socioeconómico e acesso.

Lagosta e cavaco (Fig. 1) ocupam cavidades de substratos rochosos até aos 200 e 100 m, respetivamente, no Atlântico Nordeste e Mediterrâneo. Possuem ciclos de vida complexos, com uma longa fase larval oceânica e vários estágios de crescimento. São omnívoros, embora o cavaco tenha preferência por lapas, e mais ativos durante a noite. Ambos efetuam migrações sazonais associadas à temperatura e movimentos verticais associados a padrões de alimentação/atividade. A lagosta migra para zonas mais profundas após a reprodução no final do outono, enquanto o cavaco forma agregações em recifes de baixa profundidade durante a estação de desova, no verão, e começa a migrar para águas mais profundas em outubro, retornando para zonas mais rasas em maio.



O peixe-cão e o badejo (Fig. 2) são duas espécies endémicas dos arquipélagos da Macaronésia, onde habitam no substrato rochoso junto à costa das ilhas e em montes submarinos offshore até 200 m, embora geralmente ocorram entre 10-60 m de profundidade. O emblemático, e bem conhecido, mero (Fig. 2) apresenta uma distribuição mais cosmopolita e pode ocorrer até aos 300 m, geralmente até aos 50 m. Estes três predadores são hermafroditas protoginicos; nascem como fêmeas e, posteriormente, passam a machos. O peixe-cão possui dimorfismo sexual associado à coloração e vive num sistema de harém (um macho com várias fêmeas), enquanto o badejo e o mero formam agregações de desova no verão.



Estas cinco espécies têm um crescimento lento, uma vida longa e maturação tardia, principalmente os peixes, o que os torna particularmente suscetíveis à exploração. A lagosta pode atingir 20 anos, o badejo apresenta o crescimento mais lento, vivendo até 40 anos, enquanto o mero pode atingir os 150 cm (60 anos) e cerca de 60 kg.

A lagosta é um dos recursos mais explorados e valiosos globalmente. A exploração de lagosta no Mediterrâneo e no Atlântico Nordeste, teve um impacto significativo nas suas populações. Atualmente, apenas a Lagosta está listada, globalmente, como “Vulnerável” pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN). Porém, ambos estão atualmente protegidos pelas Convenções de Berna e Barcelona, e o cavaco está listado no Anexo V da Diretiva Habitats da UE (92/43/CEE). Devido ao seu elevado valor, a pesca ilegal constitui um sério problema. Nos Açores, ambas as espécies são capturadas por armadilhas e têm um tamanho mínimo legal de captura (9.5 e 7.7. cm do comprimento da carapaça para lagosta e cavaco, respetivamente) e um período de defeso (out-mar para lagosta e jun-ago para cavaco). Em relação à pesca recreativa, apenas é permitida a captura de dois exemplares por dia, excluindo fêmeas com ovos.

O peixe-cão, badejo e mero (listados como “Vulneráveis” pela UICN), além da sua importância ecológica e comercial (linhas de mão), são também alvo da pesca recreativa e importantes ícones para a indústria de mergulho, especialmente o emblemático mero, com elevada procura entre os mergulhadores.

O peixe-cão e o badejo, devido à sua reduzida abundância natural são, conseqüentemente, mais suscetíveis à exploração, embora os dados disponíveis sejam insuficientes para detetar tendências globais. Nos Açores, o peixe-cão não tem nenhuma medida de conservação, mas o badejo tem um máximo de captura legal permitido (2 toneladas) e um comprimento mínimo legal de 50 cm.

O mero tem sido intensamente capturado por pescadores recreativos e comerciais, por toda a sua área de distribuição. Está na lista vermelha (UICN) desde 2004 e também nas Convenções de Barcelona e Berna. Nos Açores, é a única espécie proibida na caça submarina, tem um máximo de captura legal permitido (20 toneladas) e um comprimento mínimo legal de 60 cm.

Um guia digital para a natureza

Promover a floresta dos Açores com aprendizagem baseada no lugar

Ana Picanço, Rosalina Gabriel, Ana Arroz, Isabel Amorim, Alexandra Silva, Duarte Sousa, Sónia Matos

18 de outubro de 2020

The Field Guide project explores the potential of digital technologies to bring young Azoreans closer to nature. Through a mobile application, it promotes the discovery of the Azores forest, combining science, curiosity, and environmental conservation. Based on outdoor learning methodologies and place-based education, the project involves students and teachers in creating direct experiences with local biodiversity. Developed in collaboration with schools and regional entities, the Field Guide aims to inspire a new generation that is more aware, participatory and committed to preserving the Azores' natural heritage.

O projeto Guia de Campo (GC) surge do reconhecimento do impacto da transformação digital nos modos de aprendizagem característicos das sociedades contemporâneas. Hoje, as ferramentas móveis interativas e a aprendizagem baseada no lugar são recursos pedagógicos cada vez mais presentes na educação ambiental. O objetivo do GC é investigar o papel das tecnologias móveis no desenvolvimento da literacia científica, ambiental e da conservação, entre jovens residentes nos Açores. Este projeto pretende demonstrar que as tecnologias digitais interativas podem apoiar experiências significativas para aqueles que participam em experiências educativas contextualmente situadas, proporcionando e divulgando informação científica no âmbito da biodiversidade.

Atualmente, a degradação ambiental e a perda da biodiversidade mostram que é imperativo o conhecimento sobre o mundo natural. Estudos em educação ambiental evidenciam que os jovens tendem a proteger o que conhecem e entendem, e a promoção de experiências ativas na natureza (ou sobre esta) estimula a biofilia e a curiosidade das crianças. Estes resultados coadunam-se com a necessidade de uma interação efetiva com a natureza.

Os Açores, como ecossistemas insulares sujeitos a diversas pressões antrópicas, necessitam de investir na [trans]formação das mentalidades e práticas dos cidadãos, com vista à construção de uma sociedade ecologicamente sustentável. Uma das evidências desse investimento apresenta-se no decreto regulamentar regional nº 17/2011/A, de 2 de agosto de 2011, com a regionalização do currículo do ensino básico, em que se enfatiza a educação para o desenvolvimento sustentável no contexto da açorianidade. No entanto, são escassos os projetos de investigação desenvolvidos com as escolas; bem como para as escolas aliar linguagens digitais e educação ambiental.

O projeto GC pretende, com a colaboração das Direções Regionais da Educação e do Ambiente, das escolas públicas terceirenses e dos alunos:

- desenvolver um guia de campo digital que se articule com os portais *web* regionais de conservação da natureza, para garantir a fundamentação das atividades educativas em informação científica confiável e atual;
- conceber, implementar e testar o guia de campo, no formato *app*, com e para jovens, valorizando a sua participação em todas as tomadas-decisão;
- contribuir para a regionalização do currículo, disponibilizando ferramentas e estratégias pedagógicas que facilitem o recurso dos professores e alunos aos portais;
- consciencializar os jovens para a necessidade de adotarem comportamentos e atitudes em prol da conservação da biodiversidade local e regional.

O GC aposta em metodologias baseadas nos modelos da ‘aprendizagem ao ar livre’, da ‘educação baseada no lugar’ e da ‘aprendizagem fenomenológica’. Estas metodologias procuram envolver as crianças e jovens na exploração de ambientes concretos, próximos, almejando conectá-los com conhecimentos e conceitos científicos adequados às suas faixas etárias e aos currículos. Por outro lado, os jovens são ativamente envolvidos no

design das estratégias de intervenção educativa, de promoção da biodiversidade regional e conservação da natureza a conceber e testar no âmbito deste projeto.



Figura 1 - Participantes iniciam o Trilho dos Mistérios Negros (à esquerda) e fotografam plantas endémicas.

Concomitantemente ao processo de recolha de dados, foi realizado um conjunto de atividades ao longo do Trilho dos Mistérios Negros, integrado no Parque Natural da Terceira (Figura 1), com que se manteve focada a atenção dos participantes.

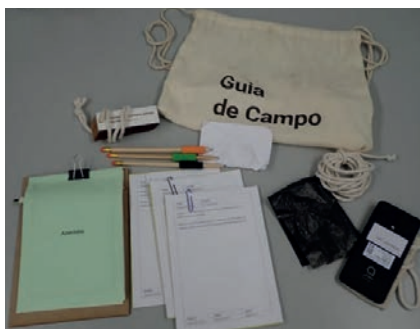


Figura 3 - Conjunto de ferramentas concebidas com base na técnica sonda cultural e disponibilizadas aos participantes

Estas atividades foram desenvolvidas recorrendo à técnica da sonda cultural (*cultural probe*) (Figura 2) e à aprendizagem baseada no questionamento e investigação (*inquiry-based*).

O guano como alicerce do Império Inca e da conservação da natureza

Pedro Rodrigues

15 de novembro de 2020

Long before the industrial revolution and the creation of the first nature reserves, the Inca Empire was already implementing environmental conservation measures. The secret lay in guano — the excrement of seabirds — used as an essential fertiliser to sustain agriculture in vast arid areas. To ensure its availability, the Incas strictly protected birds and their nests, imposing severe laws against hunting and excessive collection. These pioneering practices reveal a sustainable and balanced vision between humans and nature, centuries before the term “conservation” gained the modern meaning we know today.

A origem da conservação da Natureza tem sido associada à revolução industrial no século XIX quando George Perkins Marsh deu a conhecer os impactos irreversíveis das ações humanas sobre a Natureza no seu livro *Man and Nature* (O Homem e a Natureza) de 1864. Poucos anos depois, em 1872, surgiu a criação do primeiro Parque Natural do Mundo, o *Yellowstone National Park*. No entanto, as origens da conservação da Natureza e da aplicação de medidas para proteção de espécies selvagens e seus habitats naturais, poderão ser bem mais antigas do que se pensava.

O Império Inca (1400-1533 CE), foi o maior Império da América Pré-Colombiana estendendo-se por 4000 km desde a Amazônia até ao Pacífico, passando pela cordilheira dos Andes e o deserto do Atacama. A rápida expansão deste Império, que chegou a albergar 10 milhões de pessoas, teve por base de sustento da população a agricultura e, como grande parte do território era árido, os Incas aproveitaram o conhecimento ancestral dos povos costeiros sobre o potencial do guano (excremento) de aves marinhas como fertilizante.

Grande parte da costa do território Inca apresentava, e ainda apresenta, grandes concentrações de aves marinhas como o corvo-marinho Guanay (*Leucocarbo bougainvillii*), o pelicano (*Pelecanus thagus*) e o ganso-patola (*Sula variegata*). Como a chuva é pouco abundante nesta área, existe uma grande concentração de guano nas zonas costeiras, em especial nas ilhas onde as aves nidificam. Estas ilhas são conhecidas como ilhas de guano que deram origem à guerra do Pacífico (1879-1883) entre o Chile e a coligação Perú-Bolívia pela posse deste recurso natural. O guano é um adubo orgânico de grande eficácia devido à grande percentagem de nitrogénio e fosfato que possui.



Figura 1 - Mapa da América do Sul com o Império Inca (a cinzento), a distribuição geográfica das aves guaneras (área delineada a negro), e principais depósitos de guano (pontos).

Como a língua Quéchua, falada pelos Incas e presentemente por alguns povos que habitam os Andes, não possui forma escrita, tudo o que se sabe deste Império advém dos registos efetuados pelos Conquistadores Espanhóis e de estudos arqueológicos. Sabe-se assim que o guano foi usado pelos Incas para fertilizar zonas estéreis no deserto e nas montanhas dos Andes, tendo sido transportado por todo o Império até Machu Picchu a mais de 600 km da costa.

De forma a assegurar a sustentabilidade do uso do guano como fertilizante, os Incas estabeleceram medidas de conservação para proteger as aves guaneras e os seus habitats naturais, tais como a gestão do acesso ao recurso com a atribuição de cotas a

cada província e o controle de acesso às ilhas. Impuseram ainda leis para impedir a caça e perturbação das aves durante a época de nidificação. Quem desrespeitasse estas leis era punido com sentença de morte.



Figura 2 - Principais aves guaneiras. Corvo marinho Guanay (à esquerda), ganso patola (ao centro) e pelicano (à direita). Fotos de Marcelo Flores (www.avitrek.com).

Os Incas foram, assim, os primeiros a conservar a Natureza e os recursos naturais de forma a poderem assegurar o uso sustentável do ambiente para benefício de atividades humanas, uma das premissas atuais para a implementação dos parques naturais.

Que não nos falte o ar (de qualidade)

Filipe Bernardo, Patrícia Garcia, Armindo Rodrigues

7 de março de 2020

Air pollution is a silent threat that causes thousands of premature deaths in Europe every year. Even in regions with clean air, such as the Azores, the intensification of human activities and the burning of fossil fuels are altering this balance. Filipe Bernardo's PhD project at the University of the Azores uses lichens a natural sensors to assess air pollution. This research shows that protecting the air means ensuring health, sustainability and quality of life, defending an essential asset which, like water or soil, must be preserved with knowledge and environmental responsibility.

A poluição do ar ambiente é uma das principais causas de morbidade e mortalidade evitável a nível mundial. A redução das concentrações de poluentes atmosféricos pode prevenir uma proporção significativa de mortes prematuras. Esta é a conclusão de um novo estudo publicado na revista *The Lancet Planetary Health*, que estimou a mortalidade prematura relacionada com a poluição do ar em quase 1000 cidades europeias. Mais de 50.000 mortes anuais seriam evitadas pela redução dos níveis da poluição do ar para os limites definidos pela OMS, especificamente de material particulado fino (PM_{2.5}) e dióxido de nitrogénio (NO₂) (Figura 1). Este número poderia atingir os 200.000 se as concentrações destes poluentes fossem reduzidas abaixo dos limites da OMS.

Coincidentemente, outra publicação recente associou os níveis de NO₂ no ar com a



Figura 1 - Tráfego rodoviário intenso numa via principal da cidade de Hoi An (Vietname), uma das principais fontes de emissão de material particulado fino (PM_{2.5}), óxidos de azoto (NO_x) e de enxofre (SO_x). Fotografia: Roberto Resendes ©.

fatalidade por COVID-19, mostrando que 78% das mortes devido ao SARS-CoV-2 se registaram em regiões administrativas europeias com as maiores concentrações atmosféricas de NO₂ e configuração espacial desfavorável à dispersão eficiente dos poluentes do ar. O estado de saúde mais debilitado de populações cronicamente expostas a níveis elevados de poluição do ar poderá facilitar a

maior ocorrência de infeções mais severas.

Estas estimativas alarmantes demonstram que não há níveis inofensivos de poluição do ar, ainda que passem despercebidos. O ar de qualidade é um recurso natural finito, deteriorável por via das emissões atmosféricas. Esta perda de qualidade acarreta um fardo de morbidade e mortalidade, com conseqüente custo económico e social, que se vai acumulando em função das concentrações no ar ambiente, do grau e da cronicidade da exposição das populações. Nessa medida, a proteção da saúde ambiental e humana exige um esforço contínuo e conjugado de controlo, monitorização e inovação tecnológica com vista à minimização das emissões atmosféricas e salvaguarda da qualidade do ar.

Nos Açores, a qualidade do ar tem seguido de padrões de excelência, dado o seu contexto geoespacial remoto e dimensão territorial reduzida e fragmentada, separada pelo oceano, facilitando a dispersão da poluição do ar. Contudo, o cenário tem-se alterado nas últimas décadas. Segundo dados recentes da Direção Regional do Ambiente, desde 1990, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), gases com efeito de estufa, aumentaram em 73% e 45%, respetivamente, por causa da queima de combustíveis fósseis para produção de energia. Já a atividade agrícola, sobretudo a exploração agropecuária, contribuiu com subidas de 82% de CO₂ e 93% de CH₄. Tal

reflete a intensificação das atividades agrícolas, industriais, turísticas e de tráfego associado na região (Figura 2), para a qual o DLR nº32/2012/A, de 13 de julho, já antevê a necessidade de encontrar soluções para harmonizar o desenvolvimento destas atividades socioeconómicas com a proteção da qualidade do ar enquanto recurso ambiental.



Figura 2 - Agropecuária (A), queima de combustíveis fósseis (B) e emissões vulcânicas (C), algumas das fontes de poluição do ar com maior relevância no contexto Açoriano.

Além das emissões antropogénicas, há que considerar as emanações vulcânicas (Figura 2) que afetam algumas populações em particular, como as freguesias das Furnas e Ribeira Quente, em São Miguel, onde uma série de estudos, levados a cabo nos últimos anos pelo grupo de investigação em Ambiente e Saúde Pública da UAC, reuniram evidências de efeitos adversos provocados na saúde das populações residentes, nomeadamente ao nível respiratório, devido à exposição crónica àqueles ambientes com emissão contínua de gases vulcânicos.

Os Açores devem estar preparados para lidar com o desafio ambiental colocado pela poluição do ar, atendendo inclusive à atual discussão acerca do impacto ambiental da incineração de resíduos. É este o propósito e pertinência do projeto de doutoramento em Biologia da UAC, desenvolvido pelo estudante Filipe Bernardo, colaborador do Grupo da Biodiversidade dos Açores, em parceria com o cE3c e o IVAR, apoiado pelo Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia e programa AÇORES 2020 do Governo dos Açores (bolsa M3.1.a/F/088/2015). Este projeto tem demonstrado, num conjunto de publicações científicas, a aplicabilidade dos líquenes como ferramentas de biomonitorização da poluição do ar em cenários concretos a nível regional. A mais recente publicação evidenciou que o contexto ambiental particularmente vulnerável e confinado de regiões insulares, como os Açores, está ameaçado pela pressão crescente das atividades humanas. São assim demonstradas as vantagens de complementar a monitorização convencional da qualidade do ar com metodologias de biomonitorização e são fornecidas bases científicas que contribuam para medidas de preservação da qualidade do ar.

O solo é fonte de vida!

Diana Linhares, Armindo Rodrigues

13 de junho de 2021

Soil is much more than just earth — it is the foundation of life, providing water, nutrients and balance to ecosystems. In the Azores, studies in São Miguel show that not all soils are equally fertile: those of basaltic origin are richer in essential minerals such as copper and cobalt, while trachytic soils reveal deficiencies that can affect livestock health. With Azorean agriculture based on outdoor grazing, understanding these differences is vital to ensuring healthy herds and productive soils. Caring for the soil is therefore protecting the life that depends on it — from plants to animals and ourselves.

“Toda a vida depende do solo. Não pode haver vida sem solo e solo sem vida; eles evoluíram juntos.” (Dr Charles E. Kellogg)

O solo é um recurso natural não renovável, crucial para quase todos os aspetos da vida, apresentando-se como um componente fundamental do ecossistema terrestre. Consegue armazenar e filtrar água, atua na regulação da temperatura e na emissão de gases de efeito de estufa, promove a decomposição da matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes. Contudo, este ecossistema dinâmico não tem a mesma composição em todas as partes do mundo; a pedogénese, processo de formação dos solos, aliada a intemperismos físicos e químicos, irá determinar as características geoquímicas e morfológicas dos solos conferindo-lhes determinadas especificidades que poderão contribuir para o enriquecimento, ou não, de elementos químicos que são essenciais à vida.

A concentração de elementos químicos no solo pode ser condicionada por fatores antropogénicos, como a aplicação de fertilizantes e agroquímicos, ou até mesmo por fenómenos naturais como o vulcanismo. Em regiões com atividade vulcânica, há um maior enriquecimento dos solos, resultante da libertação de materiais sólidos e gases, tornando-os bastante férteis devido à riqueza em elementos químicos essenciais que poderão ser integrados na cadeia alimentar através da absorção pelas plantas.

No solo, existem pelo menos 15 elementos químicos considerados como nutrientes essenciais para o gado em pastoreio: cálcio (Ca), cloro (Cl), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), iodo (I), manganês (Mn), selénio (Se), zinco (Zn) e molibdénio (Mo). A deficiência ou excesso desses elementos no solo está associada a diversos problemas de saúde nos animais em pastoreio. O aporte deficitário de elementos essenciais por parte do gado bovino, é um problema com uma distribuição mundial, e está fortemente associado à geoquímica dos solos. Vários estudos demonstram que a deficiência de aporte ocorre em áreas onde o solo não pode fornecer elementos essenciais suficientes para as plantas que os animais consomem. Nos Açores, e em particular na ilha de São Miguel onde se conjuga o pastoreio de gado ao ar livre com vulcanismo ativo, coloca-se a questão: **“Será que o solo vulcânico fornece todos os minerais necessários ao gado bovino?”**

Estudos recentes, realizados na ilha de São Miguel evidenciaram uma deficiência no aporte de nutrientes essenciais como o Co, Cu, I, Se e Zn, associando esta carência no animal com o modo como estes elementos são explorados nos solos agrícolas. Para melhor entender a distribuição dos nutrientes essenciais, para o gado bovino, nos solos de pastagem da ilha de São Miguel e quais os fatores associados, desenvolveu-se um estudo de caracterização do solo e da erva da pastagem em várias explorações agrícolas ao longo da ilha.

Tendo em conta que os solos da ilha de São Miguel, segundo a sua pedogénese, são classificados como traquíticos (Sete Cidades, Fogo, Congro/Furnas e Povoação) ou basálticos (Nordeste e Picos), recolheram-se 68 amostras de solo, 42 amostras em solos

traquíticos e 26 em solos basálticos, e 30 amostras de erva de pastagem, equitativamente distribuídas pelos solos traquíticos e basálticos (Figura 1).

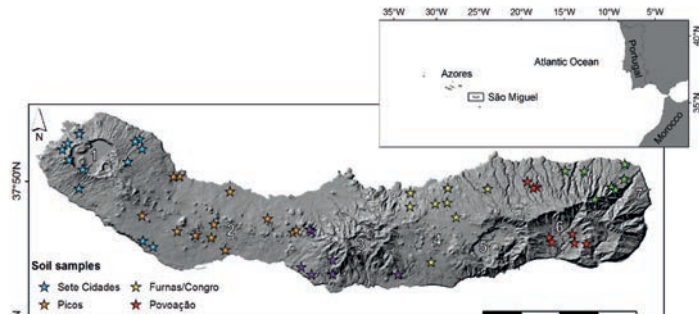
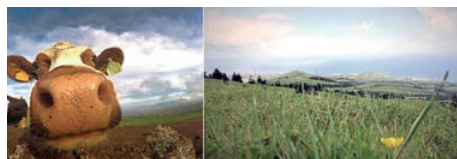


Figura 1 - Modelo digital de relevo da Ilha de São Miguel com a localização das áreas amostradas e identificação dos sistemas vulcânicos (1 - Vulcão das Sete Cidades; 2 - Sistema fissural dos Picos; 3 - Vulcão do Fogo; 4 - Sistema fissural do Congro; 5 - Vulcão das Furnas; 6 - Vulcão da Povoação; 7 - Sistema vulcânico do Nordeste).

No estudo dos solos, observou-se que a concentração dos nutrientes considerados foi sempre superior nos solos basálticos quando comparados com os solos traquíticos, e que apenas o Selênio apresentou uma distribuição regular, com uma concentração semelhante ao longo da ilha. No estudo da erva de pastagem, apenas os elementos Co e Cu apresentaram diferenças significativas, com uma concentração mais elevada nas regiões basálticas. Contudo, os restantes elementos surgiram sempre em concentrações mais elevadas nas regiões basálticas, com os solos de origem traquítica a evidenciarem uma carência generalizada de nutrientes essenciais para o gado bovino.

Dado que os sistemas agrícolas da ilha se baseiam principalmente no pastoreio ao ar livre, a carência generalizada de nutrientes essenciais observada nos solos de origem traquítica poderá condicionar e afetar a saúde do gado criado nestas regiões.



Assim, é fundamental a identificação de todos os locais deficitários de forma a desenhar e implementar programas de aconselhamento aos agricultores e implementar estratégias de suplementação/correção de solos e/ou animais para mitigar possíveis efeitos negativos na saúde.

É possível preservar a qualidade da água na origem?

Vera Raposo, Sílvia Quadros, Rodrigo Sousa

5 de setembro de 2021

The quality of the water we drink begins at its source. In the Azores, the MITIMAC project seeks to protect this vital resource by studying local causes of contamination, such as the use of manure on pastures or cesspits near springs. To reduce pollution and treatment costs, an innovative system is being tested: constructed wetlands, which use plants and soil to purify water naturally. These low-cost, environmentally friendly solutions show that it is possible to care for water sources with technology, knowledge and respect for nature, ensuring a more sustainable future.

A água é um recurso limitado e um património natural a proteger. Ao consumirmos água da nossa torneira, sabemos que ela está tratada e apta para consumo, mas se pensarmos no ciclo da água percebemos que este é um sistema fechado, e que a perda de qualidade nas origens irá influenciar a qualidade da água na torneira. Assim, se garantirmos na origem a melhor qualidade possível, o tratamento da água será mais económico e mais seguro, na medida em que serão utilizados menos reagentes e haverá menor risco de produção de subprodutos da desinfecção. Como podemos melhorar e preservar a qualidade da água na sua origem?

A Universidade dos Açores é uma entidade participante no projeto MITIMAC – Mitigação das alterações climáticas através da inovação no ciclo integral da água mediante tecnologias de baixo carbono – com três objetivos principais: 1) Conhecimento das características e dificuldades de cada região no ciclo da água, onde estão a ser identificadas as nascentes mais suscetíveis à contaminação com nitratos e microrganismos de origem fecal; 2) Análise das emissões de gases com efeito de estufa provenientes do ciclo integral da água, cuja ênfase será dada a uma ETAR próxima de uma zona sensível e 3) Desenvolvimento de soluções e orientações governamentais para mitigar as alterações climáticas no ciclo integral da água, no qual está a ser desenvolvido um projeto-piloto.

Nos Açores, o espalhamento de chorume nas pastagens e a presença de fossas sépticas domésticas muito próximas de captações e de cursos de água são importantes causas de contaminação da água, sobretudo por nitratos e microrganismos patogénicos. O caso da aplicação do chorume não tratado é particularmente preocupante devido à presença de organismos patogénicos provenientes de vitelos doentes que causam graves diarreias nos humanos.

As zonas húmidas construídas (ZHC) são possíveis tratamentos para estes efluentes antes da sua aplicação nas pastagens. Consistem em sistemas que utilizam vegetação, solo e comunidades microbianas e que podem ser usadas como complemento a sistemas de tratamento já existentes. O seu baixo custo de construção e manutenção, a facilidade de operação, a componente estética associada, o facto de constituírem um ambiente favorável a outras espécies e a elevada remoção de nutrientes e contaminantes são algumas das vantagens destes sistemas. O objetivo consiste em tratar os efluentes previamente à sua descarga no meio ambiente e deste modo, preservar a qualidade dos recursos hídricos e reduzir a intensidade do tratamento da água para consumo humano.



Figura 1 - Ensaio-piloto de uma ZHC montada numa exploração de bovinicultura. A: Tratamento da fase sólida (lamas); B: Tratamento da fase líquida. A fase sólida permanecerá no tratamento durante 7 meses, enquanto a fase líquida é renovada a cada 15 dias.

O projeto-piloto de ZHC está atualmente a decorrer numa exploração de bovinicultura, no qual estão a ser tratadas, em ensaios distintos, a fase líquida e a fase sólida da fossa de armazenamento de chorume (Figura 1). Estão a ser testadas espécies naturalizadas nos Açores (*Canna indica* e *Colocasia esculenta*, vulgarmente conhecida por inhame) e o *Arundo donax*, espécie invasora na região, mas amplamente utilizada a nível mundial devido à sua eficiência na remoção de nutrientes. Há ainda uma zona de teste sem plantação (controlo) para avaliar o papel das plantas nestes sistemas.



Figura 2 - Atividades realizadas nas campanhas. A: Recolha da amostra para posterior análise no laboratório; B: Aplicação do efluente na ZHC.

O meio de enchimento é composto por pedra-pomes, inerte muito abundante na ilha. O efluente é retirado da fossa e amostrado para análise, sendo depois aplicado na ZHC (Figura 2), onde permanece durante duas semanas. Após este período são recolhidos os efluentes à saída e posteriormente analisados num laboratório, montado no âmbito deste projeto, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade dos Açores. No fim de cada ciclo de 15 dias, os leitos são esvaziados e alimentados com novo efluente, iniciando-se um novo ciclo. O ensaio da fase sólida decorre em contínuo, com a análise da lama no início do ensaio (abril), e no final, com data prevista para outubro do presente ano.

Atualmente contamos já com várias campanhas e alguns meses de ensaio. Os resultados obtidos são promissores e revelam que este tipo de tratamento apresenta uma boa eficiência de remoção de nutrientes, matéria orgânica e microrganismos. Importa salientar que os agricultores poderão aplicar este efluente tratado nas suas pastagens, evitando o excesso de nutrientes e de microrganismos patogénicos que seriam lixiviados até às massas de água, resultando na sua perda de qualidade.

Registo da última captura de um tubarão-branco nos Açores

Ponta Garça 10 de fevereiro de 1990

João Brum

14 de novembro de 2021

In February 1990, off Ponta Garça, the crew of the São Domingos had an unforgettable encounter: the capture of a great white shark, a rarity in the Azorean seas. Thinking it was a marracho, the fishermen ended up encountering a giant of the oceans, which fought for over an hour before being towed ashore. This episode, accompanied by excitement and danger, was recorded as the last confirmed sighting of the species in the Azores — an occasional visitor that reinforces the mystery and richness of Azorean marine life.

O Tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*) é um visitante pouco comum na região nordeste do Atlântico e os limites da sua distribuição são pouco conhecidos. Devido à variabilidade de dados, alguns estudiosos sugerem que se trata de uma “espécie casual” da zona. A maioria das suas capturas ocorre nas ilhas oceânicas, particularmente nos Açores. A origem destes indivíduos permanece desconhecida, sabendo-se apenas que não são residentes.

Várias são as razões que confirmam a inexistência de uma população residente em águas açorianas:

- A infrequência dos registos.
- Todos os tubarões capturados nas águas açorianas eram adultos.
- Não existe nenhum registo da pesca ou avistamento de juvenis nas nossas costas.
- Não existem colónias de pinípedes no arquipélago (focas, leões-marinhos e elefantes-marinhos), que constituem as presas principais daquela espécie.
- Quase todos os registos para o arquipélago estão de algum modo relacionados com a caça aos cetáceos (cachalotes e golfinhos).

Pelas 11H30 do dia 10 de fevereiro de 1990, a embarcação de boca aberta “São Domingos” PD-90C, registada em Vila Franca do Campo, estava ancorada a cerca de três milhas da costa ao largo de Ponta Garça (120 braças de profundidade). A sua tripulação dedicava-se à pesca de lulas.



Figura 1 - Mestre Alfredo Peixoto (de chapéu) sentado no pedúnculo caudal do grande tubarão (foto do lado esquerdo); O “arpoador” José Realejo (foto do lado direito).

Os seis pescadores (José Realejo, Manuel Realejo, Armando Gata, José Valdemar Arruda dos Santos, Miguel Bento Ponte, Alfredo Peixoto Júnior) chefiados pelo Mestre Alfredo Peixoto, começaram a notar que lá no fundo um tubarão roubava-lhes os cefalópodes das linhas. Julgaram tratar-se de um *Isurus oxyrinchus*, vulgarmente conhecido nos

Açores com o nome comum de marracho, anequim ou rinquim. Retiraram os aparelhos da água e pouco depois emergia um enorme tubarão que começou a rondar o barco.



Figura 2 - Dente do maxilar inferior, visualizando-se com nitidez o bordo serrilhado.

Como isco para a faina das lulas utilizavam carne de toninha capturada naquela manhã. Se bem que proibida, a captura daqueles pequenos cetáceos era prática corrente na costa sul da ilha de São Miguel. A sua carne era utilizada para consumo humano, assim como para isco.

Os pescadores atraíram o tubarão-branco para junto do barco com a ajuda da pele do golfinho e então o José Realejo, usando o arpão com que capturavam os cetáceos, arpoou-o junto à dorsal.

Após uma luta de cerca de 1:30 hora, durante a qual o animal mergulhou por 4 vezes levando mais de 300 metros de linha, a tripulação conseguiu puxá-lo

para junto da embarcação e atou-lhe o pedúnculo caudal à borda. Na tentativa de recuperar o arpão, Mestre Peixoto enfiou uma faca na ferida fazendo com que o tubarão se torcesse, quase acabando por cair dentro do barco. Foi mais um momento de grande pânico.

Finalmente amarraram a cabeça do grande peixe à proa do “São Domingos” e rebocaram-no para o porto piscatório de Vila Franca.

Desenvolvimento de um curso de pós-graduação em ecoturismo e guias de natureza

O projeto NATOUR

Maria A. Ventura, Andrea Botelho, Luís Silva

26 de dezembro de 2021

The University of the Azores is participating in the international NATOUR project, part of the Erasmus+ programme, which brings together universities in Europe and Latin America to create a postgraduate course in ecotourism and nature guides. Coordinated by the Autonomous University of Barcelona, the project aims to train qualified professionals and promote sustainable practices in tourism. In the Azores, this initiative is particularly relevant, reinforcing the region's commitment to sustainable nature tourism, stimulated by local research and partnerships with companies that will host students on practical internships on the islands.

A Universidade dos Açores, através do Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos (CIBIO-Açores), integra o consórcio NATOUR (EAC/A02/2019) de capacitação no campo do ensino superior, desenvolvido no âmbito do programa Europeu ERASMUS+ 2020. Este projeto, liderado pela Universidade Autônoma de Barcelona (Espanha), visa o desenvolvimento de um programa de pós-graduação para formar profissionais que pretendam desenvolver atividades de ecoturismo e guias de natureza, na sua região. Para além da Universidade dos Açores, são ainda parceiras no projeto mais 7 universidades: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Universidade de Brasília, ambas no Brasil; Instituto Profesional de la Fundación DUOC UC e Universidad Tecnológica de Chile (INACAP), ambos no Chile; Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario e Pontificia Universidad Javeriana, ambos na Colômbia; Albert-Ludwigs Universität Freiburg, na Alemanha. Faz ainda parte do consórcio o European Center for Quality, uma companhia de consultoria da Bulgária. Para além destes, outros parceiros

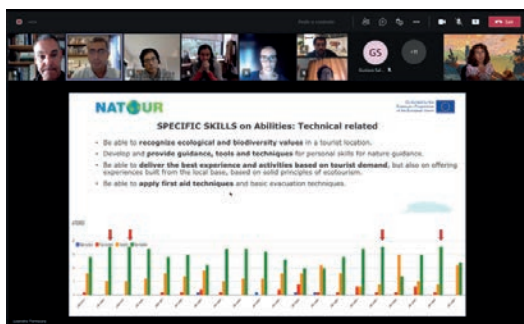


Figura 1 - Primeiro workshop da equipa do projeto realizado com recurso à plataforma Zoom

associados ao consórcio conferem robustez ao projeto e oferecem possibilidades aos estudantes, para realizar atividades e estágios no seu seio. São eles: Ministério do Turismo (Brasil); Associação Brasileira de Ecoturismo e Turismo de Aventura (ABETA); Instituto SEMEIA (Brasil); União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), Escritório Regional para a América

do Sul (Quito, Equador); Federação das Empresas de Turismo do Chile (FEDETUR); Serviço Nacional de Turismo (SERNATUR, Chile); Comité Nacional Pro Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF, Chile); Associação Europeia para a Interpretação do Património “Interpret Europe” (Alemanha); Programa de Consultoria Internacional em Ecoturismo (PICE, México).

O objetivo geral do projeto consiste em desenvolver, validar e implementar, um programa conjunto de estudos de pós-graduação nas Instituições de Ensino Superior dos Países Parceiros e dos Países da União Europeia, no campo do ecoturismo e de guias de interpretação da natureza, em linha com as suas prioridades nacionais e setoriais, e de acordo com as normas e padrões de qualidade do ensino superior, em vigor na União Europeia. O projeto teve o seu início em janeiro de 2021, e tem uma duração prevista de 3 anos (até janeiro de 2024). Mais especificamente, com este projeto pretende-se melhorar o acesso da comunidade de profissionais do turismo, a recursos educacionais abertos de alta qualidade no campo do ecoturismo e guia de natureza. Os alunos que concluírem os seus estudos com êxito, obterão um diploma de pós-graduação em ecoturismo e orientação na natureza, da Instituição de Ensino Superior do país de origem,

e um certificado complementar de Guia Interpretativo da Natureza da *European Association for Heritage Interpretation (Interpret Europe)*.

Sendo os Açores uma região que aposta forte no segmento do turismo na natureza,



Figura 2 - Imagem da Fajã Grande na ilha das Flores, uma ilha classificada como Reserva da Biosfera pela UNESCO (Foto dos autores)

conforme o referido no Plano Estratégico e de Marketing do Turismo dos Açores (2015-2020), que define o “turismo de natureza” como um dos principais produtos turísticos da região, é de salientar a importância estratégica deste projeto para a região autónoma. De realçar ainda os inúmeros galardões turísticos atribuídos à região, dos quais há a salientar a certificação dos Açores como um destino turístico sustentável (Earthcheck, 2019), atribuído a 5 de dezembro de 2019 pelo Conselho Global de Turismo Sustentável (GSTC – acrónimo em inglês). Este selo distintivo de qualidade no sector do turismo, e que foi pela primeira vez atribuído a um arquipélago, traz inúmeros benefícios para a região em termos de promoção do destino Açores, mas acarreta igualmente responsabilidades para os empresários locais e administração pública regional, no sentido de manter

boas práticas que permitam a sua manutenção.

A equipa da Universidade dos Açores envolvida no projeto, tem desenvolvido na região inúmeras pesquisas sobre os impactes do turismo no meio ambiente e o valor dos recursos naturais para o turismo, estudos considerados essenciais para a planificação de um curso que visa diminuir tais impactes, enquanto valoriza o ambiente natural dos Açores para a prática de turismo de natureza. Para além da componente académica, contamos com a participação de alguns atores locais, nomeadamente empresas de animação turística, para receber alguns dos estudantes finalistas do curso de pós-graduação, oferecendo oportunidades de estágio nas suas empresas.

Alterações climáticas

O futuro que precisamos: não impossível, mas difícil

Maria G. Meirelles

6 de março de 2022

In the 1950s, physicist Gilbert Plass demonstrated that carbon dioxide (CO₂) retains infrared radiation, contributing to the warming of the atmosphere. Years later, Manabe confirmed that increased CO₂ warms the lower layers and cools the upper layers, proving that the phenomenon is not caused by the Sun. These studies gave rise to climate models, which simulate the behavior of the Earth system. The En ROADS model shows that, without global action, temperatures could rise by 3.6°C by 2100, but ambitious policies and renewable energy could limit warming to 1.5°C, as proposed by the Paris Agreement.

Já em pleno século XX, na década de 50, o físico teórico Gilbert Plass conclui que a radiação infravermelha é absorvida pelo dióxido de carbono nos vários níveis da atmosfera, tendo verificado que um aumento da concentração de dióxido de carbono está relacionado com um aumento de temperatura. Manabe, prémio Nobel de Física em 2021, foi o primeiro pesquisador a explorar a interação entre o balanço radiativo e o transporte vertical de massas de ar por convecção, levando em consideração a contribuição do calor devido ao ciclo da água. Níveis elevados de dióxido de carbono na atmosfera implicam um aumento de temperatura na parte inferior da atmosfera e um resfriamento na parte superior da mesma. Assim, foi confirmado por este cientista que a variação de temperatura é devida ao aumento dos níveis do dióxido de carbono na atmosfera. Se este aumento fosse causado por um maior input da radiação solar, toda a atmosfera deveria estar a aquecer.

As décadas de 50 e de 60 foram férteis no avanço do conhecimento do Sistema Terra, em particular da atmosfera, e da simulação do seu comportamento por meio de modelos. Um modelo climático consiste numa representação de subsistemas complexos e heterogêneos, de grande escala temporal, que são os constituintes do Sistema Climático ou Sistema Terra. Baseia-se nas propriedades físicas, químicas e biológicas da atmosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera e litosfera e, ainda, nas interações e processos de retroação e outras propriedades conhecidas do sistema climático. O sistema de equações fundamentais que determinam a evolução do estado da atmosfera é constituído pela equação da conservação da massa ou equação da continuidade, pelas equações da conservação do momento linear (3 equações do movimento), pela equação de conservação da energia ou equação termodinâmica e ainda pela equação dos gases perfeitos.

Os resultados das previsões de vários modelos climáticos apontam para um aumento da temperatura média global de 3 a 4° para o ano de 2100, relativamente aos valores pré-industriais, considerando o Cenário de Trajetórias Representativas de Concentrações RCP 6.0.

O En-ROADS é um modelo de simulação que explora como lidar com os desafios globais de energia e clima por meio de mudanças políticas, tecnológicas e sociais. Permite criar cenários que se concentram em como as mudanças nos impostos, subsídios, crescimento econômico, eficiência energética, inovação tecnológica, preço do carbono, mistura de combustíveis e outros fatores alterarão as emissões globais de carbono e a temperatura. Por cada simulação efetuada, o aplicativo En-ROADS calcula os resultados de ~14.000 equações, com um intervalo de tempo de ~45 dias, ao longo de 110 anos, de 1990 a 2100, em 60 milissegundos. Considerando os dados atuais, o simulador En-Roads prevê um aumento de temperatura de 3.6° por volta de 2100, Figura 1.



Figura 1 - Fontes emissoras de dióxido de carbono CO₂ e a sua concentração na atmosfera. Fonte: Simulador En-Roads

No entanto, o Acordo de Paris visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global a 2°C até 2100, relativamente aos níveis registados na era pré-industrial, e prosseguir esforços para limitar o aumento de temperatura a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas.

Considerando em 2100 uma população mundial que ronde os 11,8 mil milhões de pessoas, um crescimento da economia mundial em torno de 2,5% ao ano e introduzindo políticas públicas ao nível do fornecimento de energia, dos transportes, dos edifícios e indústria e do uso da Terra, o simulador En-Roads prevê um aquecimento de 1,5°C até 2100, tendo como referência a era pré-industrial, Figura 2. Para que tal cenário seja factível, o fornecimento de energia terá de acontecer com recurso ao uso de alternativas renováveis. Para desencorajar o uso dos combustíveis fósseis, o preço do carbono em 2100 deveria rondar os 250 \$/ton CO₂. Tendo como referência o ano de 2021, é necessário haver uma redução de 50% na utilização do petróleo e 85% na utilização do carvão, enquanto, a eficiência energética nos transportes deveria crescer 4,9%/ano, para que em 2100 todos os veículos fossem elétricos. Nos edifícios e na indústria a eficiência energética deve crescer 5%/ano e a



Figura 2 - Fontes emissoras de dióxido de carbono CO₂ e a sua concentração na atmosfera com a adoção de algumas políticas públicas. Fonte: Simulador En-Roads.

eletrificação 100%. Em relação às emissões de gases com efeito estufa a partir do solo, é necessário diminuir a deflorestação em 10%/ano e reduzir as emissões de CH₄ em 60%. Na indústria é a emissão de gases fluorados que terá de ser reduzida em 60% até ao final do século. Nesta simulação, também, foi levada em conta a remoção do carbono existente na atmosfera através da florestação (plantar 98% da terra reservada para este uso) e da remoção de 30% recorrendo ao uso de tecnologias para este efeito. Esta é uma das várias simulações possíveis, que nos indicam um caminho a percorrer para que seja cumprido o Acordo de Paris.

Mudança climática e impacte nas energias renováveis nos Açores

Visões estratégicas para a sustentabilidade

Fernanda Carvalho, Diamantino Henriques, Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos, João Porteiro, Patrícia Navarro

18 de setembro de 2022

The Earth's climate is the result of complex interactions between various subsystems, and climate change has a direct impact on the energy sector. In the Azores, despite advances in renewable energy, there is still a heavy dependence on fossil fuels. Climate models predict a temperature increase of between 2.1°C and 3.3°C by 2100 and a reduction in precipitation, exacerbating water scarcity and hydroelectric power production. Thermal and wind energy tend to lose efficiency, while solar energy emerges as the most promising alternative, with an annual growth potential of around 2%.

O Clima da Terra é o resultado de um enorme conjunto de interações não lineares entre vários subsistemas do Sistema Climático. O termo Alterações Climáticas (AC) tem sido adotado como uma mudança do clima devida a causas naturais ou antropogénicas.

O setor da energia é o maior contribuinte para as emissões de gases com efeito de estufa à escala global, mas poderá também ser seriamente afetado devido à mudança climática.

Neste trabalho, utilizam-se as projeções climáticas baseadas num conjunto de modelos numéricos de circulação global, para simular o clima até ao final do século e tendo presente os cenários alternativos de emissões poluentes. Na *Região Autónoma dos Açores (RAA)*, apesar dos esforços na implementação de energias renováveis, a dependência dos combustíveis fósseis para a produção de energia continua a ser elevada. Para o estudo das projeções climáticas para os Açores, foram utilizados os resultados dos modelos acoplados CMPI6 (*Coupled Model Intercomparison Phase 6*) para a região dos Açores e para os cenários de trajetórias socioeconómicas partilhadas SSP2 4.5 e SSP5 8.5. Para as projeções da velocidade do vento foram utilizadas as médias de conjunto de apenas três modelos do CMIP6: NorESM2-MM (NCC, Noruega), ACCESS-CM2 (CSIRO-ARCCSS, Austrália), GFDL-ESM4 (NOAA-GFDL, E.U.A.).

Nesta perspetiva, são apresentados alguns resultados de projeções climáticas obtidas

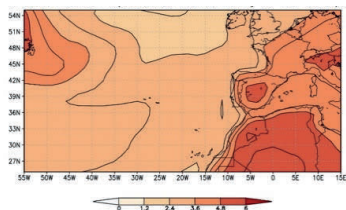


Figura 1 - Diferenças (°C) do campo da temperatura média anual do ar à superfície projetadas para o cenário SSP5 8.5 entre os períodos 2071-2100 e 1991-2020.

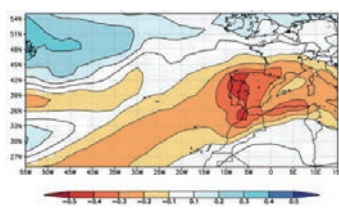


Figura 2 - Diferenças (mm) do campo da precipitação média anual projetadas para o cenário SSP5 8.5 entre os períodos 2071-2100 e 1991-2020.

para a região dos Açores, baseadas em dois cenários SSP. O aumento de temperatura projetado até o final do século XXI

(2071-2100)

encontra-se entre $2,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$ (SSP2 4.5) e $3,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$

(SSP5 8.5) relativamente aos valores de referência de 1961-1990. No cenário mais desfavorável (SSP5 8.5), a diferença entre as temperaturas dos últimos 30 anos (1991-2020) e os últimos 30 anos deste século (2071-2100) é de 2 a 4°C para grande parte do Atlântico Norte (Figura 1). Cerca de 85,8% da energia elétrica produzida na RAA em 2019 era de origem térmica e geotérmica. No entanto, o rendimento das máquinas térmicas depende em geral das condições de temperatura ambiente, sendo que o mesmo diminui com o aumento da temperatura do ar.

Os efeitos do aquecimento global na evolução e distribuição da precipitação não são evidentes. Se por um lado é esperado um aumento da evaporação e da quantidade de vapor de água na atmosfera, não é óbvio que isto se traduza num aumento equivalente de precipitação. Interpretando a Figura 2, verifica-se que, a variação de precipitação projetada até o final do século XXI (2071-2100) encontra-se entre $-0,03 \pm 0,05$ mm/dia e $-0,09 \pm 0,05$ mm/dia relativamente aos valores de referência de 1961-1990. No cenário

mais desfavorável (SSP5 8.5), a diferença entre as quantidades médias anuais de precipitação dos últimos 30 anos (1991- 2020) e os últimos 30 anos deste século (2071- 2100) é de -0,1 e -0,2 mm/dia para a região do Atlântico adjacente que inclui os grupos central e oriental dos Açores.

A produção de energia hídrica conta apenas com a água de nascentes e de ribeiras cujo caudal depende muito da precipitação que ocorre num dado momento. Os resultados das projeções atrás apresentados apontam para um agravamento da disponibilidade de energia hídrica durante alguns meses do ano. Referenciando o cenário SSP5 8.5, estima-se até ao final de 2100 o aumento dos períodos de seca em 4,8 dias/ano.

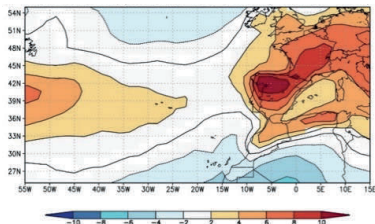


Figura 3 - Diferenças (Wm^{-2}) do campo da média anual da irradiância global mensal projetadas para o cenário SSP5 8.5 entre os períodos 2071-2100 e 1991-2020.

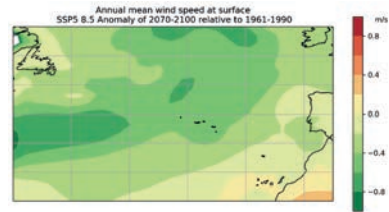


Figura 4 - Diferenças relativas na velocidade média anual do vento à superfície projetada para 2071-2100 para o cenário SSP5 8.5 relativamente ao período de 1961-1990.

A Figura 3 apresenta a diferença relativa entre os campos da irradiância média anual à superfície para a região do Atlântico Norte no final do século XXI (2071-2100) e no passado recente (1991-2020) para o cenário SSP5 8.5. Estas projeções mostram um aumento da irradiância global média anual até $2 Wm^{-2}$. Assim, a energia solar surge como uma alternativa renovável favorável.

O aquecimento global tem como consequência direta o enfraquecimento do gradiente térmico entre os polos e o equador, podendo por isso alterar os padrões de circulação global. A Figura 4 apresenta as diferenças relativas na velocidade do vento à superfície projetada para 2071-2100 para o cenário SSP5 8.5 relativamente ao período de 1961-1990 para a região do Atlântico Norte. As diferenças projetadas para a região dos Açores são negativas e variam entre -0,4 a -0,5 ms^{-1} .

Em resumo, os impactos das AC na produção e no consumo de energia térmica e geotérmica são francamente negativos para a RAA. Em relação à energia hídrica, os resultados das projeções apontam para um agravamento da disponibilidade deste tipo de energia durante alguns meses do ano. As projeções climáticas são favoráveis para o caso da energia solar, onde se estima um aumento de 2% anual. Porém, as projeções climáticas apontam para uma diminuição na densidade de energia eólica da ordem dos 15% até ao final do século. Com exceção da energia solar, os resultados para a região dos Açores mostram um impacto negativo para a produção e consumo de energias renováveis.

Divertir-se a aprender

Abordagem interativa na divulgação e educação científica

Daniela Gabriel, Ana I. Ferreira, Helena Calado

2 de outubro de 2022

The CRYPTO Project aims to bring science closer to people by studying seaweed in the Azores and the risk of invasive species through DNA analysis and oceanographic modelling. More than just research, the project focuses on education and scientific dissemination, inviting the public to observe, question and actively participate in the protection of the marine ecosystem. The idea is simple: to show that science is done by curious people, just like any of us, and that learning can be an interactive, practical and fun experience, essential for building a shared environmental awareness.

O que é um cientista? Como se faz investigação científica? Quais são as diferenças entre os diferentes organismos? Onde encontramos esses diferentes organismos? Como os podemos ver em detalhe? Que detalhes devemos procurar?

Ou ainda, quando falamos de algas... Quantos tipos de algas existem? Qual a importância das macroalgas marinhas? Que diferença faz, para a vida cotidiana, se as algas são nativas ou introduzidas nos Açores? Como as algas não nativas são introduzidas nos Açores? O que é possível fazer para evitar invasões no meio aquático?

Tantas perguntas surgem facilmente no público, quando expostos a temas científicos. Mas como gerar um ambiente propício a este diálogo? Obviamente que parte da resposta passa pela capacitação dos professores que têm um papel fundamental na formação dos seus alunos e tão bem os conhecem, mas que nem sempre têm o tempo e os recursos necessários.

Outra solução a explorar passa pelo desenvolvimento de atividades pelos Centros de Ciência com os Centros de Atividades de Tempos Livres, uma vez que estes espaços dispõem de maior flexibilidade na gestão do tempo e das atividades a realizar, mas, por vezes, carecem de formação científica específica para levar a cabo essa tarefa.

Por último, e não menos importante, deve haver um contínuo investimento público na promoção da cultura científica, seja através de apoio aos Centros de Ciência, como possibilitando outras iniciativas de partilha do conhecimento científico ao público.

No entanto, depois de anos a ouvirmos falar de divulgação e educação científica, sabemos que isso não basta.



Figura 1 - Atividades dinamizadas pelo Expolab – Centro Ciência Viva, no âmbito do Ciência Viva no Verão: “Poças de Maré – Refúgios de Biodiversidade”, em São Miguel (esquerda); “Sunset na RAEGE”, em Santa Maria (direita)

E que tal levarmos a ciência, tal como é feita nos centros de investigação e por quem a faz diariamente ao público? Afinal um cientista é uma pessoa como outra qualquer, e que apenas tem a cabeça cheia de perguntas específicas e que desenvolve estudos para tentar encontrar respostas.

E se traduzirmos os conceitos e técnicas científicas em linguagem apropriada para diferentes públicos-alvo, em escolas, portos de pesca, ou empresas marítimo-turísticas?

Sim, porque explicações em linguagem técnica existem muitas, mas nem todos as conseguem compreender.

E se levarmos o público aos locais onde a ciência é feita, seja em trabalho de campo ou de laboratório, onde as perguntas surgem e podem ser respondidas? Pois é assim que começa o método científico: observação, identificação de questões, e formulação de hipóteses.

E se adaptarmos jogos simples e conhecidos por todos com temas específicos onde podemos abordar e explorar esses temas enquanto se joga? A velha expressão “é brincando que se aprende” é e sempre será verdadeira.



Figura 2 - Atividades desenvolvidas para a Associação Juvenil da Ilha de Santa Maria, em colaboração com o Expolab: “Passeio Interpretativo Multidisciplinar” (esquerda); “Triagem, Identificação e Preservação de Macroalgas” (direita)

Como cientistas, não temos resposta para todas as perguntas, mas sabemos que só se consegue a aplicação prática dos resultados científicos se houver a participação de todos. O Projeto CRYPTO pretende determinar a origem, distribuição e risco de algas potencialmente invasoras nos Açores, com base na aplicação de técnicas avançadas como análises de ADN e modelação oceanográfica. No entanto, é preciso observar o desenvolvimento das algas com potencial invasor, para que se possa agir no controle e erradicação nos estágios iniciais da possível invasão. E quem melhor para observar esse desenvolvimento que as pessoas que passam as suas horas de trabalho ou lazer junto ao mar? Esse é um dos motivos por que o CRYPTO tem uma forte componente de divulgação e educação científica, visando a participação da população na proteção do ambiente e na conservação do singular ecossistema açoriano.

Por isso queremos que nos façam perguntas. E que as respostas gerem mais perguntas, numa escalada que leva não só a transferência de informação de qualidade (e duradoura), como também a uma consciência comunitária que capacita a todos para fazerem a diferença. É preciso desmistificar e simplificar a ciência para torná-la não só interessante como acessível a todos. De preferência de forma interativa, viva, e, claro, divertida.

História e evolução do mergulho científico

Parte I

Paulo Torres

11 de dezembro de 2022

Scientific divers are researchers who descend to the bottom of the sea to observe, measure and record underwater life and environments, using specialised equipment to work underwater. They count organisms, collect samples, take photographs and install monitoring devices. Although this practice has its roots in ancient diving, it was only in the 20th century that scientific diving established itself as a rigorous method of study. Today, it is an essential tool in marine biology, geosciences and archaeology, continuing a long history that stretches from Aristotle and Alexander the Great to today's autonomous and robotic diving systems.

Os mergulhadores científicos utilizam conhecimentos e técnicas especializadas para estudar o ambiente subaquático, através de equipamentos e ferramentas especificamente adaptadas para o mergulho e o trabalho em imersão. O papel principal de um mergulhador científico é o de observador e coletor de dados. Atividades comuns incluem censos visuais e contagens de organismos vivos, colheita de amostras biológicas ou físicas, prospeções subaquáticas, fotografia, vídeo e colocação de equipamentos de recolha de dados e monitorização.

Em 1967, o zoólogo Rupert Riedl (1925-2005) propôs uma classificação para o



Figura 1 - Homens, já com algo similar a óculos de mergulho, a recolher amostras de coral. Gravura de Jan van der Straet (Johannes Stradanus), 1578 (British Museum London, Ref. 1957,0413.57)

desenvolvimento do mergulho científico em biologia marinha em cinco fases. O primeiro, de 1780 a 1840, antes do estabelecimento de centros de investigação do oceano e do desenvolvimento de questões ecológicas. As fases dois e três sobrepõem-se parcialmente e datam de 1942, a partir da introdução do equipamento de mergulho com escafandro autónomo SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*). Atualmente, e de acordo com este autor, estamos

no início da fase quatro. A fase cinco é caracterizada pelo uso de sistemas de mergulho não tripulados e controlados remotamente. Esta classificação ainda hoje é usada como referência para a história do mergulho científico.

Riedl viu o mergulho científico como um novo método para obter conhecimento biológico marinho, principalmente nas regiões mais costeiras. Entretanto, os conceitos e objetivos do mergulho científico tornaram-se significativamente mais amplos. Hoje, o mergulho científico é uma abordagem metodológica bem estabelecida, internacionalmente valorizada, e reconhecida em eco, bio e geociências ou arqueologia.

Antiguidade e século XVI

Há milhares de anos atrás, os mergulhadores costeiros foram os primeiros humanos a mergulhar no mar em busca de alimentos como caracóis, conchas e algas, bem como para recolher pérolas, corais e esponjas, difundindo as primeiras descobertas e conhecimentos empíricos do mundo subaquático (Figura 1).

Alguns registos indicam que Alexandre, o Grande (356-323 aC) mergulhou no mar num barril de vidro para se maravilhar com o mundo subaquático desconhecido (Figura 2). A precisão das pesquisas de Aristóteles sobre peixes e invertebrados marinhos indica que a oceanografia fazia parte da sua pesquisa, e algumas das suas informações - como os

hábitos reprodutivos do polvo - só podem ter sido obtidas através da observação de mergulhadores. Nas obras de Theophrast, mencionam-se vários detalhes de plantas marinhas, provavelmente provenientes de observações e informações recolhidas por mergulhadores de esponjas.



Figura 2 - Uma pintura medieval mostrando Alexandre, o Grande, descendo num submersível. Sinos de mergulho (ver nota) usados na Europa medieval eram chamados de "recipientes de Alexandre"

Aristóteles foi o primeiro a preocupar-se com a fisiologia do mergulho e os efeitos da pressão nos ouvidos, sugerindo que mergulhadores de esponjas deveriam respirar através de tubos, e levar um pequeno recipiente para as profundezas como um reservatório de ar. Aristóteles poderá ter copiado essa ideia da natureza. A aranha de água, por exemplo, pode ficar submersa por um longo período, produzindo uma bolsa de ar que fixa a uma planta aquática extraindo ocasionalmente, ar.

Mais tarde, em 1535, ocorreu o primeiro mergulho verificável com propósito científico puro com um aparelho de mergulho. No Lago Nemi, na Itália, o arquiteto Francesco de Marchi (1504-1576), usando um capacete de mergulho aberto, mergulhou numa antiga barca romana com cerca de 70 metros de comprimento e 20 metros de largura. De Marchi fez dois mergulhos, o primeiro por meia hora e, o segundo, uma hora inteira, a uma profundidade de 14 metros. O ar era fornecido através de uma bomba na superfície ligada ao capacete de mergulho. O objetivo desta pequena campanha era o estudo arqueológico da barca e os artefactos recuperados foram posteriormente examinados e exibidos em Roma. Francesco estava também interessado em investigar e documentar os efeitos da água e da pressão sobre a visão e audição.

Na próxima edição, continuaremos esta viagem sobre a história e evolução do mergulho científico, a partir do século XVII até aos dias de hoje.

História e evolução do mergulho científico

Parte II

Paulo Torres

25 de dezembro de 2022

Between the 17th and 20th centuries, diving evolved from a dangerous and limited activity to a true scientific method. Initially used to salvage ships and treasures, the diving bell allowed for the first underwater observations and studies on pressure and light by scientists such as Halley and Boyle. In the 18th century, naturalists collected shells and corals for the first marine studies. In the 19th and 20th centuries, diving helmets and then autonomous SCUBA equipment brought freedom and mobility, marking the beginning of modern scientific research on the seabed.

O século XVII

A partir do século XVII, o desenvolvimento do mergulho foi, fundamentalmente, impulsionado por interesses económicos e científicos. A “corrida” ao ouro tomou conta da Europa à medida que cargas cada vez mais valiosas eram recuperadas de galeões espanhóis afundados no Caribe. Por outro lado, o mergulho começou a ter um papel importante no resgate de navios na Europa, especialmente na Suécia. O exemplo mais famoso é o trabalho no naufrágio do navio de guerra sueco *Vasa*, perto de Estocolmo, em 1662. Outro exemplo, foi a recuperação de canhões do navio dinamarquês *Sancta Sophia*, a uma profundidade de 33 metros ao largo de Gotemburgo, em 1658, a primeira vez em que se trabalhou a essa profundidade.

Matthew Rochford, que fazia parte da equipa de mergulho nos naufrágios, produziu um relatório para a *Royal Society of London*, no qual explicou a importância da utilização do sino de mergulho (Figura 1). Também relatou a recolha de “*algumas frutas do fundo do mar*”, que, possivelmente, seriam algum tipo de alga marinha. Neste documento, encontramos, pela primeira vez, uma descrição das mudanças nas condições visuais subaquáticas. No entanto, foi apenas em meados do século XVIII que a *Royal Society* se envolveu sistematicamente no estudo da fauna e flora subaquáticas. Contudo, a atividade era considerada como perigosa, apenas praticada por escravos e classes baixas, um pensamento que perdurou entre os cientistas até o século XX, limitando necessariamente o seu desenvolvimento.

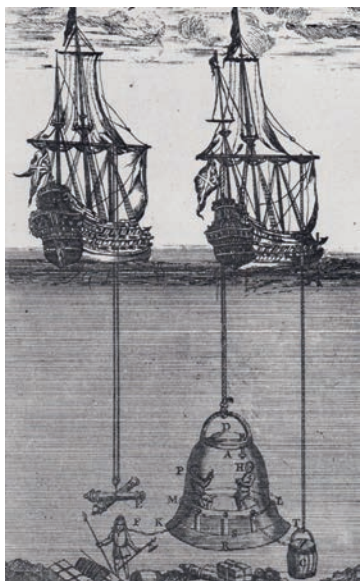


Figura 1 - Operações de mergulho com recurso a um sino de mergulho, no desastre de Tay Bridge tiradas do *Illustrated London News*

Mais tarde, o professor escocês da Universidade de Glasgow, George Sinclair, que havia mergulhado no sino em 1665, escreveu o livro *Ars Nova et Magna Gravitatis et Levitatis* (1669), que contém um dos mais abrangente e detalhados tratados sobre o sino de mergulho. Sinclair foi, com Robert Boyle, um dos primeiros autores no campo da hidrostática e relatou diversas experiências subaquáticas, incluindo medições de pressão do ar no sino a uma profundidade de 10 metros, os primeiros passos relacionados com a física do mergulho.

O astrónomo Edmond Halley (1656-1742), um amante da teoria do mergulho, procurou compreender os efeitos da pressão nos ouvidos do mergulhador. Foi também dos primeiros a observar a mudança do brilho e as cores com a profundidade, curiosidade que relatou a Isaac Newton (1643-1727), que estava especialmente interessado na observação de cores diferentes dentro do sino de mergulho. Halley tinha uma janela de vidro instalada na parte superior do seu sino que permitia que a luz do sol entrasse. Ao colocar a sua mão espalmada na luz do sol, a mão

tinha uma cor avermelhada na parte superior e uma cor esverdeada na parte inferior, onde a luz era refletida pela água sob o sino.

O século XVIII

No início deste século, embora novas descobertas científicas já tivessem sido feitas com recurso ao sino de mergulho, este não se estabeleceu como método de investigação. O seu custo era elevado e o mergulhador não tinha mobilidade suficiente. Nesta época, Hans Sloane (1660-1753) e Luigi Ferdinando Marsigli (1658-1730) recolheram durante as suas viagens um número considerável de conchas, corais, esponjas (“*submarinos*” como eram conhecidos) e peixes para análise por naturalistas e taxonomistas. Na década de 1780, o biólogo marinho Filippo Cavolini (1756-1810) utilizou mergulhadores para obter material para o seu estudo sobre as gorgónias do Golfo de Nápoles. Entre 1785 e 1792, Cavolini publicou três livros descrevendo a fauna e flora subaquática do Golfo.

Alguns anos depois, Adam Walker (1731-1821), relatou observações feitas durante um mergulho noturno no sino de mergulho, cujo objetivo era investigar a vida subaquática à noite.

Os séculos XIX e XX

A partir do século XIX, cada vez mais cientistas começaram a participar em mergulhos com sinos de mergulho e a realizar as suas próprias investigações. Nesta época, biólogos marinhos e arqueólogos começaram a usar capacetes de mergulho abertos com suprimento de ar conectados por uma bomba no barco. Estes eram sinos de mergulho reduzidos que permitiam ao mergulhador maior mobilidade, leve, simples e barato, usados repetidamente para mergulho científico, especialmente nas águas quentes do Caribe e do Mediterrâneo, até as primeiras décadas do século XX.

Em 1942, Hans Hass (1919-2013) foi o primeiro cientista a utilizar um aparelho de mergulho autónomo (Figura 2), possibilitando o movimento independente no espaço tridimensional, dando início a toda uma nova era no mergulho científico.



Figura 2 - Hans Hass durante a sua expedição de 1942 no Mar Egeu equipado com seu dispositivo de mergulho examina uma sabella (verme tubícola) no fundo do mar (adaptado de Hass, 1954).

Investigadores da UAc e do ISA publicam dois artigos sobre as implicações das alterações climáticas na distribuição e conservação das árvores endémicas e nativas de Cabo Verde

Danilson Varela, Maria Romeiras, Luís Silva

2 de abril de 2023

Researchers from Portuguese and Cape Verdean institutions studied how climate change affects endemic and native trees in Cape Verde. Using ecological modelling and machine learning, they analysed species such as the dragon tree, the Cape Verdean palm tree, the marmulano tree and the white hawthorn. The results show that global warming could reduce the distribution area of some species, although others, more adapted to drought, could expand. The work provides crucial information for the conservation and environmental management of the archipelago, highlighting the role of science in defending biodiversity and sustainable development.

Os investigadores Danilson Varela (Nova Business School, CIBIO), Maria Romeiras (ISA, LEAF) e Luís Silva (UAc, CIBIO) publicaram dois estudos técnico-científicos nas revistas internacionais “Frontiers in Ecology and Evolution” e “Global Ecology and Conservation”, acerca dos fatores climáticos que afetam a distribuição das árvores endémicas e nativas de Cabo Verde.

No primeiro artigo, intitulado “Implications of climate change on the distribution and conservation of Cabo Verde endemic trees”, os autores analisaram os impactos das alterações climáticas na distribuição, valorização e conservação das árvores endémicas



de Cabo Verde. Já no segundo artigo, intitulado "Present and future distribution of *Faidherbia albida* in Cabo Verde as revealed by climatic modelling and LULC analysis", os autores efetuaram um estudo semelhante, abordando uma espécie de árvore nativa do continente africano e de Cabo Verde, considerando também as restrições ligadas ao uso do solo.

Os resultados de ambos os estudos traduzem-se em inestimável valor ecológico, técnico e científico para o pequeno arquipélago de Cabo Verde, pois as ilhas sahelianas cabo-verdianas são particularmente vulneráveis à desertificação e ao desequilíbrio ecológico, devido a uma série de condicionalismos relacionados com o seu clima tropical seco, escassez hídrica, solos pobres, ravinas, excessiva erosão, pouca terra arável, e recursos naturais escassos, mormente os recursos florestais e hidrológicos.

A análise dos impactos das alterações climáticas na distribuição, conservação e valorização das árvores endémicas, assim como a análise do uso do solo e alterações nos padrões do clima na distribuição e conservação das árvores nativas teve as seguintes finalidades i) fornecer informação técnica e científica às entidades cabo-verdianas sobre os impactos das alterações climáticas nos recursos florestais usando uma abordagem ecológica e socioambiental e ii) prever, por meio de modelação ecológica, as possíveis alterações futuras no habitat das árvores estudadas, em diferentes cenários de mudanças climáticas.

Em termos técnicos, os estudos confirmaram as vantagens do uso de métodos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) na modelação da distribuição espacial de espécies lenhosas em sistemas insulares.

O primeiro estudo foca-se nas três únicas espécies arbóreas endémicas do arquipélago: *Dracaena draco* subsp. *caboverdeana* (dragoeiro), *Phoenix atlantica* (palmeira cabo verdeana) e *Sideroxylon marginatum* (marmulano). O segundo estudo avalia a distribuição atual e futura de *Faidherbia albida* (espinheiro-branco), que é um elemento arbóreo nativo importante em Cabo Verde, e com ampla distribuição na África Subsaariana.

De entre os principais resultados destaca-se que a distribuição potencial das árvores endêmicas, *Dracaena draco* subsp. *caboverdeana* e *Sideroxylon marginatum*, deverá diminuir no contexto de futuras alterações climáticas, enquanto *Phoenix atlantica*, espécie adaptada a condições mais áridas, poderá aumentar a sua área de distribuição. Santo Antão é a ilha onde as árvores endêmicas estão mais representadas na Rede de Áreas Protegidas de Cabo Verde. Os resultados da modelação ecológica para *Faidherbia*



albida sugerem que as alterações de uso e ocupação do solo têm maior importância que as variáveis climáticas na distribuição desta espécie em Cabo Verde.

Recorda-se que o presente estudo está enquadrado no projeto “CV AGROBIODIVERSITY - Changes and plant genetic resources: the overlooked potential of Cabo Verde's endemic flora”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), e pela Aga Khan Development Network (AKDN). O projeto, coordenado pela Prof.^a Maria Romeiras, em que a equipa do CIBIO-Açores (UAç) foi liderada pela Prof.^a Mónica Moura, permitiu uma colaboração interdisciplinar, colocando a ciência e a investigação científica em prol dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Efeitos da acidificação oceânica

Um laboratório natural nos Açores

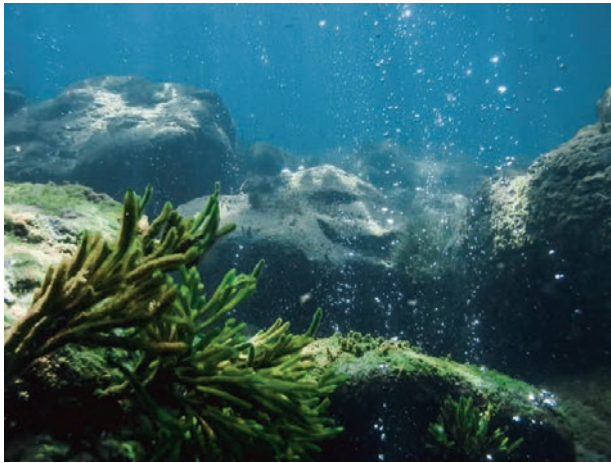
João Faria

3 de setembro de 2023

Ocean acidification, caused by excess atmospheric CO₂, threatens marine life by hindering the formation of shells and skeletons and altering the balance of ecosystems. In the Azores, coastal areas such as Ribeira Quente, in São Miguel, serve as natural laboratories where these effects are studied. Portuguese and British researchers analysed microbial communities associated with marine species and discovered differences in their microbiomes under higher CO₂ levels. These observations help us understand how organisms adapt and prepare conservation and ocean management strategies for a more acidic future.

As emissões de CO₂ na atmosfera têm vindo a aumentar exponencialmente por força da industrialização, da queima de produtos fósseis e da desflorestação. A maior parte desse CO₂ é absorvido pelos oceanos; um processo chave para evitar a acumulação de gases com efeito estufa na atmosfera. Infelizmente o custo desta absorção é uma redução significativa do pH do mar e consequente acidificação com impactos negativos nos ecossistemas marinhos. Por exemplo, a acidificação dos oceanos reduz a quantidade de carbonato, um elemento essencial para a formação de conchas e esqueletos de muitos organismos marinhos (e.g. moluscos, corais, etc.), limitando a sua existência neste tipo de ambiente. Mais ainda, a acidificação pode facilitar a dissolução ou erosão das estruturas já existentes afetando o crescimento e capacidade reprodutora de muitas espécies marinhas.

Nos Açores, em certas zonas costeiras de baixa profundidade (<10m) é possível observar a emissão de gases, maioritariamente composto por CO₂ (~99.9%). Estes são capazes



de criar gradientes físicos-químicos de pH semelhantes ao que se prevê que aconteça no futuro numa situação de acidificação dos oceanos por força do aumento de CO₂ libertado na atmosfera. São locais caracterizados por comunidades biológicas distintas, e onde se criam relações entre espécies muito particulares,

representando por isso, um laboratório natural por excelência para aumentar o nosso conhecimento sobre o impacto e as consequências da acidificação dos oceanos nos ecossistemas costeiros.

Na Ribeira Quente, ilha de São Miguel, junto à praia do Fogo, é possível observar um destes locais. Embora aqui, também exista libertação de água termal quente, esta não é suficiente para alterar a temperatura da água em redor dos habitats rochosos onde várias espécies vivem. Neste ambiente dominam algumas espécies de algas como sejam o *Codium adhaerens*, *Halopteris scoparia*, e *Cladostephus spongiosus*. As algas coralinas e crostas calcárias, bastante abundantes em todo o arquipélago, estão praticamente ausentes. São também raros os avistamentos de lapas, cracas e outros moluscos. É, no entanto, notável a abundante presença de uma variedade de peixes que parecem ser indiferentes ao processo de acidificação da água neste local.

A dominância de algumas espécies neste tipo de ambiente pode estar relacionada com adaptações genómicas das próprias espécies ou mesmo com a associação a comunidades microbianas específicas. De facto, estas relações simbióticas podem ser

altamente exclusivas e desempenhar um papel fundamental na ecologia e evolução de muitos organismos marinhos contribuindo para a sua saúde, crescimento e sobrevivência. Investigadores da Universidade dos Açores, Universidade do Algarve e Universidade de Plymouth procuraram caracterizar as comunidades microbianas em associação com organismos na Ribeira Quente. Não foram encontradas diferenças nas comunidades microbianas presentes nas amostras ambientais (água do mar e sedimentos). Além disso, também não se detetaram alterações na riqueza do microbioma entre os locais de emissão de CO₂ e os locais de referência (sem libertação de CO₂). No entanto, 3 de 4 espécies hospedeiras presentes nos locais de emissão de CO₂ apresentaram um microbioma distinto em termos de abundância relativamente ao que foi encontrado nas condições de referência. Estes resultados indicam que sob diferentes condições ambientais, os hospedeiros talvez possuam a capacidade de influenciar ativamente a composição do respetivo microbioma associado.



As zonas costeiras de baixa profundidade onde ocorrem emissões de CO₂ para água oferecem um grande potencial para estudar os efeitos da acidificação oceânica no ecossistema marinho. Estas áreas são preferíveis comparativamente a experiências manipulativas, pois permitem medir os efeitos diretos e indiretos nos padrões e processos ecológicos marinhos, e também avaliar a capacidade dos organismos marinhos em adaptarem-se a variações ambientais. Em suma, o estudo de zonas submersas onde ocorrem emissões de CO₂ é fundamental para antecipar e entender os efeitos da acidificação oceânica prevista para o futuro, fornecendo informações valiosas para a ciência, conservação e gestão dos oceanos.

Microplásticos

Uma ameaça silenciosa

Luísa Amorim, Paulo Torres

15 de outubro de 2023

Every year, millions of tonnes of waste, mainly plastic, are dumped into the sea, threatening marine life and ecological balance. In the Azores, researchers from the University of the Azores have identified microplastics — fibres, microspheres and fragments — in rivers and beaches on São Miguel, with the highest concentration in the western part of the island. This waste comes from laundry, fishing and hygiene products, accumulating in the coastal environment. The study warns of invisible pollution that affects even seemingly untouched places and highlights the urgency of reducing plastic use and strengthening environmental education.

Todos os anos milhões de toneladas de lixo de origem antropogénica, são despejados para o oceano, afetando ecossistemas, seres vivos, e eventualmente o próprio Homem. O plástico é o componente maioritário desses detritos que usamos no nosso dia-a-dia há mais de 100 anos. Os microplásticos são o resultado da libertação ou fragmentação de pedaços de plástico em partículas menores que 5 milímetros. Estes detritos são omnipresentes em todo o ambiente marinho, como praias, estuários, superfície da água e fundo do mar. Esta problemática põe em perigo inúmeros organismos marinhos, incluindo zooplâncton e ovos, embriões e larvas de peixes, contaminados quer por ingestão de partículas microscópicas, quer pela sua adesão às carapaças e apêndices dos organismos.

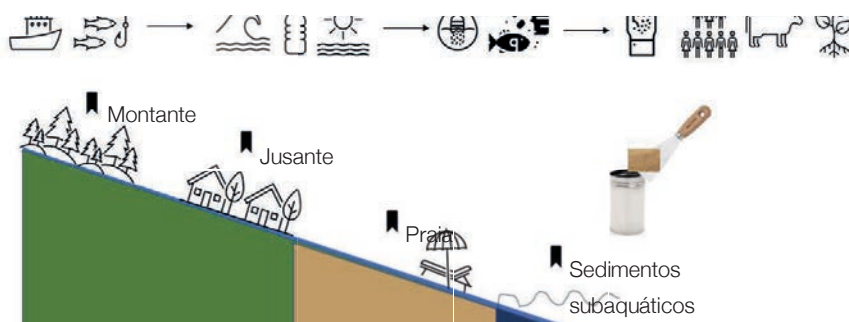


Figura 1 - Diagrama e protocolo de amostragem

que concentra detritos marinhos que se encontram à deriva e, naturalmente, arrojam junto à costa das ilhas. Por outro lado, o crescimento do turismo e as rotas comerciais entre a América e a Europa constituem uma potencial fonte de poluição que não deve ser subestimada.

Recentemente, investigadores da Universidade dos Açores desenvolveram um estudo com o objetivo de perceber a quantidade, tamanho e categoria de microplásticos existentes ao longo da costa da Ilha de São Miguel, através da amostragem de sedimentos em diversas ribeiras, desde o seu ponto mais a montante até à costa, de modo a perceber o padrão de distribuição e acumulação daqueles poluentes (Figura 1).

No geral, a categoria mais abundante foi a das fibras, seguida de microesferas e dos fragmentos (Figura 2). O setor da ilha com mais e maiores microplásticos foi a zona Oeste. A Ribeira Quente foi o local que apresentou maior abundância, enquanto a menor quantidade de microplásticos foi registada na Ribeira da Praia. Nas praias, a maior abundância foi detetada na praia da Ribeira Grande (0,72 microplásticos por grama de amostra). As cores mais abundantes foram o transparente, preto e azul (Figura 2). Esta

variação de cor, nomeadamente a presença mais significativa do “transparente”, indicia processos de degradação no meio ambiente marinho.

As fibras derivam da saída de água da máquina de lavar, a partir de tecidos sintéticos. Por cada lavagem padrão, até 700.000 fibras podem ser libertadas no ambiente aquático através de águas residuais, que se acredita serem a origem de muitas das fibras distribuídas por todo o ecossistema marinho. Estas também podem entrar no meio ambiente através da fragmentação de cordas e redes de pesca, que se acredita representarem 18% de todos os detritos. Isto é particularmente importante nos Açores, tendo em conta a importância socioeconómica da pesca.

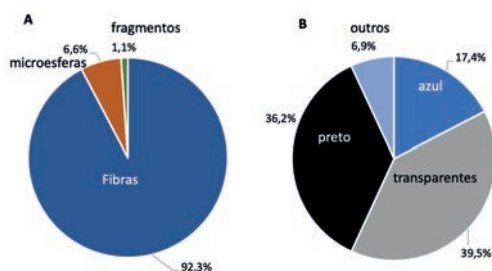


Figura 2 - A: Percentagem categorias de microplásticos. B: Percentagem cores de microplásticos. As microesferas são microplásticos usados em produtos de higiene pessoal, como esfoliantes, produtos de limpeza e dentífricos, prejudiciais devido à sua capacidade de absorver e concentrar substâncias hidrofóbicas tóxicas na água. Vários estudos apontam para a incapacidade de remoção destes microplásticos durante o tratamento da água, resultando muitas vezes na sua libertação em cursos de água.

As microesferas estão amplamente dispersas no ambiente e são particularmente prevalentes em áreas mais costeiras, tal como confirmado com este estudo. Considerando que a cor mais comum foi a transparente e o tamanho variou entre 0,2 mm e 1 mm, é aceitável concluir que essas microesferas são originadas de produtos de higiene pessoal e cosméticos comercializados na região.

Os resultados mostraram variabilidade significativa da abundância e dimensão de microplásticos ao longo do gradiente terra-costa-mar. A abundância de microplásticos parece aumentar significativamente em direção à costa, arrastados por fortes chuvas e acumulando-se perto da costa e nas praias, embora zonas mais a montante das ribeiras tenham apresentado uma inesperada elevada densidade (por vezes, mais elevada do que nas praias). A abundância aumenta igualmente com a proximidade de zonas urbanas, e em locais com menor granulometria dos sedimentos. A dimensão de microplástico diminui significativamente em direção a zonas mais costeiras e é igualmente afetada pela distância a localidades. As praias funcionam como um local de armazenamento de microplásticos provenientes do interior da ilha e que chegam transportados pelo mar.

Este estudo revelou uma importante fonte local de microplásticos que deve ser seriamente abordada no que diz respeito à gestão do lixo e a ações de mitigação e sensibilização ambiental da população.

Programa MoniCO

De olhos postos na ecologia costeira

Inês Gomes, Paulo Torres, Pedro Afonso

17 de março de 2024

The MoniCO programme, coordinated by OKEANOS and IMAR at the University of the Azores, monitors the biodiversity and coastal habitats of the archipelago, contributing to the sustainable management of fisheries and marine protected areas. Through scientific dives, underwater videos and studies on fish, algae and crustaceans, the team collects vital data on the state of marine ecosystems. Since 2018, it has recorded thousands of observations and hours of footage, reinforcing the role of the Azores in ocean research and in meeting the Sustainable Development Goals related to marine life.

O programa de monitorização MoniCO (programa de monitorização de espécies e habitats costeiros dos Açores) abrange um plano integrado a longo prazo de monitorização da biodiversidade e dos recursos costeiros para apoiar a avaliação periódica do estado de conservação, num contexto de gestão articulada e integrada das pescas e AMPs (Áreas Marinhas Protegidas) costeiras. Este programa é liderado pelo Instituto de Investigação em Ciências do Mar OKEANOS da Universidade dos Açores e pelo IMAR Instituto do Mar.

A estratégia de monitorização baseia-se no conhecimento atual sobre a biodiversidade e os recursos costeiros, com o objetivo de garantir um plano de apoio à gestão que seja integrado, ecologicamente coerente, inclusivo dos utilizadores e partes interessadas, e, sobretudo, viável. Este plano foi concebido para incorporar diversas unidades de monitorização distribuídas por áreas com diferentes regimes de proteção marinha, refletindo uma escala temporal e espacial adequada à complexidade, variabilidade e abrangência do arquipélago. A sua execução está pensada de forma integrada, de modo a otimizar os recursos financeiros, técnicos e logísticos disponíveis, promovendo a complementaridade e a maximização da utilidade da informação obtida.

Neste programa, definem-se como “costeiros” as espécies e habitats que ocorrem



Figura 1 - Mergulhador a realizar censos visuais a partir de um transecto.
@MoniCO

exclusiva ou predominantemente nas plataformas das ilhas (até cerca de 200 m de profundidade). A escolha de espécies, habitats e metodologias selecionadas assentam em necessidades e compromissos regionais e comunitários em matérias de política de pescas e conservação marinha. Incluem assim espécies e habitats prioritários/listados nos diversos instrumentos legais de conservação da natureza, permitindo dar resposta aos requisitos da Política Comum das Pescas, à Diretiva Quadro Estratégia Marinha, bem como aos

compromissos da Rede Natura e aos objetivos gerais de desenvolvimento sustentável (#14) da Agenda 2030 das Nações Unidas.

O programa inclui vários módulos e metodologias de monitorização, entre eles os censos visuais subaquáticos que visam a avaliação da abundância e distribuição da biodiversidade marinha e de recursos pesqueiros através de censos visuais diretos (no intertidal) e por mergulho com escafandro autónomo (no subtidal) para estudo das comunidades de peixes, macroinvertebrados e algas (Figura 1). Este programa tem como objetivo dar continuidade aos censos visuais costeiros iniciados em 1997, destinados à monitorização de espécies, habitats e áreas marinhas protegidas. Nos anos de 2022 e 2023, a equipa realizou **146 mergulhos** em **todas as ilhas do arquipélago**, durante os quais foram observados e medidos **mais de 50 000 peixes**, totalizando **mais de 850 horas de trabalho de campo**.

O MoniCO inclui também módulos dedicados à monitorização de elasmobrânquios através de BRUVs (Baited Remote Underwater Vídeos), câmaras montadas numa estrutura facilmente operável, nas quais é colocado um isco para atrair a fauna móvel para

o campo de visão da câmara (Figura 2). O baixo custo, facilidade de operação e eficácia na estimação de comprimento e de abundância de espécies móveis carnívoras tornam este sistema crucial na monitorização de habitats costeiros. A equipa recolheu, desde 2018, cerca de 635 horas de filmagens e detetou mais de 1000 indivíduos de 7 espécies de elasmobrânquios (tubarões e raias), além de várias espécies de peixes ósseos. O MoniCO realiza também estudos piloto dedicados às algas com interesse comercial e crustáceos, e em 2023, entregou um relatório de atualização e avaliação do estado da população de lapa-brava (*Patella aspera*) no arquipélago dos Açores.



Figura 2 - Raia capturada com BRUVs — tecnologia de vídeo subaquático com isco. @MoniCO

O esforço de trabalho de campo desenvolvido pela equipa MoniCO é ilustrado na Figura 3, que sintetiza as principais métricas de esforço do trabalho de campo nos anos 2022 e 2023. A abrangência geográfica e a intensidade das ações de monitorização demonstram o compromisso com a recolha sistemática de informação essencial para a compreensão e gestão dos ecossistemas marinhos costeiros dos Açores.

Este programa de monitorização costeira foi aprovado e financiado em abril de 2022, ao



Figura 3 - Diagrama com o resumo do trabalho de campo efetuado em 2022 e 2023. @MoniCO

abrigo do sistema de incentivos ao setor das pescas, com o objetivo de apoiar medidas de interesse coletivo, nomeadamente projetos que promovam o aprofundamento do conhecimento científico sobre as espécies marinhas presentes nos mares dos Açores. Esta iniciativa contribui para uma gestão mais informada e sustentável dos recursos haliêuticos, bem como para o intercâmbio de experiências e boas práticas entre profissionais do setor e a comunidade

científica. A informação recolhida assume um papel crucial no apoio à decisão, especialmente em matérias de ordenamento e proteção espacial marinha no arquipélago dos Açores.

Conhecer para decidir

Inês Martins

28 de abril de 2024

The “Conhecer para Decidir” (Know to Decide) project was created to bring Azoreans closer to local fish, promoting informed and sustainable consumption. Developed in partnership with the Azores Sea Observatory, it focuses on ocean education and literacy, especially in schools. It includes educational games, such as ‘Marine Detectives,’ which teaches children to recognise 11 species of fish, and debates on nutrition and sustainability. By combining science and pedagogy, the project educates conscious citizens and contributes to the UN Sustainable Development Goals, reinforcing the link between knowledge, the environment, and responsible eating.

Apesar da inquestionável proximidade dos açorianos com o mar, persiste algum desconhecimento sobre as espécies de pescado exploradas na Região, nomeadamente, quanto ao seu ciclo de vida e aos seus hábitos alimentares. A informação disponível é igualmente escassa quando falamos sobre o seu conteúdo em contaminantes e até mesmo sobre o seu potencial nutritivo. Por ser um produto de elevado valor económico para a Região é fundamental promover a sua valorização junto do consumidor, priorizando e colocando em prática ações que contribuam para o seu conhecimento. Acreditamos que devemos conhecer para decidir o que comemos e, é com base nesta premissa, que nasce o projeto “Conhecer para decidir”. Tem como objetivo a partilha de informação sobre a diversidade de pescado explorado na Região Autónoma dos Açores e a importância para um consumo sustentável e informado, através da implementação de programas de literacia na comunidade escolar. Pretende estimular o interesse pelo conhecimento dos produtos da pesca, junto das gerações mais novas, e, proporcionar ambientes de aprendizagem informal que promovam debates em torno do que exploramos e consumimos. Ações que consideramos fundamentais no auxílio à gestão e consumo sustentável dos recursos marinhos. Considerando a necessidade que há em adaptar o conteúdo do conhecimento científico às ações de educação e pedagogia, unimos esforços com o Observatório do Mar dos Açores (OMA), para a literacia dos oceanos, e criámos o jogo “Detetives Marinhos- Investiga o peixe que comes”. Um jogo de cartas para alunos do 1º ciclo que, à semelhança do jogo “Quem é Quem?”, promove o conhecimento sobre as principais características biológicas de 11 das espécies de pescado mais consumido na Região. Cartões de pistas como “Como sou?”, “Onde vivo?” e “Como podes distinguir-me de outras espécies semelhantes a mim?” conduzem os jogadores a identificar, de entre um grupo de cartões com ilustrações das espécies, qual a correta. Em paralelo, promovemos palestras com alunos do 2º ciclo e professores, que fomentam o debate sobre a necessidade para o conhecimento do pescado que consumimos, o seu valor nutricional e importância para a saúde, realçando a importância para um consumo sustentável baseado no conhecimento.



Acreditamos que as atividades desenvolvidas contribuem significativamente para o crescimento de gerações mais conscientes ecologicamente e para a prática de hábitos saudáveis no consumo de pescado, pelo que pretendemos escalar esta missão às restantes escolas da Região. Este é um projeto sustentável e acessível a todos, pois fornece aos professores ferramentas úteis e originais de disseminação de conhecimento, passíveis de serem replicadas, enquanto sensibiliza e promove o conhecimento para um consumo informado. Educando e estimulando a curiosidade científica dos mais jovens

acreditamos estar, também, a fazer uma aposta na educação dos seus pares e gerações futuras, tornando este um projeto transversal, comunitário, inovador e diferenciador.



Em paralelo, contribuímos para o alcance de vários dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, previstos na Agenda 2030, nomeadamente o Obj. 4 – Educação de qualidade, o Obj. 12 – Produção e Consumo Sustentáveis e o Obj. 14 – Proteger a Vida Marinha. Acreditamos que este projeto regional “Conhecer para Decidir” é uma plataforma de boas práticas para a educação e conservação dos oceanos e é um excelente contributo para o desenvolvimento sustentável, no quadro da atual emergência climática.

Há futuro para o turismo nos Açores!

Francisco Carreiro

29 de setembro de 2024

The natural and cultural wealth of the Azores is one of its greatest treasures and the basis for sustainable nature tourism. The Postgraduate Course in Ecotourism and Nature Guides at the University of the Azores trains professionals capable of transforming local tourism, valuing the environment and involving communities. One example is the creation of an ecological tour in Serra da Tronqueira, on electric bicycles, which combines geology, history, biodiversity, and environmental education. The activity encourages travellers and residents to learn about, respect, and preserve the natural heritage, promoting conscious and regenerative tourism.

A geodiversidade, a biodiversidade terrestre e marinha, a arquitetura ou a cultura e tradições do nosso povo, são bons exemplos daquilo que nos distingue e qualifica como destino turístico e que podemos e devemos saber usar a nosso favor! Divergindo assim dum percurso fatalista, que normalmente sucumbe à tentação de apenas alimentar interesses efémeros de muitos dos que fazem desta atividade um negócio conduzido unicamente por estratégias de curto prazo!

A Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade dos Açores em boa hora acrescentou à sua oferta formativa o curso de Pós-Graduação em **Ecoturismo e Guias de Natureza**, que vem criar uma importante ligação da academia ao mundo empresarial. É um curso que permite chegar a profissionais com as mais diversas formações, com interesse específico na área do turismo de natureza. Aqui, encontram uma importante ferramenta para o enriquecimento dos seus conhecimentos, mas, fundamentalmente, para fomentar uma nova forma de olhar para o potencial criador de novas abordagens ao turismo nos Açores, nomeadamente através do desenho dum maior número de atividades de Ecoturismo, que incorporem uma importante componente de interpretação.

Hoje, é globalmente aceite que o turismo não poderá ser viável e sustentável, a longo prazo, se não houver um verdadeiro envolvimento das populações e se estas não virem um benefício efetivo na exploração dos seus recursos! Se a perceção que lhes for passada for a de que só têm a perder com o crescimento da atividade turística, sacrificando a qualidade de vida e a capacidade económica, será muito difícil envolvê-las neste processo!



Figura 1 - Ribeira do Guilherme

Chegados a este ponto, convirá introduzir algum positivismo e focarmo-nos talvez numa abordagem mais ecoturística e interpretativa daquilo que poderá ser o turismo nos Açores. Como refere Ties (2015): onde se introduza um forte envolvimento das populações e que

isto resulte num aumento do seu bem-estar; onde haja planeamento e desenho de experiências que permitam viagens responsáveis às nossas áreas naturais; atividades que envolvam interpretação e educação e que, no final, da preservação do ambiente, resulte criação de riqueza e desenvolvimento para todos sem nunca pôr em causa o equilíbrio dos ecossistemas ambientais e sociais.

Na sequência da frequência deste curso, optei por realizar um estágio prático numa empresa de referência da nossa região, com o intuito não só de experienciar um vasto leque de atividades de natureza, como também o de desenhar uma atividade ecoturística que, não fazendo parte do portfólio da empresa, pudesse ser para ela um desafio.

Assim, surgiu a ideia de desenvolver uma atividade que consiste num passeio à descoberta da Serra da Tronqueira, neste caso em bicicleta elétrica. Ao longo do mesmo, poder-se-á visitar a zona geologicamente mais antiga da ilha e perceber a sua formação, o povoamento e o seu impacto, bem como imergir na mancha mais importante de vegetação nativa de S. Miguel, a qual alberga também o Priolo, ave endémica da ilha, que quase se extinguiu.



Figura 2 - Da esquerda para a direita: Musgão; Floresta Laurissilva; Priolo, Museu do Trigo.

Iniciando-se na Reserva Florestal de Recreio da Cancela do Cinzeiro e recorrendo à maqueta da Ilha aí existente, podemos começar por perceber a sua formação geológica para, seguidamente, numa passagem pelo Centro de Interpretação do Priolo, conhecer não só a história do povoamento de S. Miguel, iniciado justamente na Povoação, como compreender o seu impacto na floresta nativa, que quase levou à extinção do Priolo. A atividade continuará a partir daí, ao longo da Serra da Tronqueira e regresso, visitando diversos pontos de interesse histórico e cultural, mas fundamentalmente ambiental, como a floresta Laurissilva. Floresta esta que em altitude é de primordial importância para a retenção da água que alimenta e equilibra as massas de água, que originam os diversos cursos de água dessa área. Como ponto alto, será feita uma descida à Fajã do Rodrigo com visita e banho nas límpidas águas da Ribeira do Guilherme, a mais importante de todas as ribeiras que desaguam na Vila do Nordeste.

Os objetivos são deixar nos visitantes uma marca inesquecível no que diz respeito à função da flora de altitude na formação, gestão e manutenção dos recursos hídricos, de que as turfeiras e o Musgão do Alto dos Graminhais são o expoente máximo e o de compreenderem o impacto e as consequências da ação humana nos territórios, bem como a necessidade de todos contribuírem para a sua recuperação e preservação.

Zonas húmidas construídas

Soluções sustentáveis para o tratamento de águas residuais

Rafael Somandjinga

13 de outubro de 2024

Ensuring safe drinking water and sanitation for all is a key goal of the Sustainable Development Goals (SDGs). In developing countries, wastewater treatment is a challenge due to the high costs of conventional systems. Constructed Wetlands (CW) offer a nature-based solution, mimicking natural purification processes using aquatic plants and microorganisms. In addition to being effective and economical, these technologies help protect biodiversity and improve water quality, representing a sustainable and affordable alternative for promoting environmental and human well-being.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecem, como uma de suas metas, levar o acesso à água potável e ao saneamento para todas as populações. O cumprimento deste desiderato passa, necessariamente, pelo uso sustentável da água e o tratamento das águas residuais antes de serem lançadas para o ambiente.

As instituições e os centros urbanos dos países em desenvolvimento sofrem com a poluição ambiental devido à falta de infra-estruturas e tecnologias adequadas para tratar as águas residuais geradas.

Os sistemas de tratamento convencionais de águas residuais são uma alternativa eficiente para mitigar os problemas gerados pelas descargas de efluentes não tratados, no entanto, para os países em desenvolvimento em que o combate à fome e à pobreza constituem assuntos prioritários, tais sistemas mostram-se bastante onerosos, visto que requerem mão-de-obra qualificada, equipamentos e manutenção regular e um elevado consumo de energia.

Nos últimos anos têm estado em voga as “Soluções Baseadas na Natureza”, definidas pela Comissão Europeia, como aquelas que utilizam processos inspirados e apoiados pelos ecossistemas naturais fornecendo benefícios à biodiversidade e a prestação de serviços ecossistêmicos. Nesta senda, as Zonas Húmidas Construídas (ZHC) constituem soluções sustentáveis e baseadas na natureza, pois imitam os processos naturais que ocorrem em zonas húmidas naturais; são sistemas de tratamento de águas residuais resilientes às variações do clima e com baixo custo de instalação, operação e manutenção.

As zonas húmidas construídas são tecnologias amigas do ambiente nas quais plantas



Figura 1 - Ensaio piloto de uma zona húmida construída para o tratamento de águas residuais

aquáticas ou uma combinação de plantas e sedimentos são aplicados para a purificação e tratamento de águas residuais domésticas, mineiras, agrícolas e industriais. São sistemas projetados e construídos de modo a tirar partido dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem, naturalmente, num ambiente controlado, usando a envolvente natural como a vegetação, meio de enchimento e microrganismos (Fig. 1 e 2). A eficiência

do tratamento depende principalmente, entre outros fatores, das concentrações iniciais de contaminantes, dos tipos de plantas, da atividade dos microrganismos, das condições climáticas e do caudal das águas residuais.

Nos dias de hoje é inegável a eficiência que as zonas húmidas construídas apresentam no tratamento de uma ampla gama de poluição da água e são, cada vez mais, amplamente utilizadas na Europa e Estados-membros para tratar vários tipos de águas residuais.

As ZHC são classificadas de acordo com o tipo de planta: emergente, submersa, flutuante e com folhas flutuantes. Podem ser classificadas, também, de acordo com sua hidrologia, em superficiais e subsuperficiais, estas últimas, por sua vez, podem ser horizontais ou verticais em função da direção do fluxo. Existem, ainda, os sistemas híbridos que associam os sistemas horizontais e verticais com vista a um tratamento melhorado. Num estudo recente, as ZHC são classificadas em convencionais e intensificadas.



Figura 2 - Exemplo de um ensaio piloto de ZHC com pedra pomes como meio de enchimento.

A implementação destes sistemas pressupõe um prévio conhecimento das macrófitas que serão utilizadas. Neste sentido, a seleção de plantas para ZHC, geralmente, deve levar em consideração vários fatores tais como: plantas tolerantes a altas cargas orgânicas e de nutrientes; portadoras de raízes e rizomas bem desenvolvidas de modo a fornecer substrato para os microrganismos e uma maior oxigenação; elevada biomassa, acima do solo, que confere proteção contra geadas em épocas frias (macrófitas emergentes; alta estabilidade sob climas extremos, alta tolerância a condições eutróficas, salinas, hipóxicas e alagadas. Outro fator de extrema importância é a utilização de plantas não invasoras, daí que tem sido recomendado o uso de macrófitas nativas, sendo esta, também, uma das recomendações dos ODS para se evitar a introdução de plantas invasoras nos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Portanto, estudos centrados na identificação e avaliação de macrófitas nativas com potencial para tratamento de águas residuais em ZHC, fornecem informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de gestão ambiental e promoção do uso dos recursos naturais para o saneamento básico, contribuindo assim para a melhoria da qualidade da água e o bem-estar das populações locais, conforme estabelecido pelos ODS.

Harmonizando interesses

O uso de *trade-offs* para a sustentabilidade no ambiente marinho

Joyce Queiroz

10 de novembro de 2024

As part of the Erasmus Mundus MER2030 master's degree, a study conducted at the University of the Azores analysed the trade-offs between conservation and development in the management of marine ecosystems. Part of the MSP4BIO project, the study highlighted that measures such as Marine Protected Areas require balancing environmental protection with local socio-economic needs. The research emphasises the importance of integrative methods and community participation for fair and sustainable decisions. Understanding and managing these trade-offs is essential to achieving the global goal of protecting 30% of the oceans by 2030, promoting responsible use of marine resources.

Durante o curso de mestrado Erasmus Mundus Joint Master Degree in Marine Environment (MER2030), houve a oportunidade de desenvolver o meu projeto de investigação na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade dos Açores, resultando na tese intitulada “Toward Sustainable Conservation: Addressing Trade-offs in Marine Environment”. Este estudo, como parte do projeto MSP4BIO, que por sua vez visa desenvolver uma estrutura de gestão integrada e modular ecológica-socioeconómica (ESE) para a proteção e restauração de ecossistemas marinhos, teve como objetivo identificar e compreender os tipos de trade-offs presentes no ambiente marinho, mapeando o estado atual do conhecimento e oferecendo informações valiosas para maximizar a eficácia da conservação desses ecossistemas.

O oceano é uma fonte vital de recursos, suportando a economia, desde a produção de alimentos até turismo e energia. No entanto, o aumento das atividades humanas, como a exploração de recursos vivos e não-vivos, tem colocado uma pressão crescente sobre os ecossistemas marinhos. Para mitigar esses impactos e reduzir conflitos entre interesses diversos, ferramentas de gestão, como as Áreas Marinhas Protegidas (AMPs) e o Ordenamento do Espaço Marítimo (OEM), tornaram-se essenciais. Inevitavelmente, estas medidas

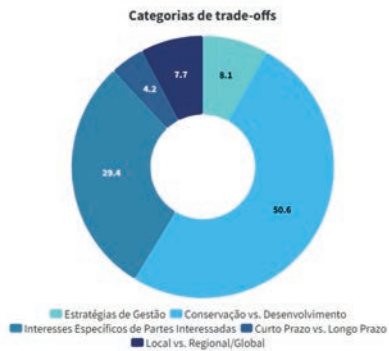


Figura 1 - Percentagem de publicações que abordam cada categoria de trade-off

envolvem trade-offs — decisões que implicam ganhos em certos objetivos em detrimento de outros.

Os trade-offs surgem quando uma escolha ou ação favorece um determinado objetivo, mas implica em custos ou perdas em outra área. Por exemplo, a instalação de parques eólicos offshore para a geração de energia renovável pode restringir ou até inviabilizar outras atividades, como a pesca e a navegação, ao alterar o uso do espaço marítimo. Esses dilemas obrigam os gestores a avaliar quais benefícios desejam priorizar e quais impactos negativos estão dispostos a aceitar.

A nossa investigação centrou-se numa análise bibliométrica da literatura sobre trade-offs no contexto marinho. Foram identificados os principais tipos de trade-offs discutidos, como os que surgem entre a conservação do ambiente marinho e o desenvolvimento socioeconómico, e entre as diferentes estratégias de gestão. Estes trade-offs são especialmente visíveis quando consideramos as AMPs, que, apesar de serem fundamentais para a proteção da biodiversidade, muitas vezes enfrentam desafios em equilibrar a preservação ambiental com as necessidades das comunidades locais.

Fig 1

Um dos principais resultados do estudo foi a identificação da importância de métodos integradores para a identificação e operacionalização dos trade-offs. Observou-se que os trade-offs mais frequentes envolvem a conciliação entre a conservação e as atividades socioeconómicas, como a pesca e o turismo. Além disso, a investigação destacou a necessidade de um maior envolvimento das partes interessadas nos processos de decisão e planeamento. A inclusão das comunidades locais e dos diferentes setores de atividade no processo de ordenamento do espaço marítimo pode contribuir para decisões mais justas e sustentáveis, que beneficiem tanto a economia como a conservação ambiental.

As conclusões do estudo apontam para a urgência de integrar os trade-offs na gestão marinha, de forma a alcançar metas globais, como as adotadas pela Convenção sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas, que prevê a proteção de 30% dos oceanos até 2030. Em suma, o trabalho desenvolvido no âmbito do mestrado MER2030 sublinha que, para proteger os oceanos de forma sustentável, é fundamental reconhecer e gerir os trade-offs inerentes ao uso dos seus recursos. Este equilíbrio é crucial para garantir que os ecossistemas marinhos possam continuar a desempenhar o seu papel essencial, não só na regulação climática e na preservação da biodiversidade, mas também no sustento das comunidades que deles dependem.



Figura 2 - Percentagem de publicações que utilizam cada tipo de ferramenta

Alterações climáticas ameaçam a saúde das lagoas dos Açores

Pedro M. Raposeiro, Vítor Gonçalves

24 de novembro de 2024

Global warming is having a serious impact on the lakes of the Azores, which are essential for water supply and ecological balance. Since 1982, São Miguel has lost around 27% of its diversity of diatoms, algae that are fundamental to the aquatic food chain. Rising temperatures and human activities promote the proliferation of smaller species and cyanobacteria, reducing light and biodiversity. This transformation simplifies ecosystems and compromises their resilience. There is an urgent need to invest in ecological restoration and sustainable policies, reconciling environmental conservation, agricultural practices and responsible tourism to protect this vital natural heritage.

O aquecimento global e as alterações climáticas têm vindo a provocar impactos severos e potencialmente irreversíveis nos ecossistemas aquáticos dos Açores. As lagoas açorianas, fundamentais para o bem-estar da população local, estão a ser ameaçadas pela subida da temperatura, levando a uma perda de biodiversidade que compromete a capacidade desses ecossistemas de fornecer serviços essenciais à sociedade, como água potável e oportunidades de lazer e turismo.

Desde 1982, ano em que a temperatura no hemisfério norte ultrapassou o limiar de 0,35°C



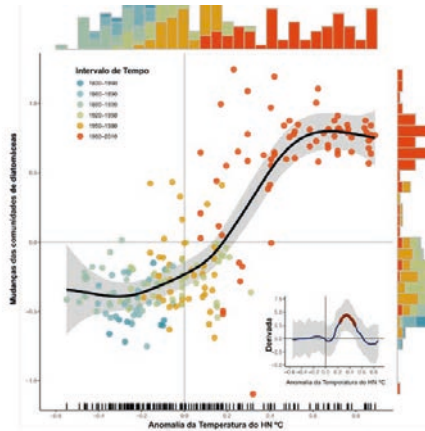
Figura 1 - Da esquerda para a direita e de cima para baixo: Recolha de amostras na lagoa Azul das Sete Cidades; algumas das amostras recolhidas nas diferentes lagoas dos Açores; vista da lagoa do Fogo; acumulação de

em comparação com a média do século XX, verificou-se uma redução aproximada de 27% na diversidade de diatomáceas – um tipo de algas unicelulares que desempenham um papel fundamental na cadeia alimentar lacustre – nos lagos da ilha de São Miguel. Estas algas desempenham um papel crucial na saúde dos ecossistemas lacustres, pois formam a base da cadeia alimentar, sustentando a vida de outros organismos. Com a sua diminuição, o equilíbrio

ecológico dos lagos é gravemente comprometido, afetando não apenas a biodiversidade, mas também a sua capacidade de regulação dos recursos hídricos e a preservação da qualidade da água. Essa perda de diversidade tem consequências graves e duradouras e a situação atual apresenta-se particularmente preocupante, uma vez que, ao contrário de ocorrências passadas em que a perda de biodiversidade era temporária e limitada a lagoas isoladas, atualmente as alterações são generalizadas em toda a ilha. É provável que as mudanças detetadas nas lagoas de São Miguel também estejam a ocorrer em outros ecossistemas lacustres, não só no arquipélago dos Açores, mas também por todo o planeta.

As alterações climáticas representam um desafio global, e os ecossistemas aquáticos estão entre os mais afetados. O aumento da temperatura, agravado pelas atividades humanas, está a transformar profundamente os ecossistemas aquáticos, favorecendo a proliferação de algas de menor dimensão e cianobactérias. Estas espécies, ao proliferarem bloqueiam a luz solar, impedindo-a de penetrar nas águas mais profundas, o que reduz o habitat disponível para as espécies bentónicas (espécies que vivem agarradas no fundo das lagoas). Esta situação conduz à simplificação e homogeneização dos ecossistemas, diminuindo a sua complexidade e resiliência.

Neste contexto, torna-se urgente alargar os processos de restauração ecológica para recuperar a diversidade biológica nos ecossistemas lacustres dos Açores. No entanto, a



diatomáceas ao aumento da temperatura do Hemisfério Norte. A partir da década de 1960, quando a anomalia térmica ultrapassou o valor de +0,35°C, as comunidades de diatomáceas mudaram em todas as lagoas

práticas económicas e sociais, promovendo a adaptação e mitigação dos efeitos climáticos. Isso passa pela implementação de políticas de redução das emissões de gases de efeito estufa, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e o incentivo a formas de turismo que respeitem e preservem os recursos naturais e assegurar a conservação dos ecossistemas para as gerações futuras.

reversão total da sua degradação é um desafio complexo, especialmente em áreas onde a intervenção humana já causou mudanças profundas. Por isso, é essencial focar os esforços em zonas prioritárias, de forma a reduzir as pressões locais e preservar os serviços ecossistémicos que são vitais para o bem-estar da população.

As alterações climáticas representam uma realidade incontornável, afetando não apenas os Açores, mas também ecossistemas lacustres em todo o mundo. Enfrentar esta crise exige ações concretas que vão além da simples preservação ambiental. Para além da preservação ambiental, é necessário um desenvolvimento sustentável que integre



Biologia

Rock and roll em ilhas oceânicas

Ana C. Rebelo

12 de janeiro de 2020

Rhodoliths are small 'living stones' formed by red coralline algae that roll on the seabed, shaped by waves and currents. As they spin, they better capture the light needed for photosynthesis and create miniature reefs, providing refuge for many fish and crustaceans. These organisms are found almost everywhere on the planet and help regulate carbon in the oceans, but they are fragile in the face of fishing and acidification. Their fossil record, preserved for millions of years, reveals valuable clues about environmental changes and the evolution of marine ecosystems.

Rodólitos são nódulos de algas vermelhas coralinas (Rhodophyta), de vida livre e que rolam “rock and roll” no fundo do mar sob a influência das ondas, correntes e/ou bioturbação. Este facto, promove uma maior ou menor exposição equitativa à luz solar, essencial para a fotossíntese. Os rodólitos têm uma distribuição cosmopolita, encontrando-se desde os trópicos até às regiões polares, e desde o intertidal até profundidades de 200 m. Estes possuem ramificações bastante densas que lhes confere uma estrutura tridimensional, e que serve de abrigo a uma diversidade de organismos que a eles se encontram associados, e que desempenham um papel fundamental como bio-engenheiros na estrutura dos sistemas de ecossistemas costeiros.

A sua presença em ilhas oceânicas é de grande importância, uma vez que servem de abrigo para o desenvolvimento de muitas espécies com valor comercial, nomeadamente peixes e crustáceos. Os rodólitos, por serem organismos calcificados, são muito vulneráveis às atividades antropogénicas (e.g., pesca de arrastão, redução da qualidade da água) e às alterações climáticas, particularmente a acidificação do oceano. As comunidades de rodólitos contribuem significativamente para o ciclo global do carbono e, por isso, é de extrema importância proteger as áreas onde se encontram estes recursos não renováveis e valiosos provedores de sistemas de ecossistemas para muitos habitats marinhos.

O estudo dos rodólitos recentes (distribuição geográfica, taxonomia, forma de crescimento e fauna associada) pode fornecer informações importantes sobre as condições ambientais passadas. Os rodólitos por serem carbonatados possuem um elevado potencial de preservação, oferecendo um excelente registo fóssil desde o Cretácico (140 Ma). Ao longo da sua história, as algas coralinas têm sido um dos grupos de algas marinha bentónicas fósseis mais comuns e mais amplamente distribuídos. Por esse motivo, o registo fóssil oferece a possibilidade única de compreender as bases para a formação destes nódulos de algas coralinas e avaliar processos de longo prazo envolvidos no desenvolvimento e manutenção destes ecossistemas pouco conhecidos (Figura 1).



Figura 1 - **A)** Comunidade de rodólitos fósseis de idade Pliocénica, ilha de Santa Maria; **B)** Detalhe de rodólito fóssil.

A atuopaleontologia (i.e., estudo de organismos recentes e fósseis) permite-nos: 1) obter uma visão geral do significado paleoecológico e paleoclimático dos rodólitos; 2) rever os fatores ambientais que catalisam as comunidades de rodólitos e o seu desenvolvimento ao longo do tempo; e 3) discernir o contexto das sequências estratigráficas onde a formação e desenvolvimento dos leitos de rodólitos.

Dado que os rodólitos apresentam uma distribuição cosmopolita, a sua investigação deve ser abrangente e considerar diferentes contextos ecológicos e geográficos. Os fatores que afetam a persistência e a saúde dos rodólitos são diversos e muitas vezes independente de fronteiras regionais, o que reforça a necessidade de abordagens integradas e comparativas para compreender plenamente estes ecossistemas.

No âmbito deste esforço, foram analisados os rodólitos da reserva natural do ilhéu de Vila Franca do Campo (Figura 2).

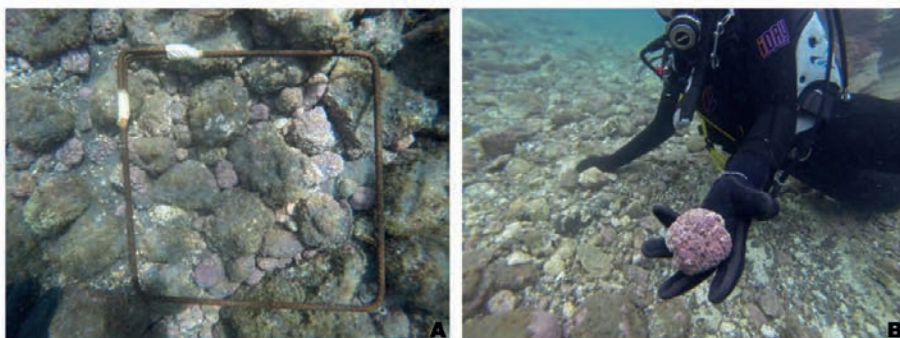


Figura 2 - **A)** Comunidade de rodólitos recentes no ilhéu de Vila Franca do Campo, ilha de São Miguel; **B)** Detalhe de rodólito recente.

Estes rodólitos, identificados e estudados por Rosas-Alquicira et al. (2009), oferecem uma base valiosa para compreender a fauna associada a ecossistemas insulares e permitem estabelecer paralelos com o registo fóssil, aprofundando o conhecimento da evolução e do funcionamento dos habitats por eles formados.

A investigação em torno dos rodólitos evidencia a sua relevância como componentes estruturais dos fundos marinhos e como indicadores sensíveis de condições ambientais, tanto passadas quanto atuais. Estudos desta natureza destacam o papel essencial que estes organismos desempenham na dinâmica dos ecossistemas costeiros e na reconstrução de cenários paleoambientais.

A “calçadeira de Walcott” e os peixes dos Açores

Uma história com 5 milhões de anos

Sérgio Ávila

9 de fevereiro de 2020

Charles Doolittle Walcott, famous for his discoveries of fossils in the Burgess Shale, believed in linear evolution, where living beings always progressed towards more complex forms. This view, later called ‘Walcott's shoe’ by Stephen Jay Gould, also influenced the interpretation of the marine fauna of the Azores, which for decades was explained by extinctions during the ice ages. However, new fossils from the island of Santa Maria reveal that species such as the ‘veja’ have inhabited the archipelago for millions of years, proving ecological continuity and correcting a scientific error that had persisted for half a century.

Charles Doolittle Walcott foi um dos maiores cientistas americanos de todos os tempos. Curiosamente, o seu nome era praticamente ignorado pelos seus pares géologos até que, em 1989, Stephen Jay Gould o devolveu ao seu merecido lugar, na sua obra “Wonderful Life”. Entre 1907 e 1927, Walcott dirigiu o Smithsonian Institution, tendo ainda sido o presidente da Academia de Ciências Americana, da Associação Americana para o Avanço da Ciência e do Comité Executivo do Carnegie Institute de Washington. No seu tempo, foi um cientista muitíssimo poderoso e respeitado. Quando descobriu os famosos fósseis do xisto de Burgess, estava no auge das suas faculdades.

Os xistos de Burgess localizam-se nas Montanhas Rochosas (Colúmbia Britânica), e os seus abundantes, variados e extremamente bem preservados fósseis são representativos da Explosão Câmbria, ocorrida há cerca de 540 milhões de anos atrás, altura em que

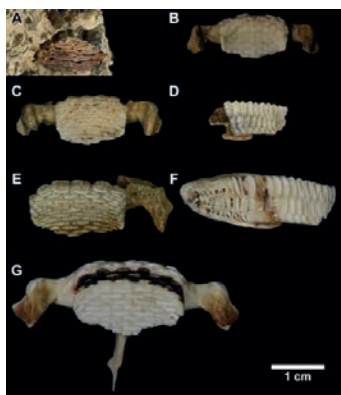


Figura 1 - Placas faringicas de veja (*Sparisoma cretense*) recolhidas na ilha de Santa Maria (Açores). A: início do Pliocénico (4,13-4,78 milhões de anos); B-E: último estágio interglacial; F-G: atuais.

surgiu a maioria dos filos atualmente existentes. Walcott classificou os fósseis do xisto de Burgess como sendo organismos simples, antepassados primitivos dos atuais anelídeos e artrópodes. Esta visão estava enquadrada pela realidade social da época, de uma gradual progressão no sentido da maior complexidade: “Nos tempos mais remotos reinavam os cefalópodes, mais tarde chegaram os crustáceos, (...) os peixes tomaram a liderança, (...) os répteis (...) prevaleceram até à entrada em cena dos mamíferos, (...) até à criação do homem”. Esta interpretação tradicional da evolução, segundo os cânones da altura, foi batizada por Stephen Jay Gould como a “calçadeira de Walcott” – a incapacidade de ver para lá das contingências históricas da época, forçando os dados a enquadrarem-se na interpretação usual (mesmo quando estes apontam noutro sentido). Nas décadas de 1960-70, Harry Whittington e, nas de 1980-90, Derek Briggs, Douglas Erwin, Frederick Collier e Simon Conway Morris reinterpretaram os fósseis de Burgess, corrigindo muitos dos erros iniciais. Os peixes dos Açores foram, até à década de 2010, também interpretados sob uma “calçadeira de Walcott”. Em 1966, John Briggs, um dos meus heróis científicos, baseado no conhecimento da época (não eram ainda conhecidas espécies endémicas marinhas nos Açores), escreveu que a ausência de espécies endémicas tinha a ver com “as baixas temperaturas das águas do mar durante os períodos glaciais Plistocénicos, os quais teriam provocado a extinção das faunas mais antigas”. Em 1974, Briggs insistiu nesta ideia, sugerindo que (no meio marinho) as ilhas dos Açores teriam sido repovoadas nos últimos 12.000 anos, assim se explicando a ausência de espécies endémicas. Estava montada a “calçadeira de Walcott”... Em 1995, Ricardo Serrão Santos e colegas do DOP sugeriram que “uma queda da temperatura das águas do mar superficiais da ordem dos 2-3 °C durante essas glaciações provavelmente resultou em extinções em massa da

fauna de peixes costeiros dos Açores”. Em 2006, e sempre dentro do mesmo esquema conceptual, Vera Domingues e colegas afirmaram que “a maioria dos organismos [marinhos] agora presentes [nos Açores] recolonizaram as ilhas após o último evento glacial”. Baseados em estudos genéticos sobre peixes dos Açores, os mesmos autores afirmam em 2008 que “dada a provável origem pós-glacial [dos peixes estudados – veja e peixe-rainha], esperaríamos baixas diversidades genéticas (nas populações dos Açores). No entanto, este não parece ser o caso. (...) as populações madeirense e açoriana de ambas as espécies não apresentam diferenciação genética.”

O estudo dos fósseis de Santa Maria veio demonstrar que as glaciações Plistocénicas não provocaram extinções em massa da fauna marinha dos Açores, invalidando assim a explicação de John Briggs de uma suposta falta de espécies endémicas nos Açores, bem como a “calçadeira de Walcott” utilizada pelos colegas do DOP. A prova mais recente que refuta este erro, acaba de ser aceite para publicação na revista *Geological Magazine*. Neste artigo da nossa equipa de investigação, reportamos a descoberta de restos esqueléticos de vários exemplares de “veja” com idades entre os 4 a 4,8 milhões de anos. Ora, se esta espécie está nos Açores há já pelo menos 4,8 milhões de anos e foi também encontrada em depósitos do último estágio interglacial (120 a 130.000 anos), o mais razoável é aceitar que não desapareceu dos Açores aquando das glaciações. Esta permanência no nosso arquipélago explica também as evidências encontradas por Vera Domingues e colegas, de continuado (ainda que, possivelmente intermitente) fluxo genético entre os Açores e a Madeira. Assim, finalmente há concordância entre a paleontologia e os dados genéticos, corrigindo-se um erro que perdurava há já mais de 50 anos!

A jazida do Eemiano da Baía de Nossa Senhora da Luz (Santiago, Cabo Verde)

Carlos Melo

23 de fevereiro de 2020

Fossil outcrops hold valuable clues about the history of life on Earth, although they are rare on volcanic islands such as those in Macaronesia. In Cape Verde, the vast deposit at Baía de Nossa Senhora da Luz, on the island of Santiago, stands out. It was formed during the last interglacial period, around 120,000 years ago, when the sea was warmer and higher. Excavations have revealed fossils of molluscs and other marine species, showing differences from today's fauna and helping to understand how climate change influences the distribution of ocean species.

Afloramentos fossilíferos são importantes fontes de informação que permitem à comunidade científica desvendar partes da história biológica da Terra. Embora comuns em ambientes continentais, a ocorrência deste tipo de afloramentos tende a ser escassa em ilhas, especialmente em ilhas vulcânicas oceânicas, como são todas as ilhas que se encontram na região geográfica da Macaronésia (Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde).

Raras nos Açores, jazidas contendo fósseis marinhos apenas ocorrem na ilha de Santa Maria, a mais antiga do arquipélago. Nos arquipélagos das Canárias e Cabo Verde, vários afloramentos são conhecidos na maioria das ilhas, com registos que variam, em idade, desde o Mio-Pliocénico (cerca de 5,3 milhões de anos) ao Holocénico (cerca de 2000 anos).

O último estágio interglacial (também conhecido como Eemiano) corresponde a uma época, entre os 128 a 116 mil anos atrás, em que a temperatura média da água do mar se encontrava cerca de 2 °C acima do valor atual, e o nível médio do mar variou entre os 6 a 9 metros acima do valor médio atual. A subida da temperatura (e consequentes alterações provocadas por esta), permitiu a dispersão de espécies marinhas típicas de ambientes mais quentes (como é o caso das existentes nas ilhas de Cabo Verde) para latitudes mais elevadas, algumas destas mantendo populações viáveis nos Açores. A subida do nível médio das águas do mar permitiu a deposição de sedimentos marinhos contendo fauna dessa altura, a cotas superiores às que se registam atualmente. Com a descida do nível médio do mar, como consequência do último período glacial, os sedimentos marinhos anteriormente depositados ficaram preservados nas plataformas de abrasão marinhas talhadas durante o último estágio interglacial, resultando nas jazidas fossilíferas por nós estudadas presentemente.



Numa perspetiva de alargar o nosso conhecimento sobre os processos e padrões de dispersão de espécies marinhas, os estudos paleontológicos da equipa do CIBIO-Açores estenderam-se ao arquipélago de Cabo Verde, com um foco particular na ilha de Santiago, onde se encontra uma das maiores jazidas fossilíferas (monoespecífica) existentes no Atlântico Norte, a jazida da Baía de Nossa Senhora da Luz. Esta jazida é marcante, não só pelo seu tamanho, cobrindo uma área de cerca de 35.000m²

(equivalente à dimensão de cerca de 5 campos de futebol profissional), mas também pela natureza da sua origem, pois corresponde à primeira paleobaía descrita para o último estágio interglacial no contexto da região geográfica da Macaronésia.

Foram realizadas 4 campanhas de campo entre 2017 e 2019, que resultaram num conhecimento aprofundado sobre os processos que conduziram à formação desta jazida.



Das amostras fósseis recolhidas, foram identificados 5 filos marinhos (29 géneros), sendo o filo dos moluscos (Mollusca), o mais bem representado. Apesar da abundância de alguns exemplares (como é o caso dos bivalves *Saccostrea cucullata* (A) e *Senilia senilis* (B), e do gastrópode *Persististrombus latus*), o afloramento apresenta uma biodiversidade reduzida. Através da análise comparativa entre o registo fóssil e a fauna atual, constatou-se a existência de 10 géneros cuja ocorrência é reportada tanto para o último estágio interglacial como para o presente. Existem 38 géneros cuja ocorrência não é identificada nos dois períodos, evidenciando assim alterações ecológicas no interior da baía. Através da análise granulométrica dos sedimentos, constatou-se que, durante o último estágio interglacial, a energia dissipada para o interior da baía era maior do que a registada hoje em dia, interpretação esta que é corroborada pelo tipo de espécies de nanofósseis recolhidos (tanto do depósito fossilífero como da vasa atual) e pela reconstrução paleogeográfica da baía.

De uma forma geral, os resultados obtidos mostram uma alta similaridade com o padrão paleoambiental geral definido para o último estágio interglacial, baseado principalmente na análise estratigráfica, sedimentar e paleogeográfica. O conhecimento da diversidade fossilífera deste tipo de afloramentos noutras ilhas de Cabo Verde permitirá uma análise paleobiogeográfica mais aprofundada para a região geográfica da Macaronésia, melhorando assim a nossa perceção do comportamento das espécies marinhas em função das alterações climáticas.

Bio-vigilância

A deteção de espécies recém-chegadas utilizando ferramentas moleculares

Manuela Parente

8 de março de 2020

Coastal and island areas are essential to our well-being, but vulnerable to the arrival of invasive species brought in by shipping. These species, such as certain algae and invertebrates, can cause serious ecological and economic damage. The NIS-DNA project is developing DNA-based methods for the early detection of non-indigenous organisms in the waters of mainland Portugal, the Azores and Madeira. Using high-throughput sequencing and genetic barcoding, researchers hope to quickly identify invasive species and create effective monitoring and prevention tools, helping to protect coastal ecosystems.

As regiões costeiras em particular as insulares são regiões altamente reconhecidas pela sua importância ecológica e socioeconómica, mas também apresentam diversas vulnerabilidades, o que pode colocar em risco muitos serviços importantes para o bem-estar humano. A proliferação de espécies invasoras constitui uma das principais ameaças às comunidades costeiras.

Em Portugal, a navegação (incrustações e águas de lastro) tem sido o principal vetor de entrada de espécies não indígenas, nas regiões costeiras. Algumas destas espécies, em particular as algas e os invertebrados, podem proliferar rapidamente e tornar-se invasoras, provocando impactos ambientais e económicos bastante sérios. As estratégias de abrandamento e controlo bem como a reparação de danos envolvem geralmente custos muito elevados para as regiões afetadas, para além de que a grande maioria das tentativas de erradicação marinha têm falhado. Assim, quando a prevenção à introdução falha, a deteção precoce de espécies não indígenas pode ser crucial para coordenar uma resposta atempada e eficaz às invasões.

Apesar de na maioria dos estudos a identificação de espécies invasoras se basear na observação e comparação de características diferenciadoras esta pode-se tornar bastante morosa, devido ao grau de detalhe e especialização requeridos. Como tal, a maioria dos estudos focam apenas uma espécie ou grupos de espécies restritos, o que poderá não representar o contexto mais fidedigno das comunidades ambientais e falhar na deteção precoce de espécies não indígenas com potencial invasor. A maior parte destas dificuldades poderão ser ultrapassadas recorrendo a ferramentas moleculares que se baseiem em ADN.

Com o projeto NIS-DNA — Deteção precoce e monitorização de espécies não indígenas (NIS) em ecossistemas costeiros baseadas em ferramentas de sequenciação de alto débito — pretendemos desenvolver e otimizar metodologias baseadas em ADN, para a deteção precoce de espécies não indígenas em águas costeiras, o que permitirá uma análise de risco mais oportuna e precisa, a ser incluída em programas do quadro de gestão de controlo e propagação de espécies não indígenas.



Figura 1 - Invertebrados marinhos não indígenas © CIBIO, Enric Ballesteros

A sequenciação de alto débito, ou seja, através da obtenção do maior número possível de sequências a partir de um número reduzido de amostra ambientais (ex. água ou sedimento) permitirá uma rápida avaliação da composição das espécies constituintes das comunidades ambientais costeiras. As amostras ambientais serão recolhidas em portos,

marinas recreativas e áreas adjacentes, já que estas são os principais locais de chegada de espécies provenientes de outros locais. Este projeto visa otimizar estas metodologias para os Açores, Madeira e Portugal continental (Norte e Centro).

Todos os organismos vivos, independentemente de seu tamanho, género ou ecologia, deixam vestígios de ADN no ambiente, refletindo a sua presença atual ou passada. O ADN pode ser libertado no ambiente (ADN ambiental ou e DNA) através de secreções, células epiteliais, gâmetas, urina, fezes, etc. proporcionando a deteção dos organismos presentes nesse ambiente.

Apesar da sequenciação de alto débito permitir: i) uma deteção mais rápida, ii) a identificação de comunidades ou organismos de difícil acesso e iii) a monitorização de diferentes grupos em simultâneo; ainda se trata de uma abordagem em desenvolvimento. Pretendemos assim com o NIS-DNA contribuir para melhorar esta abordagem de forma a torná-la eficaz, reproduzível e a auxiliar na prevenção de novas invasões. Esta ferramenta poderá ser utilizada de forma diferenciada pelas agências governamentais, empresas do sector privado ou investigadores, uma vez que será possível realizar quantificações em larga escala para aceder à estrutura das comunidades costeiras.



Para isso será crucial a existência de uma biblioteca de sequências de referência padrão os “DNA barcodes” ou códigos de barra de ADN. À semelhança dos códigos de barra utilizados para diferenciar produtos num supermercado, os códigos de barras de ADN são pequenas sequências de ADN que permitem distinguir espécies próximas. Com este projeto pretendemos também criar e enriquecer bibliotecas internacionais de referência de códigos de barras de espécies não indígenas marinhas, para aumentar a sua aplicabilidade na deteção precoce destas espécies no território nacional.

A equipa do projeto NIS-DNA é constituída pelos investigadores Sofia Duarte, Filipe Costa, Ronaldo Sousa, Eduardo Conde-Sousa, Bárbara Rocha Leite, Maria Fais, Manuela Parente, Ana Cristina Costa, Paola Parreti e Paula Chainho. NIS-DNA - é suportado por fundos nacionais através da FCT — Fundação para a Ciência e a Tecnologia I.P., no âmbito do projeto PTDC/BIA_BMA/29754/2017.

Rugulopteryx okamurae

A alga “silenciosa” chega aos Açores

João Faria

25 de julho de 2021

An invasive brown seaweed, *Rugulopteryx okamurae*, is rapidly colonising the southern coast of the island of São Miguel in the Azores. Originally from the Pacific, it was first detected in 2019 and now covers extensive areas of the seabed, forming accumulations on beaches. Transported by ships, this species shows great resistance and reproductive capacity, releasing substances that prevent the growth of other algae. Its expansion threatens coastal biodiversity and can cause serious environmental impacts, requiring an urgent scientific response to protect the Azorean marine ecosystems.

Em abril deste ano observou-se no litoral da ilha de São Miguel um fenómeno novo: acumulações massivas de uma alga castanha. Estes arrojamentos, que vão provavelmente continuar e estender-se a mais lugares da ilha, são a face visível de um processo de colonização por uma alga invasora, *Rugulopteryx okamurae*, que começou há pouco mais de dois anos, de acordo com um estudo liderado pelo autor deste texto, do Grupo de Biodiversidade dos Açores (cE3c), e submetido para publicação em revista científica internacional.

A espécie foi detetada pela primeira vez no início de 2019 na costa sul da Ilha de São Miguel, tendo a identificação sido confirmada por dados moleculares e morfológicos. Com origem no Oceano Pacífico (e.g. Filipinas, China, Coreia e Japão), a *Rugulopteryx* foi identificada pela primeira vez em águas europeias em 2005. Em 2015/16 foi observada uma expansão massiva em grande parte do Estreito de Gibraltar e costa andaluza, onde ocorre abundantemente. Já foi, entretanto, detetada na costa do Algarve, mas em pouca quantidade.

No espaço de um ano esta alga espalhou-se pela costa sul de São Miguel tornando-se, em determinados locais, na espécie mais abundante, cobrindo o fundo marinho rochoso quase a 100%.

O crescimento exponencial e a quantidade de biomassa que esta alga gera traduz-se em



Figura 1 - Alga *Rugulopteryx okamurae* no seu ambiente natural.

enormes acumulações nas praias e zonas costeiras. No sul de Espanha são removidas das praias todos os anos milhares de toneladas desta alga, porque a sua presença e odor intenso afetam negativamente o turismo e a saúde pública.

O intenso tráfego marítimo ajuda a espécie a viajar de um lado para o outro, já que esta tem a capacidade de se fixar no casco das embarcações ou nas redes dos pescadores. No entanto, o

mais provável meio de dispersão será através das águas de balastro dos navios que são despejadas à chegada aos portos. A capacidade de sobreviver semanas na total ausência de luz facilita este meio de transporte, e faz dos portos vetores de dispersão ideais para a espécie se mover e colonizar outros territórios.

Condições ótimas de temperatura, disponibilidade de nutrientes e luminosidade podem ter criado o ambiente perfeito para a espécie se fixar e expandir na ilha de São Miguel.

Ainda se conhece pouco da biologia e ecologia desta alga. Ocorre em fundos rochosos até aos 30m de profundidade, mas mais comum nos primeiros 15m. Habita igualmente zonas bem iluminadas e escuras e pode estar presente durante todo o ano através de

rizoides “dormentes”. É uma alga que possui uma elevada capacidade competitiva, gerando substâncias alelopáticas que inibem o crescimento dos seus mais diretos competidores pela ocupação do espaço, sejam algas e/ou outros organismos bentônicos. O seu gosto amargo afasta os herbívoros. A espécie possui também mecanismos de reprodução extremamente eficazes. Por exemplo, é capaz de se clonar de forma muito eficaz, sendo que uma única planta pode gerar milhares de novos espécimes.

As implicações para as comunidades costeiras nativas da expansão de *Rugulopteryx* são evidentes: a perda da biodiversidade marinha e alteração da estrutura das comunidades, causando o deslocamento físico de espécies nativas devido à ocupação do substrato e impedindo a fixação de larvas ou propágulos de outras espécies. As acumulações que gera criam ainda mais problemas: a sua degradação consome oxigênio, afetando outras algas, comunidades de peixes e outros organismos nativos.

O que mais preocupa os investigadores é, por isso, o impacto ecológico desta alga nos ecossistemas costeiros. Dado o elevado nível de proliferação da espécie, é necessária uma resposta científica rápida que seja capaz de gerar informação essencial para que as autoridades regionais possam aplicar medidas preventivas e medidas de mitigação adequadas para salvaguardar os habitats marinhos costeiros dos Açores.



Figura 2 - Acumulações de *Rugulopteryx okamurae* na costa sul de São Miguel (Abril 2021).

Traça-do-buxo, uma praga invasora

Vasco Garcia

19 de setembro de 2021

For 45 years, the University of the Azores has been studying the world of caterpillars and the biological control of agricultural pests. Recently, a new threat has emerged: the box tree moth (*Cydalima perspectalis*), native to Asia, which has been devastating box trees on the island of São Miguel since 2019. Its larvae devour leaves and branches, causing serious damage to gardens and green spaces. Fortunately, several parasitoid insects can help control this pest. As in the past with other species, Azorean researchers are now looking for sustainable solutions adapted to local conditions to restore ecological balance.

A relação da Universidade dos Açores com o mundo das lagartas, como são conhecidas pelos agricultores as larvas dos insetos que, por sua vez, no estado adulto são designados correntemente por borboletas ou traças (ordem Lepidoptera), remonta há 45 anos. No Laboratório de Ecologia Aplicada do então Instituto Universitário dos Açores, que tive o privilégio de fundar, começámos pelo controlo biológico de pragas agrícolas como a borboleta *Mythimna unipuncta*, cujas larvas (lagartas) devoravam as pastagens. As unidades de produção massiva de inimigos naturais, com destaque para a biofábrica de tricogramas, microvespas do género *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae), utilizando ovos da traça-da-farinha (*Ephestia spp.*) como hospedeiro intermediário, permitiram sucessos práticos. As largadas de ovos parasitados por tricogramas, colados em tiras de cartão e largados no campo, adicionadas a formas de manejo ecológico da pastagem, deram mesmo lugar a teses de doutoramento pioneiras, que ainda hoje fazem escola. Muito mudou desde então.

O que não mudou foi a exposição do ecossistema insular açoriano a espécies invasoras, sejam animais, vegetais ou microrganismos. A maior abertura ao exterior potenciou algumas ameaças, sendo exemplo recente o aparecimento da traça-do-buxo, a borboleta *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae) uma espécie de hábitos noturnos

(Figura 1), tal como a “prima” das pastagens *Mythimna*, agora reclassificada no género *Pseudaletia*. O buxo (*Buxus spp.*) compreende cerca de 70 espécies, sendo *Buxus sempervirens* o conhecido buxo dos jardins. Esta variedade parece não desfavorecer a dieta das larvas de *Cydalima*, que se tornou uma praga em São Miguel (Figura 2). Ao que sei, os buxos da ilha sofreram uma razia (ver imagem superior da figura 2), com as folhas e ramos mais verdinhos devorados pelas larvas dessa praga originária do sudeste asiático que invadiu a Europa e a América do Norte. Inseto com metamorfoses completas (fases de ovo, larva, ninfa e adulto), *C. perspectalis* tem duas gerações anuais na Europa,

enquanto na Ásia pode ter 3 a 5. As larvas passam por 4 a 5 estados de desenvolvimento, ocorrendo hibernação no 3º estado larvar na China e na Europa, enquanto no Japão pode ocorrer no 4º ou 5º, antes da ninfose. Estas especificidades são importantes para a avaliação do impacto da praga, pois os últimos estados larvares são os mais vorazes. A traça-do-buxo (Figura 1) foi detetada pela primeira vez em São Miguel, em 2019, pelo biólogo e investigador Virgílio Vieira, no *campus* de Ponta Delgada da Universidade dos Açores, dando origem a uma publicação científica de referência.

As lagartas das traças, cujo apetite devorador causa sérios prejuízos nas plantas, têm felizmente numerosos inimigos naturais. Os mais eficazes são insetos parasitoides, que



Figura 1 - Desfolhamento total do buxo (em cima), causado pelas lagartas da Traça-do-buxo, *Cydalima perspectalis* (em baixo). (Fotos de Lisa Garcia)

vivem parte do seu ciclo dentro das larvas ou ninfas, causando-lhes a morte. As lagartas e ninfas da traça-do-buxo contam pelo menos 10 destes parasitoides, sendo 3 moscas



Figura 2 - Adulto da forma normal da Traça-do-buxo, *Cydalima perspectalis*, em São Miguel. (Foto de Virgílio Vieira).

(*Diptera*) da família *Tachinidae* e 7 microvespas (*Hymenoptera*) de 4 famílias: *Braconidae*; *Ichneumonidae*; *Chalcidae* e *Encyrtidae*. Na Alemanha, fizeram-se ensaios de laboratório e de campo com tricogramas, mas as espécies escolhidas (*T. brassicae* e *T. dendrolimi*) mostraram uma taxa máxima de controlo em laboratório de apenas 44,5%, havendo que realizar mais ensaios de campo. No caso dos Açores, tal como aconteceu com a lagarta das pastagens, teremos de seleccionar os parasitoides em função das condições locais e proceder à monitorização da dinâmica das populações da praga/parasitoide.

Diversidade taxonómica e estrutural

Acumulação de carbono num gradiente de florestas nos
Açores

Lurdes B. Silva, Luís Silva, Rui B. Elias

17 de abril de 2022

The Azorean forest, in addition to its ecological and scenic value, is also essential for carbon retention. The Forest-Eco2 project evaluated 90 stands in São Miguel, Terceira and Pico, comparing natural forests, incense forests and cryptomeria forests. Natural forests showed greater species diversity, while cryptomeria forests accumulated more carbon, especially in wood and leaves. These results reinforce the importance of protecting and expanding the Azorean forests, not only for the biodiversity they harbour, but also for their role in mitigating climate change.

A floresta açoriana tem um papel importante na produção de madeira, proteção do solo, dos recursos hídricos e também pelo seu valor lúdico e estético. No entanto, o seu papel na acumulação de carbono não tinha ainda sido plenamente quantificado.

Assim, no âmbito do projeto Forest-Eco² (ACORES-01-0145-FEDER-000014), Borges Silva e colaboradores (CIBIO-Açores e CE3C/ABG, Universidade dos Açores), avaliaram a diversidade vegetal (número de espécies de plantas, incluindo árvores, arbustos, plantas herbáceas e fetos), a diversidade estrutural (a distribuição da biomassa lenhosa pelas diferentes espécies) e o carbono acumulado em três tipos de florestas - Floresta Natural, Bosques de Incenso e Matas de Criptoméria - em três ilhas dos Açores - São Miguel, Terceira e Pico (Figura 1). A nossa equipa estudou 90 povoamentos florestais, com 30 povoamentos por ilha e por tipo de floresta, usando parcelas com 100 metros quadrados.

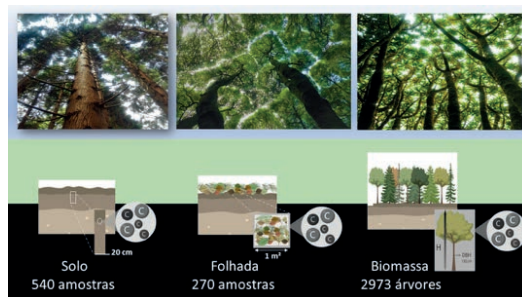


Figura 1 - Três tipos de florestas, estudados nas ilhas de São Miguel, Terceira e Pico. Em cima, Mata de Criptoméria (esquerda), Bosque de Incenso (centro) e Floresta Natural (direita). Em baixo: Recolha de solo, folhada (manta-morta) e de biomassa lenhosa para a avaliação do carbono acumulado em cada tipo de floresta.

As florestas naturais apresentaram os níveis mais elevados de diversidade vegetal (maior número de espécies por parcela), os bosques de incenso e as florestas de produção os níveis mais baixos. A baixa diversidade vegetal observada pode ser explicada pela dominância de uma única espécie, *Pittosporum undulatum* ou *Cryptomeria*, respetivamente. Além disso, as diferenças poderão ter resultado do tipo de manejo dessas áreas. Assim, as florestas naturais desempenham um papel crucial como núcleos para a preservação da diversidade vegetal, no que respeita às plantas nativas e endémicas dos Açores (Figura 2).

Por outro lado, os níveis de diversidade estrutural foram geralmente menores, o que significa que um número relativamente pequeno de espécies lenhosas concentrava grande parte da biomassa. Novamente, as florestas naturais apresentaram os maiores níveis de diversidade estrutural, e as matas de criptoméria, os menores.

Em relação à acumulação de carbono, verificámos que a maior parte se concentrava na biomassa lenhosa, com os valores maiores nas matas de criptoméria (média de tonelada/hectare; Pico 527; São Miguel 475; Terceira 797), os menores nas florestas naturais (média de tonelada/hectare; Pico 147; São Miguel 133; Terceira 146), e valores intermédios nos bosques de incenso (média de tonelada/hectare; Pico 248; São Miguel

4569; Terceira 186), exceto na Ilha de São Miguel, onde os últimos apresentavam valores extremamente elevados, associados a povoaamentos antigos.



Figura 2 - Ilustração das Florestas Naturais como pontos de acumulação de diversidade vegetal (número elevado de árvores, arbustos, plantas herbáceas e fetos), com base nas espécies presentes nas ilhas de São Miguel, Terceira e Pico, nesse tipo de floresta.

Embora estudos noutras regiões tenham sugerido uma maior acumulação de carbono em florestas naturais, tal não se verificou no nosso estudo. As florestas naturais apresentam um elevado número de árvores por hectare, mas um porte mais reduzido do que as matas de criptoméria. As árvores endémicas de maior porte estão restritas às florestas naturais mais antigas, que são atualmente muito raras. A floresta submontana dominada por louro (*Laurus azorica*) e as florestas e bosques naturais a menores altitudes, onde dominam a faia-da-terra (*Morella faya*) e o pau-branco (*Picconia azorica*), foram largamente substituídas por pastagens ou florestas de exóticas, sendo os povoamentos existentes muito limitados em extensão e idade.

Por outro lado, o caráter jovem e a superficialidade dos solos da ilha do Pico (a mais recente do Arquipélago) pode explicar a menor quantidade de carbono acumulado, em comparação com os solos florestais das outras duas ilhas.

Relativamente acumulação de carbono na folhada, foram as matas de criptoméria as que apresentam as quantidades mais elevadas. A folhada das coníferas contém mais lenhina, o que diminui a taxa de decomposição, levando a uma maior acumulação de folhagem na manta-morta, e a uma maior acumulação de carbono.

A avaliação dos ecossistemas florestais e dos seus serviços é vista como uma ação fundamental para o avanço dos objetivos da biodiversidade, para informar o desenvolvimento e implementação de políticas relacionadas e para o planeamento. As florestas açorianas poderão desempenhar um importante papel na mitigação dos efeitos das alterações climáticas, pelo que a sua área de distribuição deve aumentar, especialmente em áreas pouco adequadas às atividades agrícola e pecuária, bem como ao longo de linhas de água, onde poderão funcionar como uma zona de proteção, contribuindo para a acumulação de carbono. No entanto, dada a importância da idade dos povoamentos florestais, e da sua taxa de crescimento, para calcular a acumulação de carbono em termos anuais, seria necessário recorrer a estudos dendrocronológicos desenhados para o efeito.

Cagarras

Party animals ou gatas borralheiras?

Miriam Cuesta, Kirstin Jones, Verónica Neves,

15 de maio de 2022

Azorean nights conceal a little-known natural spectacle: the ‘excursions’ of Cagarra chicks, seabirds that leave their nests to strengthen their wings and feathers before flying out to sea. On the island of Pico, infrared cameras have made it possible to film these night-time outings for the first time without disturbing the birds. The study, supported by the National Geographic Society, has revealed dozens of small forays before dawn and will help to better understand the growth and behaviour of this emblematic species of the Azores, reinforcing conservation efforts for seabirds in the archipelago.

A escuridão é uma condição ambiental tão importante quanto a luz para a vida no planeta Terra. Várias espécies de aves marinhas, onde se incluem as Cagaras (*Calonectris borealis*), são nocturnas e nidificam em pequenas cavidades de espaço reduzido. Para exercitarem as suas asas, desenvolverem a musculatura e tornarem as suas penas impermeáveis, as crias dessas aves marinhas devem abandonar a relativa segurança dos ninhos; a estas saídas nocturnas dos ninhos chamaremos excursões. Estas excursões podem dar-nos informação preciosa sobre as diferentes relações entre crescimento, comportamento e sobrevivência. No entanto, este período da história natural das aves marinhas tem sido muito pouco estudado, porque essas excursões para fora do ninho acontecem à noite e são difíceis de observar.

Os avanços recentes na tecnologia de câmeras remotas oferecem uma oportunidade para



Figura 1 - Câmera de vídeo montada à entrada de um ninho © Miriam Cuesta

colmatar esta lacuna do conhecimento. A capacidade de obter imagens mesmo em ambientes de completa escuridão transforma as câmeras com infravermelho na melhor opção para o estudo de comportamentos nocturnos. Estas câmeras são dotadas de sensores e visores que geram imagens na faixa visível do espectro eletromagnético permitindo a recolha de dados de

forma simples e causando uma perturbação mínima às aves.

A Cagarra integra o Anexo I da Directiva das Aves (Directiva 2009/147/CE), estimando-se que cerca de 75% da população mundial desta espécie nidifique nas ilhas dos Açores, o que torna o nosso arquipélago no lugar ideal para a realização deste estudo. Os principais objectivos do nosso estudo foram:

- √ Investigar o comportamento nocturno das crias de Cagarra antes de se tornarem voadoras e saírem dos ninhos para o mar pela primeira vez;
- √ Monitorizar o desenvolvimento físico e a condição corporal das crias de Cagarra;
- √ Aumentar o nosso conhecimento sobre a generalidade das actividades nocturnas que acontecem na colónia, nomeadamente as taxas de visitação por parte dos adultos, aprovisionamento alimentar e a ocorrência e impacto de predadores.

O nosso estudo, financiado pela *National Geographic Society*, foi realizado na ilha do Pico, entre junho e novembro de 2021, incluindo todo o período de criação até as crias abandonarem os ninhos. As câmeras foram montadas à entrada de catorze ninhos para caracterizar, pela primeira vez, a actividade nocturna das crias de Cagarra. Após a eclosão, as crias foram medidas (peso e comprimentos da asa, do tarso e do bico) e anilhadas a partir das quatro semanas de idade. Os ninhos foram regularmente visitados (a cada 4-5 dias) para trocar as baterias e os cartões de memória das câmeras e para

repetir a recolha de biometrias das crias, por forma a estudar o crescimento individual de cada cria e o sucesso reprodutor. Foram realizadas 21 visitas à colónia desde o início de



Figura 2 - Remoção de cria de Cagarra do ninho para recolha de biometrias © Andreia Silva

junho até ao dia 7 de novembro, data em que a última cria de estudo se emancipou e todas as câmaras foram removidas.

As 352 horas de imagem e os vídeos obtidos estão de momento a ser analisados, mas partilhamos convosco alguns resultados preliminares. Verificámos que as primeiras excursões para fora do ninho tiveram lugar entre o dia 25 de setembro e 7 de outubro, quando as crias apresentavam cerca

de 65-70 dias de idade. Essas excursões decorreram em média ao longo de 26 dias. Cada cria realizou cerca de 50 incursões, sendo que num só dia as crias podem realizar várias pequenas incursões para fora do ninho. As crias voltaram ao ninho sempre antes do nascer-do-sol, o que nessa altura do ano (final de outubro – início de novembro) ocorre por volta das 7:30 da manhã, muito além da meia-noite que a fada-madrinha recomendou à Cinderela. As imagens recolhidas permitiram ainda identificar diferentes predadores na colónia, mas deste assunto falaremos numa próxima oportunidade.

O nosso projecto permitiu-nos aumentar o conhecimento científico sobre a espécie, e contribuirá, por exemplo, para uma melhor planificação de campanhas de conservação desta espécie, tais como ações de prevenção e diminuição da predação. Paralelamente, através das actividades de disseminação científica previstas, o nosso trabalho contribuirá para aumentar o conhecimento da população em geral para a importância da conservação das Aves Marinhas. Nesse âmbito, foi produzido um breve documentário sobre o comportamento nocturno das Cagarras, que já se encontra disponível ao público.

Uma abordagem holística à conservação de duas espécies endémicas costeiras, *Azorina vidalii* e *Lotus azoricus*

Rúben Rego, Luís Silva, María Olangua-Corral, Mónica Moura

4 de setembro de 2022

There are around a thousand species of plants in the Azores, 74 of which are endemic. Among them are Vidália and Lotus dos Açores, coastal plants that are now highly endangered. A doctoral project, supported by the Regional Government, seeks to deepen knowledge about these species — from genetics to reproductive biology — to support their preservation. With the collaboration of several botanical gardens and the Life Vidália project, this study aims to better understand how to protect these unique plants in the face of climate change and the invasion of exotic species.

A flora vascular dos Açores é composta por cerca de 1000 espécies de plantas, das quais, estima-se que 74 sejam endémicas. Apesar da baixa diversidade e taxa de endemismos, comparativamente com os arquipélagos vizinhos (Madeira e Canárias), novas descobertas feitas em estudos de biologia molecular, associadas ao facto de se encontrarem várias espécies e habitats únicos nos Açores, fazem da sua conservação uma prioridade.

As espécies endémicas típicas de zonas costeiras estão naturalmente sujeitas a diversas ameaças, não só de foro ambiental (salinidade, seca, espécies invasoras, erosão, alterações ao uso do solo, alterações climáticas, etc.), mas também de origem humana, que contribuem para a redução drástica das populações ou mesmo para o seu desaparecimento. A Vidália (*Azorina vidalii*) e o Lotus (*Lotus azoricus*) são duas plantas endémicas que habitam nas costas açorianas. Outrora bastante comuns, estas duas espécies encontram-se bastante ameaçadas e as suas populações em declínio, tendo já sido consideradas anteriormente como espécies prioritárias em conservação. Ambas estão inseridas na lista de espécies protegidas pelo Governo dos Açores, assim como na Convenção para a Proteção da Vida Selvagem e do Ambiente Natural, conhecida mundialmente como Convenção de Berna. No entanto, existem ainda diversas lacunas no seu conhecimento, que tornam muito complexa a sua conservação. Nesse sentido, este projeto de Doutoramento, que é financiado pelo Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia (DRCTD), tem como alvo a aplicação de diversas abordagens metodológicas, com o objetivo de aumentar a quantidade e qualidade da informação disponível acerca destas espécies, contribuindo ativamente para a sua conservação.



Figura 1 - Espécies envolvidas neste estudo: a) Vidália (*Azorina vidalii*); b) Lotus (*Lotus azoricus*).

Para atingir esta meta, será efetuado um estudo bastante completo, que incluirá diversos aspetos destas espécies, desde a sua ecologia, biologia reprodutiva, morfologia, genética, habitat, entre outros. A realização deste estudo, contará também com a colaboração de entidades externas, entre as quais o Jardim Botânico do Faial, o Jardim Botânico das Canárias e o Projeto “Life Vidália”, que tem vindo a atuar nalgumas populações destas espécies em algumas ilhas dos Açores.

O estudo da morfologia floral irá complementar o que já foi desenvolvido no âmbito do projeto “Macflor”, abrangendo um maior número de populações. Estas informações servirão para verificar a existência de diferenças morfológicas ao nível da população, mas

também entre populações de outras ilhas. Importantes também serão para clarificar algumas questões taxonómicas, isto é, entre espécies da mesma família, que apresentam algumas semelhanças.



Figura 2 - Tapete de Lotus infestado pela invasora costeira, Chorão-das-praias (*Carpobrotus edulis*).

Outro aspeto que será abordado será a biologia reprodutiva. Muito pouco se sabe acerca da biologia reprodutiva das linhagens endémicas insulares, no entanto, o seu conhecimento é fundamental na adoção de estratégias de conservação e propagação mais eficazes e diretas. O estudo das estruturas sexuais da flor dar-nos-á uma ideia acerca da complexidade das estratégias reprodutivas empregadas pelas plantas, e também das síndromes de polinização e dos próprios agentes polinizadores, os insetos, pássaros e, por vezes, mecanismos de dispersão ambiental, como o vento. Por outro lado, o estudo da fenologia permite melhorar o conhecimento sobre o ciclo de vida das espécies, e a sucessão de eventos fenológicos, desde o início do desenvolvimento de estruturas vegetativas, caules, ramos e folhas, até ao desenvolvimento das flores, estruturas reprodutivas que ao serem polinizadas, formam frutos e nestes se produzem sementes que, se viáveis irão germinar e dar origem a novas plantas.

Iremos efetuar uma caracterização molecular das populações intervencionadas pelo programa “Life Vidália”, a fim de compreender o impacto deste tipo de iniciativas na conservação destas espécies, ao nível do aumento da diversidade genética e na melhoria das condições do seu habitat. Os habitats serão alvo de um estudo de modelação, numa tentativa de perceber o seu estado e o nível de ameaça a que estas plantas estão sujeitas. Também se farão previsões do possível impacto que as alterações climáticas e as espécies invasoras poderão ter no habitat da Vidália e do Lotus.

Neste momento, estão já a decorrer os estudos de fenologia em duas ilhas do arquipélago, Santa Maria e São Miguel. Ao mesmo tempo, começam os trabalhos morfométricos e moleculares. Perspetiva-se que no final deste trabalho, haja um aumento da informação disponível acerca destas duas espécies, o que beneficiará a sua conservação, e que culminará com a publicação de vários artigos científicos.

O que nos dizem os fósseis?

Expansão de espécies de moluscos marinhos durante o último estágio interglacial

Carlos Melo, Sérgio Ávila

16 de outubro de 2022

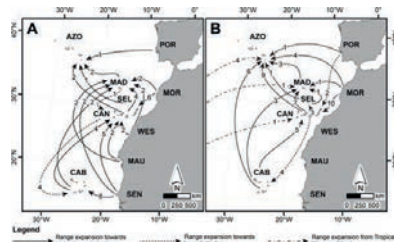
During the last interglacial period, more than 120,000 years ago, warmer climates and rising sea levels allowed tropical marine species to expand into latitudes that are now subtropical, such as the Azores and the Canary Islands. A recent study analysed fossils from these periods and identified 24 species used as ecological indicators, helping to understand how changes in temperature and ocean currents shaped the distribution of life in Macaronesia. These results shed new light on the biogeographical history of the islands and the possible impacts of current climate change.

As espécies tendem a ocupar áreas geográficas, grosso modo, bem definidas. Tal acontece tanto no meio marinho como no meio terrestre. No caso das espécies marinhas, a distribuição geográfica é controlada por uma série de fatores ecológicos e físicos, sendo a temperatura que se regista durante o período da reprodução um dos fatores principais a regular a distribuição, implementação e manutenção de populações viáveis.

As ilhas oceânicas vulcânicas que se encontram na área geográfica da Macaronésia (Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde) constituem um local privilegiado para conduzir trabalhos de (paleo)biogeografia, pelo facto dos arquipélagos se encontrarem em zonas climáticas diferentes: Cabo Verde encontra-se numa zona climática de características tropicais, enquanto os restantes arquipélagos se encontram numa zona climática de características sub-tropicais.

Um trabalho recente, onde foi efetuada uma análise biogeográfica da fauna marinha da Macaronésia tendo por base seis grupos taxonómicos com diferentes capacidades de dispersão, resultou na constatação de que Cabo Verde funciona como uma sub-província, à parte da restante Macaronésia.

Mas será que sempre foi assim? Os seres vivos movem-se, a velocidades diferentes. E quando as condições (físicas e ecológicas) se alteram, aumentam as probabilidades de ocorrência de desaparecimentos locais (inclusive extinções) ou de alteração da distribuição geográfica.



Rotas de migração quantitativas dos A) bivalves e B) gastrópodes marinhos que são típicos de ambientes tropicais e que desapareceram localmente após o fim do Último Estádio Interglacial.

Durante o Último Estádio Interglacial (entre os 129.000 e os 116.000 anos atrás), registaram-se alterações climáticas que se traduziram em variações da temperatura e consequentes alterações do nível médio das águas do mar. E no que se traduziram estas variações, no que respeita à distribuição geográfica das espécies marinhas?

Com diferentes esforços de amostragem, são reportados diversos depósitos fossilíferos do Estádio Isotópico Marinho 5e (doravante MIS 5e), o período mais quente do último estágio interglacial, para as diferentes ilhas que se encontram na Macaronésia. Algumas destas campanhas foram realizadas entre 2017 e 2022, como é o caso de Açores (Santa Maria), Canárias (Tenerife, Gran Canária, Fuerteventura e Lanzarote), e Cabo Verde (Santiago, Maio, Boa Vista, Sal, São Vicente e Santo Antão).

Das campanhas realizadas, resultou a descoberta de várias espécies típicas de ambientes tropicais nos arquipélagos onde atualmente o clima é sub-tropical. Não sendo novo o facto de que espécies típicas de ambientes tropicais chegaram e mantiveram populações

viáveis a maiores latitudes durante o Pliocénico (como é o caso dos Açores), e também já se conhecendo que algumas espécies chegaram e mantiveram populações viáveis nos vários arquipélagos macaronésicos durante o Plistocénico (MIS 5e), importa, porém, efetuar uma análise global dos processos de dispersão das espécies tropicais durante o MIS 5e na Macaronésia.

Todos os dados sobre o MIS 5e da Macaronésia foram compilados, e resultaram numa lista composta por 369 taxa específicos: 136 são reportados para os Açores; 194 reportados para as Canárias, e 81 reportados para a Cabo Verde.

Desta lista, 73 taxa específicos desapareceram localmente dos arquipélagos. Destes, excluiu-se Cabo Verde da análise, e foram somente selecionadas as espécies que hoje em dia ocorrem nas zonas tropicais, definindo-se assim um conjunto de 24 taxa específicos que consideramos como sendo os melhores indicadores ecoestratigráficos para a Macaronésia.

Porque são importantes os indicadores ecoestratigráficos? Em primeiro lugar, esta é a primeira vez que é efetuada uma análise deste tipo para a Macaronésia; em segundo lugar estes indicadores permitem uma melhor compreensão do comportamento das espécies durante interglaciais com características próximas do atual; e em terceiro lugar permitem aumentar a nossa confiança na definição da idade dos depósitos.

E quando e como ocorreu? Propomos que a expansão latitudinal das espécies deverá ter ocorrido durante o final da Terminação 2 (fim do período glacial MIS 6 e início do interglacial MIS 5), num período temporal em que o sentido e intensidade das correntes deverá ter sido diferente do atual, devido à enorme quantidade de água doce descarregada na superfície dos oceanos, resultante do degelo das calotes polares. Concluímos neste trabalho que a distância e a temperatura da superfície do mar são os principais fatores a controlar a expansão das espécies, que é bem patente no sentido e número de taxa que se movimentaram entre arquipélagos.

Assim, através do trabalho efetuado foi possível:

- Apresentar pela 1ª vez uma lista de indicadores ecoestratigráficos para a Macaronésia durante o Último Estádio Interglacial composta por 24 taxa específicos (10 bivalves e 14 gastrópodes);
- Propor um intervalo temporal no qual deverá ter ocorrido a expansão geográfica das espécies;
- Propor que condições deverão ocorrer para que esta expansão suceda em larga escala;
- Dar um passo importante na compreensão de como a Macaronésia tem evoluído como província biogeográfica, e;
- Testar o efeito da latitude (e conseqüente variação da temperatura da superfície do mar e distância) como filtro biogeográfico à movimentação das espécies marinhas.

Caracterização global da flora introduzida nos Açores

Lurdes B. Silva, Luís Silva, Mónica Moura

30 de outubro de 2022

Since settlement, the Azores have received countless plants brought from other parts of the world, especially during the 19th century, when a taste for exotic gardens led to the introduction of species from Africa, America and Asia. This period shaped the Azorean landscape, but also created ecological risks. A recent study identified more than 5,000 vascular species present on the islands, of which about 600 have already become naturalised. To prevent further biological invasions, researchers propose lists of permitted and prohibited species, combined with public awareness campaigns on the importance of conserving native flora.

Nos Açores a introdução de espécies exóticas da flora iniciou-se com o povoamento, sendo esta prática acentuada com o incremento da mobilidade humana, da globalização, do turismo e da exploração comercial da flora.

No contexto edafoclimático do arquipélago e na sequência da moda do colecionismo botânico difundido pela Europa, milhares de plantas ornamentais de espécies oriundas de África, América do Sul e do Sudeste Asiático, vieram povoar os jardins açorianos ao longo da segunda metade do século XIX. O que levou a reunir nos Açores um elevado número de espécies que era essencialmente direcionado para uma flora exótica.

Foram reunidas coleções de palmeiras, cicas, araucárias e de espécies como a *Cryptomeria japonica*, o *Pittosporum undulatum* e os metrosíderos da Austrália e Nova Zelândia, as quais vamos, por exemplo, encontrar nos luxuriantes jardins que circundam a cidade de Ponta Delgada e o Vale das Furnas, na ilha de São Miguel. Assim, assistiu-se a uma verdadeira transformação da paisagem insular e a uma total alteração da ocupação do solo, correspondente a uma enorme entrada de espécies exóticas. Hoje, as ações que continuam a conduzir à sua introdução não podem ser aprovadas, sobretudo em ilhas que, em geral, são ricas em biodiversidade, mas que são também particularmente sensíveis.

Devem ser criadas listas negras e listas brancas, para a Região Autónoma dos Açores (RAA). As listas negras dizem respeito às espécies que são proibidas importar e as listas



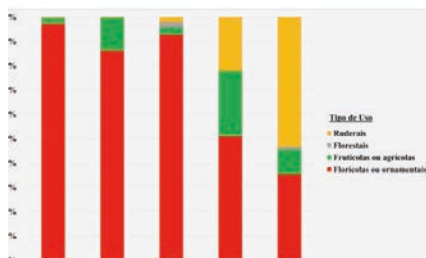
Figura 1 - Ilustração das espécies presentes nos jardins, parques, quintas, miradouros, praças, matas e empresas de comercialização de plantas, com base nos levantamentos efetuados nas ilhas de São Miguel, Terceira e Faial.

brancas são relativas às plantas e a órgãos vegetativos que podem entrar. A introdução de uma espécie deve ser proibida até ser demonstrado que esta apresenta uma baixa probabilidade de se mostrar problemática. Para as espécies que não fazem parte destas listas, devem ser emitidas autorizações específicas. Estas listas podem ser de difícil aceitação por parte de agricultores, produtores, entre outros. Em muitos países são os próprios importadores que pagam os custos da avaliação de risco, de uma determinada espécie a ser importada.

Recentemente uma equipa do BIOPOLIS/CIBIO-Açores da Universidade dos Açores, em colaboração com a Direção Regional do Ambiente e das Alterações Climáticas, atualizou a flora vascular introduzida. Foi realizado um levantamento exaustivo de plantas vasculares presentes em jardins, viveiros, empresas de comercialização de plantas, reservas florestais e de recreio, miradouros, parques, quintas e matas nas ilhas de São Miguel, Terceira e Faial (Figura 1).

Foram registados cerca de 5200 taxa representados por 3618 espécies, 1254 variedades, 326 híbridos e, distribuídos por cerca de 1350 géneros e 225 famílias. As famílias com maiores contribuições foram as Theaceae, Asteraceae, Rosaceae, Crassulaceae, Fabaceae, Poaceae e Bromeliaceae. Mais de 60% das famílias, géneros e espécies estão incluídos no grupo Dicotyledoneae e, cerca de 25% das espécies no grupo das

Monocotyledoneae. Embora, o número de famílias de Pteridophyta (plantas vasculares sem semente, por exemplo, os fetos) seja superior ao das famílias de Gymnospermae (plantas vasculares sem fruto, por exemplo, os cedros e as criptomérias), apresentam um número de espécies sem



2 - Número de taxa por tipo de uso, de acordo com o estatuto de colonização de taxa listados nos jardins, parques, quintas, miradouros, praças, matas e empresas de realização de plantas, com base nos levantamentos efetuados nas ilhas de São Miguel e Faial.

Em relação aos híbridos, 245 taxa são Dicotyledoneae, 77 Monocotyledoneae, havendo também três Gymnospermae e um Pteridophyta. Por outro lado, cerca de 80% são plantas introduzidas como florícolas ou ornamentais (37% cultivadas, 30% indefinidas, 25% importadas, 5% naturalizadas, 3% casuais); 8% frutícolas ou agrícolas (43% importadas, 22% casuais, 15% naturalizadas, 10% cultivadas, 10% indefinidas); 8% ruderais (74% naturalizadas, 17% casuais, 8% indefinidas, 1% cultivadas) e um número residual como florestais (1%) (Figure 2).

Destes 5.200 taxa, cerca de 600 já são naturalizados e as espécies indígenas correspondem apenas a um número inferior a 300 espécies. Além de listar a taxa, foi feita uma análise de risco para aquelas espécies que se podem tornar invasoras. A partir desta análise, concluímos quais as espécies que não podem entrar na RAA. Esta listagem, bastante extensa, é um instrumento muito importante para auxiliar na estratégia de prevenção de espécies invasoras na RAA.

A educação é também uma importante estratégia de prevenção, uma vez que a participação do público é crucial para controlar e prevenir as invasões biológicas. O cidadão comum não se apercebe bem dos problemas atuais, ligados à preservação das espécies mais raras, endémicas de uma região, nem dos problemas que podem estar associados à introdução de espécies oriundas do exterior, que acabam por trazer, muitas vezes, problemas ao nível da conservação e da biodiversidade.

Macaronésia como unidade biogeográfica marinha

Será?

Carlos Melo, Sérgio Ávila

13 de novembro de 2022

During the Last Interglacial Period, around 120,000 years ago, temperatures reached levels similar to those predicted for the coming decades. During this period, many marine species expanded their territory towards higher latitudes, altering the boundaries of the North-East Atlantic climate zones. A study conducted by CIBIO-Azores analysed more than a thousand fossil species and concluded that the Atlantic archipelagos never formed a single marine biogeographical unit. Thus, the term 'Macaronesia' should refer only to the geography of the islands, and not to a common ecological unit.

O Último Estádio Interglacial (entre os 129 a 116 mil anos atrás) é um bom análogo ao que se perspectiva para as temperaturas das próximas décadas do atual interglacial, visto que neste intervalo de tempo se registaram das mais elevadas temperaturas dos últimos 800.000 anos. E porque é a temperatura tão importante? A temperatura é um dos principais fatores que controlam a distribuição geográfica das espécies, controlando igualmente os limites das províncias biogeográficas. Para o caso da região geográfica da Macaronésia, e utilizando a classificação das zonas climáticas de Petuch, o arquipélago de Cabo Verde encontra-se numa zona eutropical (zona climática de características tropicais) enquanto os restantes arquipélagos estão situados numa zona paratropical (zona climática de características temperadas e/ou subtropicais).

Tal como demonstrámos na edição do UAciência de 16 de outubro, como existem organismos específicos para cada província biogeográfica, pode-se assim inferir sobre a expansão (ou contração) geográfica da distribuição destas espécies. No caso da Macaronésia, sabe-se que esta expansão ocorreu, tendo em conta a análise dos sedimentos marinhos que contém fósseis.

Importa aqui analisar a classificação da Macaronésia como unidade biogeográfica marinha. Freitas et al. (2019), com base na análise de seis tipos de organismos marinhos com diferentes capacidades de dispersão, concluíram que, na atualidade, a Macaronésia não existe, como unidade biogeográfica marinha. Assim, Cabo Verde deverá ser considerado como uma subprovíncia biogeográfica isolada, os Açores como uma ecoregião, e Madeira, Selvagens e Canárias formam uma nova ecoregião, denominada “Webbnesia”. Em relação à evolução da unidade biogeográfica da Macaronésia, Ávila et al. (2016) estenderam a zonation biogeográfica da fachada setentrional atlântica até à latitude dos Açores, mostrando um enquadramento biogeográfico durante o Pliocénico (5.33 – 2.95 milhões de anos – Ma) diferente do atual.

Com base na análise dos dados recolhidos pela equipa de Paleontologia e Biogeografia Marinha do CIBIO-Açores ao longo de mais de 20 anos em trabalhos de campo em diversas ilhas dos Açores, Canárias e Cabo Verde, dados cedidos de Itália, e na recolha de dados bibliográficos de mais de 70 locais (Figura 1), foi possível compilar uma lista composta por 1.235 espécies de moluscos marinhos (441 bivalves e 794 gastrópodes). Os dados desta lista permitiram criar dendrogramas que mostram a similaridade entre as diferentes regiões analisadas.

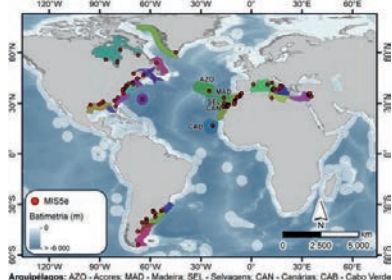


Figura 1 - Distribuição, ao nível do Atlântico e do Mediterrâneo, dos pontos de coleta de dados. MIS 5e – Último Estádio Interglacial (129 a 116 mil anos atrás).

Durante o Último Estádio Interglacial, um grande número de espécies marinhas litorais ampliou a sua distribuição geográfica, tendo ocorrido expansão em latitude (maioritariamente para latitudes mais elevadas), assim como em longitude. Esta expansão da distribuição geográfica das espécies mostra que, durante este período, ocorreu uma alteração da delimitação das zonas climáticas no Atlântico Nordeste (Figura 2).

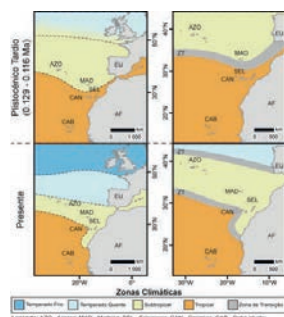


Figura 2 - Variação dos limites das zonas climáticas durante os últimos 130 000 anos.

Tendo em conta que, e somente para o caso da fachada setentrional atlântica, as zonas climáticas coincidem com as províncias biogeográficas, propusemos uma nova delimitação das províncias biogeográficas marinhas durante este período, com enfoque especial na zona de transição entre a zona climática de características tropicais e a zona climática de características subtropicais. Ao contrário de Freitas et al. (2019), os dados relativos ao Último Estádio Interglacial mostram uma maior similaridade entre Canárias e Cabo Verde, e conseqüente menor entre estes arquipélagos e os restantes. Desta forma, denota-se uma alteração do panorama biogeográfico entre o Último Estádio Interglacial e o atual. Ao comparar os dados do Pliocénico (5.33 – 2.95 Ma), do Último Estádio Interglacial (129 – 116 mil anos) e os atuais, constatamos que nunca ocorreu uma unidade biogeográfica marinha composta pelos arquipélagos dos Açores, Madeira, Selvagens, Canárias e Cabo Verde, a denominada “Macaronésia”. Propomos, assim, que para o meio marinho, o termo “Macaronésia” deverá ser única e exclusivamente utilizado com uma conotação geográfica.

O impacto da alteração da estrutura do habitat na complexidade das cadeias alimentares dos artrópodes nas florestas açorianas

Sébastien Lhoumeau

9 de julho de 2023

Arthropods, which include insects such as parasitoid wasps, are essential for the balance of ecosystems, but habitat loss seriously threatens their diversity. A project supported by the AIR Centre is studying the link between habitat structure and the complexity of these animals' ecological networks in the Azores forests. It uses advanced technologies, such as drones and LIDAR sensors, to understand how changes in land use affect these communities. The aim is to propose more effective conservation strategies in the face of the current global biodiversity crisis.

A perda e a degradação dos habitats são uma causa bem conhecida da erosão da biodiversidade, o que é particularmente relevante para os artrópodes, o grupo de animais mais diversificado da natureza. Além disso, existe uma forte ligação entre a diversidade das comunidades de artrópodes e a estrutura dos seus habitats. Mais importante ainda, a perturbação das comunidades de artrópodes conduz a alterações nos serviços ecossistémicos que prestam. Por estas razões, muitas espécies podem ser consideradas espécies-chave nos ecossistemas. A perda das suas funções ecológicas críticas pode levar ao colapso de todo o ecossistema. Para garantir a estabilidade dos ecossistemas e os serviços associados que prestam à humanidade, é essencial manter a diversidade das comunidades de artrópodes, mas também a diversidade estrutural do seu ambiente. Em ambientes complexos, as redes de interações entre espécies contribuem para a biodiversidade e apoiam serviços de ecossistema essenciais.

Por exemplo, a regulação do tamanho das populações de artrópodes é um dos serviços de ecossistema mais importantes, e é principalmente prestado pelas vespas parasitóides (Hymenoptera Parasitica). No entanto, em 2019, 75% das espécies de Hymenoptera Parasitica continuam por descrever, apesar deste grupo ser essencial para manter o equilíbrio ecológico e contribuir para a diversidade de outros organismos. São um dos grupos de insectos menos conhecidos, principalmente porque são difíceis de identificar (o chamado impedimento taxonómico). Como os mais importantes reguladores naturais, as vespas parasitóides precisam ser estudadas em profundidade, pois podem fornecer subsídios para estudos de biologia e conservação através de programas de controle biológico.

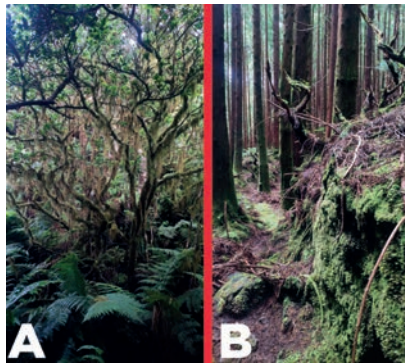


Figura 1 - Comparação entre a complexidade estrutural do sub-bosque da floresta nativa açoriana (A) e de uma floresta exótica (B: plantação de *Cryptomeria japonica*).

Actualmente, porém, a ciência encontra-se numa "corrida contra o tempo". Além disso, parece certo que muitos organismos desaparecerão sem que tenhamos consciência da sua existência ou demasiado tarde para tomar medidas de conservação. É evidente que um melhor conhecimento da distribuição e do funcionamento dos organismos animais ou vegetais nos ecossistemas permitir-nos-á tomar as medidas mais adequadas para os conservar. Além disso, a perda de biodiversidade não é apenas uma perda de espécies, mas também uma perda de interações entre elas, uma vez que este conceito é amplo e

inclui todos os tipos de interações entre genes, espécies e ecossistemas. Com os recursos limitados de que dispomos, é impossível estudar toda a diversidade de taxa, pelo que é necessário seleccionar grupos ou habitats importantes para estudo prioritário e acção de conservação.



Figura 2 - *Lithobius pilicornis pilicornis*, um dos artrópodes predadores de topo influenciados pela diversidade estrutural do seu ambiente

Centrando-nos nas florestas açorianas (autóctones e exóticas), e com o apoio do AIRCentre (Atlantic International Research Centre) da ilha Terceira, e graças às novas tecnologias (LIDAR, UAV, teledeteção, etc.), estamos a combinar novas abordagens com novas modelizações e análises de redes de comunidades com as análises tradicionais da biodiversidade. O projecto visa investigar a relação entre a estrutura dos habitats e a complexidade das redes ecológicas em comunidades de artrópodes, com vista a adaptar as medidas de conservação no contexto da actual crise da biodiversidade. Os principais objectivos são:

1. Quantificar a estrutura do habitat das florestas açorianas nativas e exóticas,
2. Avaliar a complexidade das redes entre diferentes grupos tróficos de artrópodes, fornecendo assim uma visão geral da complexidade das teias alimentares nas florestas nativas e exóticas dos Açores,
3. Utilizar um conjunto de dados de artrópodes a longo prazo (2012-2022) para quantificar os efeitos das alterações ambientais sazonais e temporais na complexidade da rede entre diferentes grupos tróficos de artrópodes, e
4. Avaliar os efeitos das perturbações nos predadores de topo de insectos (Hymenoptera: Parasitica).

As nossas principais hipóteses são que a caracterização da diversidade estrutural da floresta irá prever a diversidade e biomassa dos artrópodes florestais, e que a complexidade da teia alimentar estará relacionada com a estrutura e complexidade do habitat. Além disso, esperamos que os predadores de topo sejam altamente sensíveis a alterações nas condições ambientais, uma vez que dependem de uma cascata de adaptações à ecologia e fisiologia dos seus hospedeiros e plantas hospedeiras para sobreviverem. Prevemos, portanto, que as alterações do uso do solo nos Açores, de florestas nativas para florestas mistas exóticas, e as perturbações associadas conduzirão à homogeneização e simplificação do habitat, com efeitos negativos na diversidade de predadores de topo.

Apicultura em ambiente insular

Aliar a produção com a conservação da natureza

Leila Morgado, Mário Boieiro

12 de novembro de 2023

Beekeeping in the Azores has grown in recent years, promoting quality products such as 'Incense Honey', which has had Protected Designation of Origin status since 1994. This activity combines the sustainable production of honey and honey products with respect for natural cycles, contributing to the local economy. However, honey bees are an introduced species and, when poorly managed, can affect native pollinators and sensitive ecosystems. Thus, beekeeping in the Azores must balance economic development with the conservation of endemic species and the protection of natural habitats.

A apicultura é uma atividade que engloba a criação racional e o bem-estar das abelhas-do-mel (*Apis mellifera* L.), a polinização de diferentes espécies cultivadas e a comercialização de produtos apícolas, tais como mel, pólen, própolis, cera, geleia real e apitoxina (substância extraída do veneno da abelha). Além disso, esta atividade está inserida no conceito da sustentabilidade, pois associa o manejo das colónias aos ciclos biológicos das abelhas e da natureza, a produção de alimentos naturais e saudáveis e o aumento dos rendimentos familiares para as populações locais, com a comercialização dos produtos apícolas e agrícolas.

Nos Açores, a criação das abelhas-do-mel tem vindo a crescer nos últimos anos, principalmente com a elaboração do Plano Estratégico para a Apicultura nos Açores (2020-2029), que tem como principal objetivo apoiar a implementação de políticas públicas dirigidas ao setor apícola, impulsionando o seu desenvolvimento sustentável nas ilhas.



Figura 1 - Abelha-do-mel (*Apis mellifera* L.) visitando uma composta para recolha de néctar e pólen.

O principal produto apícola nos Açores é o mel, com Denominação de Origem Protegida (DOP) desde 1994, referenciado como "Mel de Incenso", quando é obtido a partir de néctar proveniente principalmente do incenso (*Pittosporum undulatum* Vent.) (i.e. $\geq 30\%$ dos grãos de pólen identificados nas amostras de mel) e o "Mel Multifloral", quando é proveniente de néctares de diferentes plantas, como por exemplo acácias, castanheiros, eucaliptos, metrosideros, incensos, trevos, e outras plantas espontâneas e cultivadas (neste caso não há grãos de pólen dominantes nas amostras de mel).

A flora apícola é um fator muito importante para o sucesso da apicultura, tanto para a produção do mel, como de outros produtos apícolas (pólen e própolis). Assim, ao planear o projeto e montar o seu apiário, o apicultor deverá ter um bom conhecimento da área selecionada para a sua instalação, principalmente sobre a disponibilidade de fontes alimentares para as abelhas. Se se justificar, deverá também incluir no plano de trabalho o plantio de espécies (nativas, endémicas e cultivadas) que se saiba serem importantes recursos de néctar, pólen e resina para as abelhas.

A seleção do local de instalação do apiário é fundamental para garantir o sucesso na produção e o bem-estar das colónias, mas deverá igualmente respeitar a legislação sobre

esta matéria, as regras de saúde pública, e a conservação do património natural local. As abelhas-do-mel ocorrem em diferentes ambientes, no entanto, para o desenvolvimento saudável e próspero da colónia, é necessário respeitar os seus requisitos ecológicos e fisiológicos, evitando zonas frias, de humidade elevada e com baixos recursos disponíveis. Por outro lado, deveremos ter em consideração que as abelhas-do-mel são insetos não-nativos dos Açores, que podem atingir uma grande densidade e apresentam comportamento generalista, pois visitam uma grande diversidade de plantas. Em ecossistemas insulares, quando não são observadas as regras elementares de instalação e gestão das colmeias, a abelha-do-mel pode ter um impacto muito negativo na biodiversidade e no ambiente, como tem sido reportado nas Canárias e em outros arquipélagos.



Figura 2 - Abelha-do-mel (*Apis mellifera* L.) visitando uma flor de malpica (*Bidens pilosa* L.) para recolha de néctar e pólen.

Para determinadas espécies de plantas nativas e endémicas, a abelha-do-mel não é bom polinizador, pois as estruturas florais não estão adaptadas a esta espécie introduzida, existindo espécies nativas de abelhas, borboletas ou de outros grupos de polinizadores que cumprem essa função com maior eficácia. Por outro lado, em áreas ecologicamente sensíveis, a elevada abundância de abelhas-do-mel pode ser um problema grave uma vez que recolhem pólen e néctar em elevadas quantidades, esgotando estes recursos para os polinizadores nativos, onde se incluem algumas espécies ameaçadas de extinção, que temos a responsabilidade de proteger.

Deveremos ter em consideração que nos ecossistemas naturais existem redes de interações entre as espécies nativas de plantas e os seus polinizadores, que são vulneráveis às espécies introduzidas. Por este motivo, e principalmente em regiões insulares, é desaconselhada, ou até proibida, a introdução de colónias de *A. mellifera* em áreas naturais sensíveis, as quais se encontram geralmente incluídas em espaços protegidos.

Neste contexto, para que o desenvolvimento da apicultura ocorra de forma sustentável nos Açores é fundamental conciliar a produção apícola com a conservação das espécies endémicas e dos habitats naturais protegidos.

Flora invasora dos Açores

O caso da Gigante (*Gunnera tinctoria* (Molina) Mir.) na ilha de São Miguel

Lurdes B. Silva, Luís Silva, Carlos Melo, Amber Corten, João Quental

10 de dezembro de 2023

In the Azores, more than 60% of plants are exotic species, and some, such as the giant (*Gunnera tinctoria*), pose a serious threat to native ecosystems. Introduced as an ornamental plant, this species has invaded the island of São Miguel, replacing natural vegetation and impoverishing biodiversity. Researchers at CIBIO-Azores are now studying its expansion and using models that project an increase in invasion by the end of the century, which could reach other islands. Controlling the spread of the giant rhubarb is urgent to protect Azorean habitats and preserve their unique natural wealth.

A contínua dispersão de espécies vegetais invasoras, correspondem a uma ameaça real para espécies e habitats nativos, por meio de competição, predação e transmissão de doenças. Estas invasões alteram a estrutura e o funcionamento de ecossistemas inteiros e comprometem a capacidade destes sistemas em fornecer serviços valiosos, como a polinização, a regulação hídrica ou o controle de inundações.

No Arquipélago dos Açores, mais de 60% da flora vascular corresponde a espécies exóticas. Várias plantas são consideradas como ameaças à conservação da flora endêmica e das comunidades vegetais autóctones, mas também à conservação de espécies de artrópodes, briófitos, líquenes e moluscos.

A gigante (*Gunnera tinctoria*) é uma planta herbácea perene, nativa do sul do Chile, e que devido ao seu aspeto exótico foi introduzida como planta ornamental em jardins botânicos de diversas regiões o mundo. Os Açores não foram exceção na sua introdução, mas com a agravante de que esta planta se tornou invasora, especificamente na ilha de São Miguel. Devido à sua elevada taxa de distribuição, em 2017 a *G. tinctoria* foi classificada pela União Europeia como Espécie Invasora de Preocupação Europeia, exigindo a implementação de restrições à sua posse, importação, comercialização e produção.

Atualmente, investigadores da Universidade dos Açores (CIBIO-Açores), que trabalham na área de modelação e gestão do território em sistemas insulares, estão a realizar diversos trabalhos tendo como base o caso particular da *G. tinctoria* na ilha de São Miguel. Podendo atingir até 2 metros de altura, a gigante tem rizomas volumosos e grandes folhas espinhosas que podem crescer também até dois metros de largura (Figura 1). Dos



Figura 1 - Folhas, inflorescências e caules de *Gunnera tinctoria* (Castelo Branco, ilha de São Miguel, Açores)

trabalhos efetuados, foi possível constatar que esta espécie apresenta diversas características negativas, tais como: elevada produção de sementes (Fig. 1); reprodução vegetativa; elevado impacto na paisagem; e invasão da vegetação natural.

Trabalhos de reavaliação dos habitats invadidos por *G. tinctoria* na ilha de São Miguel, resultaram na constatação de que *G. tinctoria* influencia dramaticamente a abundância e a cobertura de outras espécies presentes, e aumenta a oportunidade de invasão de outras espécies invasoras. Ao mesmo tempo, diminui drasticamente a quantidade de espécies

nativas e altera significativamente a vegetação do ecossistema natural, para formar uma paisagem homogeneizada. A prioridade de controlo deverá ser dada às populações satélites em locais de elevado valor de conservação, e as infestações mais graves necessitarão de uma abordagem persistente e global.

Relativamente à componente da modelação, o desenvolvimento de modelos de distribuição de espécies, surgem como uma proposta para preencher as lacunas do conhecimento sobre os limites geográficos destas invasões. Estes modelos contribuem ainda para a formulação de novas hipóteses sobre os mecanismos de previsão de distribuição das espécies, relacionando as observações relativas às ocorrências das espécies com as variáveis ambientais que contribuem para a sua sobrevivência. Neste sentido, a distribuição conhecida e potencial de gigante também está a ser estudada. Resultados preliminares apontam para o facto de, apesar da distribuição atual da *G. tinctoria* abranger a ilha de S. Miguel, a sua área de expansão tem aumentado dentro desta ilha, estando atualmente localizada na zona oeste da ilha a aproximadamente 40 km das primeiras áreas afetadas (Figura 2).



Figura 2 - Invasão de *G. tinctoria* na zona oeste ilha de S. Miguel (Serra Devassa)

Relativamente à distribuição potencial, considerando diferentes cenários e projeções climáticas para os Açores, os modelos mostram que em diferentes cenários climáticos e para os anos 2040, 2070 e 2100, haverá um aumento generalizado na área de invasão desta espécie, podendo potencialmente atingir todas as restantes ilhas do arquipélago. Neste sentido, torna-se premente a realização de outros estudos, no sentido de determinar as consequências iminentes sobre o ecossistema natural da ilha de São Miguel.

Além do mais, dever-se-á proceder ao desenvolvimento de ferramentas precisas de avaliação do risco para prever o aparecimento de espécies invasoras e/ou avaliar o impacto das espécies invasoras que já estão presentes no arquipélago. A correta avaliação dos efeitos que espécies exóticas têm nos ecossistemas naturais dos Açores devem ser tidas como um objetivo importante da economia e da política, uma vez que, após uma dispersão para os habitats naturais, a possibilidade de erradicação se torna limitada, afetando os habitats únicos que são o cartaz do arquipélago.

A prevenção como método de conservação

O caso da *Youngia japonica* (crepe-do-japão) na ilha de São Miguel

Guilherme Roxo, Luís Silva, Lurdes B. Silva, Rúben Rego, Roberto Resendes, Mónica Moura

14 de abril de 2024

The Japanese crepe tree (*Youngia japonica*), a plant native to Asia, was recently detected on the island of São Miguel and is spreading rapidly. Considered a high ecological risk, this invasive species can alter ecosystems and even affect the production of new Azorean coffee due to its ability to release substances that inhibit the growth of other plants. Researchers warn of the need to monitor and control its spread while it is still possible to eradicate it, thus protecting the native habitats of the Azores and local agricultural crops.

Uma espécie quando vive fora da sua área de distribuição nativa é denominada de espécie exótica (do grego *exotikós*, “de fora”). Algumas destas espécies coexistem com as espécies nativas de forma equilibrada, no entanto quando causam impactos ambientais e económicos negativos estas são designadas de espécies invasoras.

No arquipélago dos Açores mais de 60% da flora vascular corresponde a espécies exóticas. Estas plantas foram introduzidas de forma consciente ou inconscientemente, propagando-se e desenvolvendo-se espontaneamente, podendo impactar o nosso dia a dia quando afetam os serviços dos ecossistemas, com consequências negativas no fornecimento de água, regulação do clima, saúde pública, valor estético e cultural das paisagens, entre outras.

O crepe-do-japão (*Youngia japonica*) é uma planta que pertence à família das Asteraceae onde se inserem os dentes-de-leão (*Taraxacum* sp.). A sua área de distribuição nativa inclui a China, a Índia, o Japão, a Coreia, a Península Malaia, as Filipinas e Taiwan. No entanto, esta já se encontra introduzida em África, Norte e Sul da América, Austrália e Europa.



Figura 1 - Detalhe das Folhas, inflorescência e flores do crepe-do-japão

O *Hawaii-Pacific Weed Risk Assessment* (HPWRA) é um instrumento de rastreio que permite fazer perguntas detalhadas sobre uma planta antes de esta ser importada ou amplamente plantada numa região, tendo uma precisão de 95% na captura de plantas potencialmente invasoras. De acordo com este sistema o crepe-do-japão trata-se de uma espécie de alto risco, sendo atualmente invasora no Havai, outras ilhas do Pacífico e alguns estados dos Estados Unidos da América. Para além disto são plantas alelopáticas, ou seja, possuem a capacidade de produzir substâncias químicas que depois libertam no solo influenciado de forma negativa ou positiva o desenvolvimento de outras espécies. A capacidade alelopática do crepe-do-japão foi estudada e conclui-se que a mesma a possui podendo afetar negativamente a produção de café.

Desde a colonização dos Açores o corte da vegetação nativa para as culturas de cereais e a introdução de numerosas espécies de plantas cultivares, forrageiras, florestais, ornamentais e de sebes, tiveram um impacto significativo na vegetação nativa. Para além disso, a recente intensificação da produção de pastagens e de pastoreio de gado nos

Açores conduziu à eutrofização dos solos. Todos estes fatores criam um habitat ideal para espécies introduzidas como é o caso do crepe-do-japão.

Desconhece-se como e quando esta planta chegou a São Miguel. No entanto pensa-se que a introdução do crepe do japon é recente. Tendo em conta que ocorre predominantemente em relvados urbanos e campos de práticas hortícolas e/ou agrícolas a sua introdução é possivelmente resultado de ser uma contaminante em lotes de sementes. Apesar de ser uma introdução recente está já se encontra espalhada por toda a ilha, e a começar a estabelecer-se em áreas naturais perturbadas, como é o caso da margem da lagoa das Furnas. Dada à sua capacidade de propagação versatilidade ambiental, comportamento alelopático e risco ecológico reconhecido pelo sistema HPWRA, o crepe-do-japão trata-se de uma espécie de alto risco para a Região Autónoma dos Açores, pelo que deve ser feita uma monitorização nas proximidades dos locais onde é conhecida a sua ocorrência.



Figura 2 - População de crepe-do-japão nas Furnas

Também é importante notar que recentemente a Delta Cafés, o Governo dos Açores, e a Associação de Produtores de Café dos Açores têm financiado e motivado os produtores a produzir e plantar café nos Açores. Resultando num lote único e limitado com café 100% açoriano que foi comercializado pela Delta Cafés. Este lote foi denominado "Impossible Coffee", pelo facto de o clima da Europa não oferecer as condições ideais para a sua produção rentável. Tendo em conta a capacidade alelopática do crepe-do-japão em inibir o crescimento e desenvolvimento da planta do café, o seu controlo é imperativo, pois se a mesma atingir as culturas do café a produção deste café único e limitado irá ser impactada negativamente.

Em suma, a deteção precoce de espécies recém-introduzidas (sobretudo as que têm um comportamento invasor) é fundamental não só para minimizar os potenciais danos às populações nativas e ao ecossistema, mas também, se a mesma atingir os cafezais, o rendimento do mais novo café açoriano, que é produzido em pequenas quantidades, poderá ser afetada. Portanto, uma vez que a erradicação ainda é viável, recomendamos a monitorização e intervenções rápidas nas populações conhecidas do crepe-do-japão que tudo indica que se encontra em rápida expansão nos Açores.

A descrição da flora açoriana pelo olhar de Gaspar Frutuoso

A flora Açoriana original

Guilherme Roxo, Mónica Moura

7 de julho de 2024

Before the arrival of settlers, the Azores were covered by dense native forests, whose memory is preserved in the work 'Saudades da Terra' (Longing for the Land), written five centuries ago by Gaspar Frutuoso. This Azorean humanist described the original lush vegetation and how the first inhabitants took advantage of local plants for food, medicine and construction. Today, only 13% of natural ecosystems remain, threatened by invasive species and old exploitation practices. Restoring the balance between humans and nature is essential, honouring the ecological legacy that Frutuoso so wisely portrayed.

Antes do povoamento dos Açores, espessas e impenetráveis florestas vestiam estas ilhas solitárias no meio do atlântico. Desde então a vegetação sofreu profundas alterações. A obra “ Saudades da Terra” escrita por Gaspar Frutuoso, 100 anos após o povoamento, é a única referência que nos permite reconstruir a paisagem original e luxuriante dos Açores. Gaspar Frutuoso (1522 – 1591) nascido em São Miguel foi um historiador, sacerdote e humanista Açoriano que escreveu a obra “Saudades da Terra” entre 1586 e 1590. Nesta obra são abordados os temas de história, vestuário, genealogia, toponímia, fauna e flora dos arquipélagos da Macaronésia, com especial foco no arquipélago dos Açores.

A primeira descrição da ilha de São Miguel é feita pelos navegadores ao longo da costa que relatam uma solitária ilha, acompanhada de uns altos montes e baixos vales, povoados de espesso mato. Para os Açores, Gaspar Frutuoso menciona um total de 45 espécies de plantas selvagens. Destacam-se duas espécies que nunca foram encontradas e descritas pela ciência até o dia de hoje. A primeira é uma espécie de malva arbórea alta e grossa nas quais dependuravam um boi ou uma vaca morta, e ali a esfolavam e partiam para comer. A segunda trata-se de uma espécie de árvore que ocorria no Lombo Gordo a qual tinha folhas de pau branco e de cor de ouro, e dava umas maçãs de pau, como bugalhos. Apesar de nunca encontradas até os dias de hoje, não significa que se encontrem extintas. Deste modo convido os leitores a fazerem uma caça ao tesouro por estas espécies e quem sabe pode ser você mesmo a encontrar estas míticas espécies.



Espécie malva-arbórea para referência dos leitores de modo a procurarem a mesma pelos Açores

Para sobreviverem, os primeiros povoadores, tiveram de se usar os recursos naturais que a ilha oferecia. Para a alimentação humana utilizava-se o perreijil, os frutos da uveira da serra, das silvas e do sanguinho e os caules da alfacinha, dentabrum e cabelinho. A rama das árvores de pau branco e azevinho o musgo, e o braceo eram utilizados para a alimentação do gado. Os cubres eram utilizados para fins medicinais e no final do verão quando estavam secos eram apanhados para fazer cinza e lavar a roupa. Das espécies lenhosas para além de fornecerem lenha para queimar também eram utilizadas para trabalhos de

marcenaria. A madeira do cedro era utilizada para fazer caixões, mesas, cadeiras e caravelas. A do sanganho bordas, fasquias e bacios. E de todas a do teixo era a mais apreciada devido à qualidade da sua madeira sendo utilizada para fazer mobiliário luxuoso sendo a primeira espécie no qual o seu corte foi sujeita ao controlo pela casa real. Com o passar do tempo e a criação de melhores condições de vida houve o abandono da exploração de alguns destes recursos. No entanto devido às alterações climáticas, é imperativo adotar práticas mais sustentáveis. Assim sendo, este conhecimento da utilização dos recursos nativos da ilha deveriam ser uma vez mais explorados de modo a contruirmos um futuro para as gerações vindouras.

A flora endémica dos Açores encontra-se extremamente ameaçada e apenas 13% do território Açoreano corresponde a ecossistemas nativos. A descrição da vegetação ao longo da obra “Saudades da Terra” é a única referência da vegetação original e da abundância das diferentes espécies. De acordo com Gaspar Frutuoso a camarinha, uma espécie de arbusto, ocorria em grande abundância no topo do Pico das Camarinhas, nos Ginetes. No entanto, houve neste local a substituição da vegetação nativa pelo incenso, uma espécie invasora na região, levando ao desaparecimento da camarinha neste local e possivelmente na ilha de São Miguel. O teixo uma espécie inicialmente abundante, principalmente na ilha do pico, é hoje em dia a espécie arbórea mais rara dos Açores, devido à exploração intensiva da sua madeira para marcenaria e ao seu corte pelo facto de ser tóxica para o gado. Também a ginja trata-se de uma espécie extremamente rara no arquipélago devido á sua toxicidade para gado, pois urinavam sangue quando a consumiam, sendo por este motivo cortada.

O ser humano é parte integrante da natureza e é necessário existir uma relação interdependente. Por vezes este conhecimento é ignorado e assumimos uma posição de destruidor, facto já mencionado por Gaspar Frutuoso que diz “o que em longíssimos e antiquíssimos anos foi criado, em tão poucos se queimou, roçou e consumiu quase tudo depois de achada que estando ao presente a maior parte de toda a terra escalvada (...)”. Em suma é imperativo a recuperação dos habitats nativos e a adoção de práticas mais sustentáveis de modo a mitigarmos as alterações climáticas. E que práticas são estas? Perguntam vocês. Muitas das respostas podem ser encontradas no livro “Saudades da Terra” escrito por Gaspar Frutuoso.



Biotecnologia e Saúde

Riscos naturais e desastres nos Açores

Contributos da psicologia social

Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego

17 de maio de 2020

Environmental psychology emerged in the 20th century to study how the environment influences human behaviour, including how people live and react to natural disasters. In the Azores, where seismic and volcanic risks are real, early research revealed low levels of preparedness and limited knowledge about these phenomena. Recent studies, promoted by IVAR, CIVISA and the ERUPÇÃO project, confirm these results but underline the growing importance of social sciences in risk management. Understanding the population's perception is crucial to promoting a culture of prevention and resilience in the face of natural disasters.

No século XX, com o desenvolvimento da psicologia social e cognitiva, surgem os primeiros trabalhos sobre a influência do ambiente no comportamento humano, despontando a área da psicologia ambiental. Um dos seus temas de estudo, os desastres, derivou da preocupação com a guerra fria nos anos 50, incluindo a partir dos anos 70 o estudo de riscos e desastres naturais. Neste contexto, a dimensão humana possui uma importância inegável, já que um desastre só existe se um fenómeno natural extremo afetar uma população. Os desastres causam perdas incalculáveis como mortes, ferimentos, sofrimento psicológico, rutura social, destruição massiva e perdas materiais avultadas, afetando por vezes diversas gerações de uma dada comunidade, região ou país.

Apesar da população dos Açores ser vulnerável a diversos riscos naturais, poucos são os estudos sobre estes riscos seguindo abordagens das ciências sociais no arquipélago. Em 1999, Christopher Dibben desenvolveu parte do seu doutoramento na ilha S. Miguel, abordando o risco vulcânico. Os participantes revelaram: (i) acreditar em mitos associados ao risco vulcânico; (ii) evitar pensar nos perigos de erupções vulcânicas; (iii) não possuir medidas de preparação para erupções vulcânicas.

No mesmo ano, o autor publicou dois artigos: um sobre o tema, em coautoria com David K. Chester e, outro versando a importância dos fatores sociais no planeamento de uma evacuação, em coautoria com diversos autores, entre eles, Rui Coutinho (docente na Universidade dos Açores).

Em 2012, Isabel Estrela Rego e Ana Moura Arroz (docentes na Universidade dos Açores)



Figura 1 - Freguesia Salão, Faial, Açores, 1998 (Rui Coutinho)

realizaram um estudo sobre risco sísmico e vulcânico nos Açores. A maioria dos participantes indicou: (i) os sismos como os eventos naturais mais graves nas ilhas, sem mencionarem erupções vulcânicas; (ii) não possuir medidas de preparação para sismos ou erupções vulcânicas.

Em 2015, Nicolau Wallenstein e Rui Coutinho (docentes na Universidade dos Açores) em coautoria com outros autores, publicaram um estudo analisando a vulnerabilidade ao risco vulcânico em S. Miguel.

Mais recentemente, o Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR) e o Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores (CIMISA) abriram as portas à investigação pela psicologia social, a par da monitorização sismovulcânica permanente e da investigação aplicada sobre vulcões, processos e fenómenos associados. Em 2016, a equipa de psicologia destas entidades realizou um estudo sobre risco vulcânico, abordando questões como a perceção de risco (genericamente: como pensamos sobre os riscos), o conhecimento sobre o fenómeno vulcânico e sobre o

planeamento de emergência para riscos naturais. Os principais resultados indicaram: (i) níveis moderadamente ajustados de perceção de risco vulcânico; (ii) níveis moderados de conhecimento sobre o fenómeno vulcânico; (iii) níveis baixos de conhecimento sobre o planeamento de emergência. Em 2018, a equipa publicou um capítulo sobre perceção de risco vulcânico e um estudo sobre perceção de risco e planos de emergência familiares para o risco sísmico e vulcânico. Os principais resultados indicaram: (i) níveis moderadamente ajustados de perceção de risco sísmico e vulcânico; (ii) níveis baixos de preparação para os riscos em estudo.

O projeto ERUPÇÃO – “Avaliação do impacto de erupções vulcânicas explosivas na economia do mar, no turismo e na agricultura e suas repercussões no sistema económico e no bem-estar social nos Açores” (financiado pelo Programa Operacional Açores 2020) tem permitido aprofundar a investigação sobre a dimensão social do risco vulcânico, abordando a perceção de risco, o conhecimento sobre o fenómeno, a preparação para erupção vulcânica, entre outros. Os principais resultados indicaram: (i) níveis moderadamente ajustados de



Figura 2 - Casas soterradas por cinza vulcânica aquando da erupção do vulcão Chaiten, Chile, 2008 (Licença CC0 Public Domain)

níveis moderadamente ajustados de perceção de risco vulcânico; (ii) níveis baixos de conhecimento sobre o fenómeno vulcânico; (iii) níveis baixos de preparação para o caso de erupção vulcânica.

Estas investigações constituem os primeiros contributos das ciências sociais e da psicologia social para o estudo dos riscos naturais e desastres nos Açores. Porém, ainda há muito por investigar quanto à forma como os açorianos pensam e vivem com os riscos e, como se preparam para desastres naturais. Estudos desta natureza pretendem dar voz aos cidadãos, contribuir para uma gestão de risco mais inclusiva e ajustada às necessidades da população, fomentar a preparação e antecipar o comportamento humano em caso de desastre.

Potencial impacto do chá *Camellia sinensis* na atenuação dos efeitos negativos do Covid

José Baptista, Lisete Paiva

31 de maio de 2020

The leaves of *Camellia sinensis*, the tea plant, are rich in polyphenols, natural compounds with strong antioxidant, antibacterial and anticancer properties. Studies have shown that these elements, especially the catechins in green tea, can inhibit the replication of viruses such as influenza, HIV and SARS-CoV, a relative of the COVID-19 virus. In addition to its therapeutic value, tea produced in the Azores reflects the influence of the climate and volcanic soils on its chemical composition. Drinking tea is therefore also a natural way to strengthen the immune system and protect health.

Um número crescente de publicações científicas sugere que os polifenóis, caracterizados por possuírem um ou mais núcleos aromáticos contendo substituintes hidroxilados, são os compostos mais abundantes nas folhas da *Camellia sinensis*, representando cerca de 30-36% do seu peso seco. Estes metabolitos (flavonóides e particularmente flavonóis, flavanóis e metilxantinas) são alguns dos ingredientes naturais capazes de “travar” a ação dos radicais livres e, conseqüentemente de retardar o progresso das doenças mais preocupantes da nossa sociedade. Desde a última década tem havido um grande interesse, potenciado por estudos epidemiológicos, em estudar os efeitos fisiológicos dos polifenóis do chá, tais como: propriedades antioxidantes (Yen *et al.*, 1995), antibacterianas (Sakanaka *et al.*, 1989), hipocolesterolémicas (Yang *et al.*, 1997), anticancerígenas (Fujiki *et al.*, 1998; Jankun *et al.*, 1997), e outras de relevante atividade terapêutica. A composição química da folha da *C. sinensis* dos Açores reflete a influência da sua origem geográfica, do clima, da variedade da planta (híbrido) e idade da folha, do tipo de solo (vulcânico) e das diferentes técnicas hortícolas e de processamento (Baptista *et al.*,



Figura 1 - Plantações de Chá Gorreana

1999, 2007, 2014) assim como de L-teanina (Baptista *et al.*, 2012; Paiva *et al.*, 2019).

Em dezembro de 2019, em Wuhan (China) surgiu a epidemia do coronavírus e em 12 de janeiro de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) deu o nome de covid-19 à doença, provocada por esta nova estirpe de vírus que ainda não

tinha sido identificada em humanos. Os coronavírus são uma grande família de vírus que causam doenças que variam desde o resfriado comum a doenças mais graves, como o Síndrome Respiratório Agudo (SARS-CoV). Como é bem conhecido, os vírus apresentam uma estrutura relativamente simples, sendo formados por um ácido nucleico (ARN e/ou ADN) envolto por uma cápsula que protege o seu material genético, e, portanto, sendo um organismo acelular, não possuindo enzimas metabólicas nem maneira de produzir proteínas, só se reproduz no interior de células de um hospedeiro. O vírus ao parasitar as células deste desencadeia doenças (febre, dor de cabeça, falta de apetite, sintomas respiratórios etc.) resultantes de vários processos (liberação de enzimas dos lipossomas após a destruição da célula ou ainda devido à decorrência de componentes tóxicos presentes no parasita). Não existem medicamentos específicos para o tratamento das diferentes viroses e suas eventuais mutações, sendo recomendado o repouso, a hidratação e uma alimentação rica em alimentos funcionais que ajudem a reforçar o sistema imunitário. Neste sentido e nesta fase da propagação exponencial do covid-19, as experiências adquiridas em estudos realizados com outros vírus são fundamentais e têm revelado que alguns componentes do chá, nomeadamente os polifenóis, mostraram

ter um impacto na atenuação dos efeitos nefastos de algumas viroses, como são os exemplos a seguir mencionados:

No estudo de Chen *et al.* (2005) foi confirmado que a protease (3CL^{Pro}) era fundamental para a replicação viral do SARS-CoV em células hospedeiras infetadas. Neste estudo, foram investigados produtos naturais de uma biblioteca de 720 compostos com atividade inibitória contra esta protease, tendo-se verificado a existência de dois compostos inibidores: ácido tânico ($IC_{50} = 3 \mu M$) e 3-isoteaflavina-3-galato ($IC_{50} = 7 \mu M$). Estes dois compostos pertencem a um grupo de polifenóis naturais encontrados no chá da *C. sinensis*.

O estudo de Song *et al.* (2005) demonstrou a ação dos polifenóis/catequinas, (epigallocatequina-3-galato - EGCG), epicatequina-3 galato - ECG), epigallocatequina -



Figura 2 - Laboratório de Ciência dos Alimentos - Tecnologia Alimentar da Universidade dos Açores

EGC e a epicatequina - EC) do chá verde na inibição da replicação nos três diferentes subtipos da influenza em cultura de células. Os resultados revelaram que a EGCG e a ECG suprimiam o ARN viral enquanto o EGC apresentava um efeito muito reduzido. Estes autores mostraram também que a EGCG e a ECG inibiam a enzima transcriptase reversa do HIV, impedindo assim a sua multiplicação.

Num estudo mais recente, Lee *et al.* (2018) mostraram que as catequinas

do chá verde, em particular a EGCG, exercem uma potente atividade contra infeções virais, tendo ainda verificado que o extrato do chá verde poderá ser usado como um método seguro de higiene pessoal, apesar da disponibilidade de vacinas para algumas das viroses.

Em conclusão: vamos, portanto, aproveitar o que a Natureza nos oferece no sentido de fortalecer o nosso sistema imunitário e consequentemente reduzir os efeitos negativos do covid-19.

A gigante invasora e a sua inesperada dádiva antioxidante

Wilson R. Tavares

20 de setembro de 2020

Scientific research has sought natural products that can replace harmful chemical compounds and generate health and environmental benefits. In the Azores, a PhD project at the University of the Azores is studying the invasive plant *Gunnera tinctoria*, or giant rhubarb, which is abundant in São Miguel. Traditionally used in South America as a medicinal plant, this species has strong antioxidant potential and could lead to new medicines or natural biopesticides. By transforming an invasive plant into a useful source of biomass, the study combines scientific innovation, environmental enhancement and positive economic impact for the region.

A procura por novos produtos de origem natural com benefícios para a sociedade é um tema cada vez mais interessante, não só para a comunidade científica, mas também para a população em geral e para algumas indústrias. Por exemplo, na agricultura o uso excessivo ao longo dos anos de pesticidas sintéticos tem levantado muitas preocupações devido aos seus efeitos nocivos e ao impacto negativo no meio ambiente, pelo que são altamente desejadas alternativas a estes pesticidas que sejam mais ecológicas, seguras, práticas e acessíveis. Em relação à medicina, a busca por compostos bioativos com potenciais aplicações em saúde não cessa, surgindo todos os anos vários novos medicamentos com os mais variados tipos de ação: antibacteriano, anti-inflamatório, antioxidante, anti tumoral, antiviral, etc. Estes são vastos campos de trabalho, com inúmeros caminhos a serem percorridos.

Um desses caminhos é a investigação com plantas. As plantas oferecem uma grande



Figura 1 - Apanha da Gigante no Aqueduto do Carvão (Sete Cidades).

diversidade química que permite uma variedade de oportunidades para descobrir novos produtos naturais com as propriedades desejáveis para desenvolver, por exemplo, novos pesticidas e/ou medicamentos. A conversão de resíduos de biomassa de plantas invasoras em produtos úteis é uma área ainda pouco explorada, mas com grande potencial e benefícios ambientais. É nesta temática que se enquadra o meu projeto de doutoramento no 3CBIO da Universidade dos Açores, visando explorar o potencial químico de *Gunnera tinctoria* (Molina) Mirbel, uma planta invasora muito bem estabelecida na ilha de São Miguel, mais conhecida por Gigante dadas as suas grandes dimensões.

Sendo uma planta que pode crescer até aos 200 cm de altura, com folhas que podem atingir os 200 cm de diâmetro e possuindo rizomas de 25 cm de largura e até 350 cm de comprimento, esta planta invasora nos Açores é uma boa fonte de biomassa para estudo. Também conhecida como ruibarbo gigante, é originária da América do Sul, onde é utilizada em doces, gelados e saladas. É também utilizada como remédio anti-inflamatório, como coadjuvante no tratamento de úlceras, dores uterinas e lesões hepáticas, além de problemas circulatórios, respiratórios e urinários. Aliando este conhecimento do seu papel na medicina tradicional do país de origem, ao seu potencial como excelente fonte de biomassa vegetal, e com as escassas informações sobre os compostos ativos responsáveis pelas atividades biológicas relatadas na literatura para esta espécie, foi tomada a decisão de selecionar esta planta como alvo de estudo mais aprofundado.

Dito isto, procedeu-se à recolha de exemplares para obtenção de extratos e posterior uso em testes biológicos. As plantas foram colhidas no Salto do Cavalo (Furnas) e no Aqueduto do Carvão (Sete Cidades), sendo de seguida colocadas a secar no laboratório, na ausência de luz e com o auxílio de um desumidificador. Posteriormente, foi efetuada à

temperatura ambiente a extração dos compostos a partir do material vegetal seco, através de um processo de extração com baixo consumo de energia chamado maceração, usando álcool como solvente. Terminada a etapa da extração, os extratos obtidos começam agora a ser testados em relação às suas bioatividades, através de ensaios *in vitro* (por exemplo, em microplacas é averiguado se o extrato tem atividade antidiabética) e *in vivo* (por exemplo, frutos artificiais pincelados com os extratos são usados para verificar se a mosca da fruta coloca mais ou menos ovos). A partir dos extratos mais ativos serão realizados estudos mais aprofundados que permitirão identificar os compostos responsáveis pela atividade exibida, assim como compreender o seu mecanismo de ação. Apesar do início recente do doutoramento, e com base em resultados preliminares, pode



Figura 2 - Fase de secagem do material vegetal. A – Parte aérea (caule e folhas) da Gigante cortada; B – Toca da Gigante cortada.

já ser avançada a informação de que os extratos da Gigante se têm mostrado bastante promissores em termos da sua capacidade antioxidante, sendo comparáveis a alguns antioxidantes utilizados a nível comercial. Levando tudo isto em consideração, pode-se concluir que a Gigante surge como uma excelente e interessante fonte natural de biomassa, com propriedades apreciadas, mas pouco exploradas. Estas propriedades serão abordadas

neste projeto de doutoramento, acrescentando valor a uma planta até agora inútil e sobretudo indesejada, fornecendo simultaneamente uma justificação económica para o seu controlo. (4404 caracteres com espaços incluídos)

Produtos naturais como medicamentos de sucesso

Ana M. Seca

4 de outubro de 2020

Since ancient times, humanity has found in nature a vast laboratory of healing. Plants and microorganisms have provided molecules with unique therapeutic properties—from the bark of the willow tree, the source of aspirin, to the yew tree, the source of the anticancer drug Taxol, and the poppy, from which morphine is isolated. These discoveries, combining tradition and modern science, continue to inspire new medicines. Today, about 80% of the world's population still depends on traditional medicine, and more than a quarter of current drugs are derived directly from natural products — living proof of nature's healing power.

A natureza é uma fonte incrível de produtos naturais e moléculas com estruturas químicas muito diversas que são usadas na medicina desde a antiguidade e mesmo na medicina moderna. Desde as primeiras civilizações que existem registos da utilização das plantas como forma de curar/tratar/aliviar diversas doenças. A medicina Ayurveda, com raízes históricas na Índia há mais de 7000 anos, introduziu a utilização controlada (com indicação da espécie, das quantidades e modos de aplicação) de plantas e outros produtos naturais para fins medicinais. Hipócrates de Cos considerado o pai da medicina (460 AC), recomendava chá de casca de salgueiro branco (*Salix alba* L.) para alívio de dores no parto e mastigação da casca desta árvore para diminuir a febre. E tinha razão, pois, a casca contém ácido salicílico (figura 1A), um precursor do ácido acetilsalicílico (figura 1B), princípio ativo da Aspirina, um medicamento de enorme sucesso, lançado no mercado em 1897. O ácido acetilsalicílico não é mais que um derivado de um produto natural existente, por exemplo, na ulmária (*Spiraea ulmaria* L.), cuja estrutura química foi ligeiramente modificada em laboratório, pela Bayer, com o objetivo de obter um produto com menos efeitos secundários (menos agressivo para o estômago) e por isso, mais eficaz e seguro.

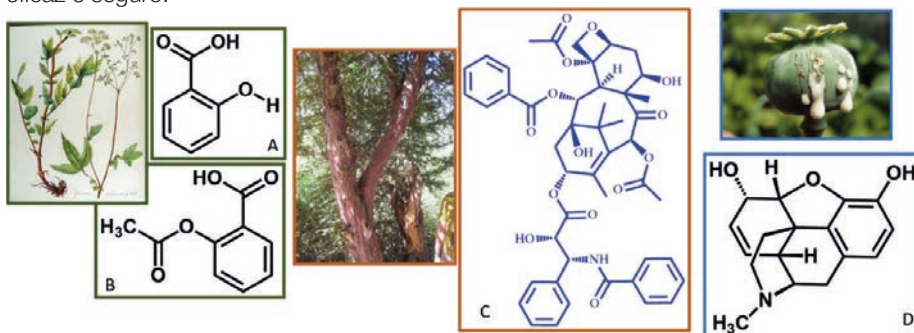


Figura 1 - Estrutura química de produtos naturais isolados de plantas e que são hoje medicamentos de sucesso: Ácido salicílico (A), extraído da ulmária, é o precursor do ácido acetilsalicílico (B), princípio ativo da Aspirina; Paclitaxel (C), extraído do teixo, é o princípio ativo do anticancerígeno taxol; o analgésico morfina (D), extraído da papila dormideira.

Também o medicamento Taxol (princípio ativo paclitaxel, figura 1C), um anticancerígeno no mercado desde 1992, bastante eficaz no tratamento de diversos tipos de cancro entre eles o cancro avançado dos ovários e da mama, é um produto natural sem qualquer modificação na sua estrutura química. É um composto existente na casca do teixo (*Taxus brevifolia* Nutt.), uma árvore de crescimento lento, nativa da América do Norte e noutras espécies do género *Taxus*. Tendo em conta que seriam necessárias 3 árvores para obter 1 g de taxol, para evitar um desastre ambiental foi necessário procurar outras formas de obter a molécula de paclitaxel. A estrutura química do paclitaxel é bastante complexa pelo que a sua síntese em laboratório necessita de 18 passos com rendimentos baixos e por isso não tem rentabilidade comercial. A biotecnologia desempenha aqui um papel fundamental uma vez que a cultura de células de *Taxus* em suspensão contribuem para uma parte relevante do paclitaxel comercialmente disponível.

Outro exemplo é o analgésico morfina (figura 1D), um dos constituintes maioritários do latex extraído das cápsulas ainda verdes da *Papaver somniferum* L., mais conhecido por ópio da papoila. Foi pela primeira vez isolado em 1803-1805 por Friedrich Sertürner e comercializado pela Merck a partir de 1827, ainda antes da aspirina. Também o antibiótico penicilina, um produto natural produzido pelo fungo *Penicillium notatum* e descoberto por Alexander Fleming em 1929, é, como os casos anteriores, um produto natural que é um medicamento de sucesso.

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (WHO), cerca de 80 % da população que vive em países em desenvolvimento depende da medicina tradicional e do uso dos produtos naturais para fazer face aos cuidados de saúde primários.

O reconhecimento da importância dos produtos naturais e da medicina tradicional na medicina moderna é confirmada também pelo facto das modernas farmacopeias fazerem referência a mais de 25 % de drogas derivadas de plantas. Por outro lado, dados de 2016 mostram que entre 1981 e 2014, foram aprovadas pelas entidades competentes 1211 novas pequenas moléculas para fins terapêuticos (principalmente anticancerígenos, antibacterianos e antivirais). Destas, 52 % são produtos naturais, copias ou derivados de produtos naturais, enquanto que das 175 pequenas moléculas aprovadas para o tratamento do cancro entre 1940 e 2014, 75 % têm outra origem que não a obtenção por síntese.



Figura 2 - Plantas dos Açores cujos compostos naturais estão a ser estudados e avaliado o seu potencial farmacológico: as algas *Cystoseira abies-marina* e *Caulerpa prolifera*, e as plantas terrestres endémicas o cedro das ilhas, *Juniperus brevifolia* e o louro das ilhas, *Laurus azorica*

Conclui-se assim, que os produtos naturais em geral e as moléculas químicas produzidas pela natureza em particular tiveram e continuam a ter um papel fundamental nos cuidados de saúde, quer por via das medicinas tradicionais quer pela medicina moderna. A área dos produtos naturais e saúde continua a ser uma área quente de investigação. Essa investigação, abrange na base a área da química dos produtos naturais dedicada ao isolamento e identificação das moléculas produzidas pela natureza (principalmente a partir de plantas terrestres, macro e microalgas, esponjas marinhas, e micro-organismos), e no topo, a investigação na área farmacêutica e médica, com a avaliação em ensaios *in vitro*, *in vivo* e ensaios clínicos dos novos candidatos a medicamentos.

H₂S – Sulfeto de Hidrogénio

“Aquele” cheiro a ovos podres

Armindo Rodrigues, Diana Linhares, Patrícia Garcia

21 de fevereiro de 2021

Hydrogen sulphide (H₂S) is a colourless, toxic gas with a smell of rotten eggs, found in volcanic areas such as Furnas in the Azores. Produced naturally or by human activities, it can be dangerous in high concentrations, causing irritation and, in extreme cases, death. Interestingly, recent studies reveal that, in low quantities, H₂S has beneficial effects, acting as a vasodilator and helping with cell repair. Places rich in this gas, such as Rotorua (New Zealand), demonstrate potential protective effects on health, paving the way for research into the therapeutic and thermal use of this ‘smelly gas’ in the Azores.

O sulfeto de hidrogénio, ou sulfureto de hidrogénio (H_2S), é um gás incolor com cheiro a ovos podres, considerado muito inflamável e tóxico. Sendo mais pesado do que o ar, tende a acumular-se junto ao solo e em locais confinados.

A maior parte do H_2S tem origem natural, seja biológica ou geológica. Enquanto a produção biológica ocorre durante o processo de decomposição da matéria orgânica por bactérias, a maioria do H_2S geológico resulta da atividade vulcânica (e.g. campos hidrotermais como os das Furnas; Figura 1).

Este gás pode também ter origem em atividades antropogénicas, como a extração, refinação e queima de combustíveis fósseis, a produção de papel e celulose, ou a produção têxtil. Uma outra fonte de H_2S são as placas de gesso cartonado, desde há muito utilizadas na construção civil para revestimento dos espaços interiores. A emissão de compostos sulfurosos por parte destas placas é maior durante trabalhos de demolição. Os efeitos na saúde resultantes da exposição a elevadas concentrações têm sido amplamente debatidos e objeto de recorrentes alertas da Organização Mundial da Saúde, embora os mecanismos de toxicidade ao nível celular sejam ainda muito desconhecidos.



Figura 1 - Fumarola em atividade no campo hidrotermal das Furnas (© Patrícia Garcia)

Mesmo quando em baixas concentrações, o primeiro efeito, decorrente da deteção através do olfato, é o odor semelhante a ovos podres. Esta deteção ocorre quando o gás está presente no ar a partir de concentrações entre $7-11 \mu g/m^3$. No entanto, algumas pessoas conseguem detetar a sua presença a partir de concentrações inferiores (desde $0.75 \mu g/m^3$). À medida que as

concentrações vão aumentando, outros efeitos vão surgindo, como irritação ocular e das vias respiratórias, dores de cabeça, náuseas e perda de olfato. A exposição a concentrações muito elevadas pode resultar em edema pulmonar, dificuldades respiratórias e morte. É claro que, para além do fator concentração temos de considerar o tempo de exposição. Para uma dada concentração de H_2S , uma exposição por um curto espaço de tempo terá efeitos muito menos graves do que uma exposição crónica, seja em contexto ocupacional ou habitacional.

Num estudo recente, sujeitos humanos voluntários foram expostos durante exercício físico moderado, e por um período de 30 minutos, a níveis de H_2S abaixo do disposto na legislação dos EUA ($14 mg/m^3$). Foram observadas alterações no sangue e nos músculos, mas nenhum voluntário apresentou sintomas adversos, nem foram registadas alterações nos parâmetros da função pulmonar. A legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 1/2021, de

6 de janeiro) prevê os seguintes valores-limite para o H₂S: 8 horas de exposição (7 mg/m³) e curta duração de exposição (15 minutos) (14 mg/m³).

Recentemente, alguns estudos têm encontrado efeitos positivos para a saúde em sujeitos expostos a baixas concentrações deste gás.

Em 2003 Pieter van Zwieten, da Universidade de Amsterdão, referia-se ao H₂S como o gás malcheiroso, mas com um elevado potencial fisiopatológico no futuro, particularmente no tratamento da hipertensão, dado ser um potente vasodilatador endógeno.

De facto, as nossas células são capazes de produzir o seu próprio sulfeto de hidrogénio.

Este H₂S intracelular ajuda a proteger os tecidos contra agressões, promove a reparação de danos, e diminui as respostas inflamatórias. O H₂S produzido ao longo do tubo digestivo contribui para a manutenção da integridade da mucosa intestinal, e está envolvido na promoção de mecanismos de reparação de lesões. Num estudo experimental em que foram infligidas lesões no intestino de ratinhos, verificou-se um enorme aumento da síntese de H₂S no local das lesões e a conseqüente reparação dos tecidos. Papel semelhante também já foi identificado nas células que revestem os vasos sanguíneos (Figura 2).



Figura 2 - Esquema dos efeitos anti-inflamatórios do sulfeto de hidrogénio .

Há, portanto, muita incerteza quanto aos efeitos da exposição a baixos níveis de H₂S. Porém, os estudos mais recentes apontam para benefícios antes desconhecidos, em particular no que se refere ao seu papel quimioprotetor.

Num estudo de 2017, desenvolvido na cidade de Rotorua (Nova Zelândia), conhecida pelo seu cheiro a ovos podres devido à presença de H₂S emitido pelas fontes hidrotermais, os autores defendem que a exposição da população a baixas concentrações deste gás resulta em benefícios para a saúde. Entre os benefícios, apontam o papel protetor da inalação crónica de H₂S para os neurónios dopaminérgicos de modelos animais com Doença de Parkinson.

Muito há ainda para investigar em relação aos benefícios da exposição temporária (turismo e termalismo) e crónica a baixas concentrações de H₂S, em particular nos Açores que, pelas suas características geológicas são um Laboratório Natural para a investigação destas matérias.

Proteja-se da radiação UV e mantenha-se jovem

Gonçalo Rosa

27 de junho de 2021

With the arrival of summer, the risk of sunburn and its long-term effects, such as skin cancer and photoaging, increases. Excessive exposure to ultraviolet (UV) rays causes DNA damage and free radicals that degrade collagen and elastin, leading to wrinkles and blemishes. Researchers at the University of the Azores are studying natural active ingredients, especially from macroalgae, with antioxidant and anti-ageing properties that show promise for use in cosmetics. Still, the best protection remains prevention: use sunscreen, avoid intense sun exposure, and preserve the health and youthfulness of your skin.

O Verão está a chegar, e com ele as idas à praia para refrescar e apanhar banhos de sol. Para os mais descuidados, é também a altura em que há a grande possibilidade de apanhar um escaldão, que para além do natural incómodo que causa nas horas e dias seguintes, também acarreta os riscos já conhecidos de poder vir a causar cancro de pele. Esta possibilidade advém do facto de os raios solares possuírem radiação ultravioleta (UV), que tem a capacidade de causar danos no DNA das células que compõe as camadas mais superficiais da pele. Se esses danos não forem reparados, podem levar à multiplicação descontrolada dessas mesmas células, e conseqüentemente à formação de um tumor.

Claro que apanhar um escaldão uma vez não significa automaticamente que a pessoa irá desenvolver um cancro de pele, até porque o nosso organismo tem mecanismos para corrigir e contrariar os efeitos das radiações UV. No entanto, antes prevenir que remediar, e por isso não devemos negligenciar o uso de protetor solar, e evitar apanhar sol nas horas de maior calor. Para além disso, proteger a pele dos raios UV é também protegê-la contra o seu envelhecimento precoce.

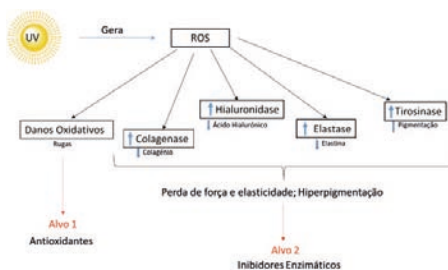


Figura 1 - Mecanismos de degradação dos componentes da pele ativados pela radiação UV

Com esta afirmação, não estou a dizer-lhe que se evitar a exposição à radiação UV e utilizar sempre o protetor solar, conseguirá manter-se jovem para sempre. Para me fazer entender melhor, tenho de começar por explicar que existem dois tipos de envelhecimento: o envelhecimento intrínseco ou cronológico; e o envelhecimento extrínseco ou fotoenvelhecimento. O primeiro é inevitável, dependente da idade e os sinais são expressos não só na pele, mas em todo o organismo. Já o fotoenvelhecimento é dependente de fatores externos, principalmente a exposição excessiva da pele aos raios UV, sendo por isso mais evitável. Outros fatores que contribuem para este processo são o tabaco, stress, poluição, condições climáticas, dieta pouco equilibrada e pobre em antioxidantes e maus hábitos de sono.

A exposição da pele a estes fatores, resulta na produção de radicais livres que vão causar stress oxidativo e desestabilizar o normal funcionamento dos tecidos que compõe as camadas mais superficiais da pele. A ação dos radicais livres aumenta a atividade de enzimas capazes de degradar vários componentes da pele, como o colagénio, a elastina e o ácido hialurónico, o que tem efeitos na integridade da pele como o aparecimento de rugas, perda de elasticidade, flacidez, inchaço e secura irregular.

Os radicais livres produzidos como consequência da exposição da pele a raios UV também causam uma hiperpigmentação irregular, levando ao aparecimento de pequenas manchas escuras, principalmente nos braços, mãos e face, as zonas do corpo que estão mais expostas ao longo da vida. O aparecimento destas manchas acontece porque os radicais livres aumentam de forma desregulada a atividade da tirosinase, a enzima responsável pelo início da formação da melanina, levando à acumulação deste pigmento. O conhecimento destes mecanismos permite aos investigadores a pesquisa de produtos



Figura 2 - Exemplo de pele envelhecida pelo sol

capazes de reverter os efeitos da radiação UV na pele, sendo o combate normalmente efetuado simultaneamente em duas frentes: 1) a redução da quantidade de radicais livres formados, através de compostos com atividade antioxidante; 2) a inibição da atividade de enzimas como por exemplo, a colagenase, a elastase e a hialuronidase, que destroem importantes componentes dos tecidos cutâneos.

Nos últimos anos, o grupo de Produtos Naturais da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade dos Açores tem vindo a desenvolver trabalho nesta área, estudando as atividades antienvhecimento de extratos e compostos isolados maioritariamente de macroalgas marinhas, mas também de plantas terrestres e até de compostos sintetizados em laboratório, estes últimos em colaboração com a Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. Os resultados obtidos têm sido bastante promissores, com vários extratos e compostos a serem bastante ativos, principalmente na inibição da tirosinase, sendo por isso potenciais candidatos para a formulação de produtos que combatam a hiperpigmentação da pele.

No entanto, apesar de a indústria cosmética já apresentar diversas soluções para impedir o fotoenvelhecimento da pele, a prevenção continua a ser a melhor política. Por isso, este Verão, proteja-se dos raios UV e mantenha a sua pele jovem por muito mais tempo!

Algas, microbioma e saúde

Maria C. Barreto

17 de outubro de 2021

Seaweed could be the food of the future, providing high-quality protein, omega-3 and antioxidants, as well as glycans – carbohydrates that are rare in land plants – which strengthen our gut microbiome. These compounds favour beneficial bacteria, boosting immunity and helping to prevent diseases such as obesity and diabetes. Species such as wakame, kombu and nori are already part of the Asian diet and are increasingly found in European cuisine. With the growth of sustainable seaweed cultivation, Portugal and the Azores could become leaders in this nutritious and environmentally friendly form of aquaculture.

De vez em quando ouvimos dizer que “no futuro teremos de nos alimentar de insetos” – e se eu lhe disser que as algas são uma opção muito melhor? É que, para além da qualidade das suas proteínas, dos ácidos gordos ómega-3 e dos antioxidantes, muitas algas têm uns hidratos de carbono excelentes para a nossa saúde, uns glicanos especiais que não encontramos nas plantas terrestres. Para além de contribuírem para o trânsito intestinal, porque muitos deles são do grupo das chamadas “fibras solúveis”, promovem o equilíbrio do nosso microbioma.

Microbioma? O que é isso? Este termo refere-se ao conjunto dos microrganismos que habitam no nosso interior, especialmente nos nossos intestinos, e que têm uma enorme influência na nossa saúde. Alguns microrganismos são benéficos, contribuindo para um aumento da espessura do revestimento mucoso do intestino, produzem sinais que afastam as bactérias patogénicas, melhoram o nosso sistema imunitário e diminuem a glicémia. Os desequilíbrios da flora intestinal, com predomínio das bactérias prejudiciais, levam a um aumento dos processos inflamatórios, à diminuição das defesas e uma maior suscetibilidade a doenças como a obesidade e a diabetes. Há inclusivamente provas da influência do microbioma na resistência à infeção pelo SARS-cov-2 e na severidade do prognóstico da covid-19, estando mais protegidas as pessoas que tenham um “bom” microbioma.

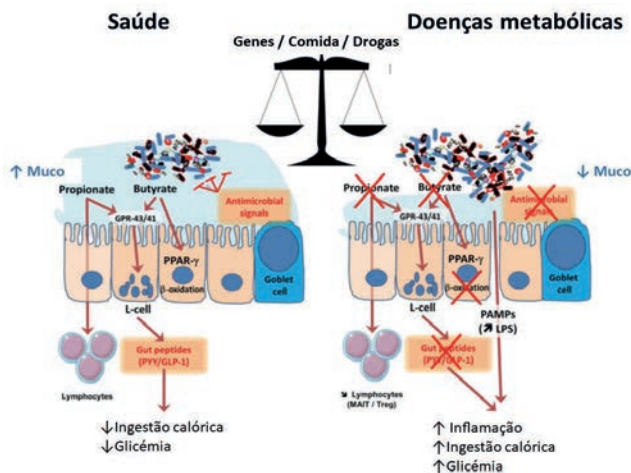


Figura 1 - Influência do microbioma na saúde (Cani, P.D. Gut 2018;67:1716-1725)

Os glicanos de algumas algas, quando são hidrolisados pelo nosso sistema digestivo, formam umas moléculas mais pequenas (oligossacáridos), que ajudam o trânsito intestinal e promovem o crescimento das bactérias do “bom” microbioma, ou seja, funcionam como probióticos. Podemos encontrar glicanos como o agar, alginato, carragénio e fucoidanos, em algas como wakame, kombu e nori, sendo esta última semelhante à “erva patinha” consumida nas Flores e no Corvo. Dados epidemiológicos que comparam as dietas do Japão e do ocidente sugerem que o consumo diário de algas diminui a incidência de

doenças crónicas como a obesidade, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e doenças inflamatórias do intestino.



Figura 2 - *Porphyra*, a “erva patinha” usada nas Flores e Corvo para confeccionar tortas (foto: Pedro M. Raposeiro).

A construção excessiva de molhes, portos e passeios marítimos ao longo das costas levou a um grande decréscimo nas populações de algas marinhas. É assim de grande interesse o cultivo das algas com maior interesse nutricional, uma vez que as algas selvagens não serão suficientes para garantir a sua procura crescente e a sustentabilidade. O cultivo de algas marinhas tem maior expressão no Oriente, mas existem já algumas empresas noutros países. Em Portugal destaca-se a pioneira AlgaPlus, co-fundada pela Dra. Helena Abreu, que se licenciou em Biologia na Universidade dos Açores e foi aluna da Doutora Ana Neto. Há cada vez mais investimento nesta aquacultura de futuro, e se tudo correr bem em breve teremos empresas açorianas a apostar nesta atividade. A Região tem à sua disposição especialistas em algas marinhas que podem dar apoio científico a empresas de aquacultura de algas, nomeadamente jovens doutorados pelo 3CBIO, o doutoramento em Biologia da Universidade dos Açores, e outros investigadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia, do Grupo de Biodiversidade dos Açores e do CIBIO-Açores.

Já comeu algas, por exemplo no sushi ou nas “tortas de erva patinha”? Se nunca experimentou ou quer expandir os seus horizontes gastronómicos, saiba que pode encontrar algas desidratadas em muitas superfícies comerciais, e que há muitas outras maneiras de as preparar, em saladas, risotos e até sobremesas!

Os efeitos benéficos do chá de *Camellia sinensis* (L.) na saúde humana

Lisete Paiva, Elisabete Lima, Madalena Motta, José Baptista

31 de outubro de 2021

Originally from China, tea (*Camellia sinensis*) is produced in Europe only on the island of São Miguel, in the Azores, where it acquires unique characteristics. Rich in polyphenols and catechins, Azorean tea stands out for its antioxidant effects and health benefits, helping to prevent cancer, cardiovascular disease, diabetes and neurodegenerative problems. The high presence of L-theanine and GABA gives it relaxing and antihypertensive properties. Studies by the University of the Azores, in partnership with Gorreana, confirm its high quality and therapeutic potential, reinforcing the value of this emblematic product for Azorean health and identity.

Originária da China, a planta do chá (*Camellia sinensis*) expandiu-se gradualmente por vários países subtropicais e, desde a última década do século XIX, o chá é também produzido e comercializado num único lugar na Europa, a Ilha de São Miguel, Açores. O



Figura 1 - Plantações de Chá Gorreana

chá de *C. sinensis* tem recebido muita atenção, particularmente da comunidade científica, devido aos seus diversos efeitos benéficos na saúde humana, nomeadamente: redução do risco do cancro, pois inibem o desenvolvimento de células cancerígenas, e incentivam a sua autodestruição; diminuição do risco de doenças cardiovasculares, arteriosclerose, hipercolesterolemia e

doenças neurodegenerativas, nomeadamente doença de Alzheimer e doença de Parkinson; prevenção da diabetes e propriedades antibacterianas e antivirais, entre outros efeitos terapêuticos. Os polifenóis do chá, devido às suas potentes propriedades antioxidantes, são os principais responsáveis pela ampla variedade de benefícios do chá na saúde humana.

Por outro lado, as catequinas (tipo de polifenóis) e os aminoácidos, particularmente a L-teanina, são considerados elementos importantes para a garantia da qualidade e sabor do chá, particularmente a L-teanina, um aminoácido apenas encontrado nas folhas de *C. sinensis* e numa variedade rara de cogumelos não-comestíveis. A L-teanina é o aminoácido que está em maior concentração nas folhas do chá, e é responsável pelo sabor *umami* e pela qualidade do chá no geral. A L-teanina tem uma forte influência na velocidade de comunicação dos neurotransmissores cerebrais como a dopamina, serotonina, acetilcolina, norepinefrina e ácido gama-aminobutírico (GABA) e também estimula a produção de ondas alfa, que promovem uma sensação de relaxamento. O GABA é o principal neurotransmissor do cérebro e desempenha um papel importante no seu metabolismo. A L-teanina também parece ter efeitos benéficos na pressão arterial, na qualidade do sono e na redução da ansiedade. Contudo, o teor destes compostos no chá é afetado por vários fatores, nomeadamente: localização geográfica, uso de fertilizantes, condições climáticas e, particularmente, pelos diferentes processamentos.

Para além dos efeitos a nível das funções cognitivas, o chá possui propriedades anti-hipertensivas. A enzima conversora de angiotensina I (ACE-I) é uma protease que desempenha um papel fundamental no controlo da pressão arterial, pois catalisa a conversão da angiotensina I em angiotensina II, um potente vasoconstritor. A inibição da ACE-I é, portanto, importante para o controlo da hipertensão, um distúrbio progressivo comum, que afeta cerca de 30% da população mundial e que potencia várias doenças crónicas, como: doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, doença renal e diabetes. Nos últimos anos, tem sido dada muita atenção aos produtos naturais para o

tratamento da hipertensão, como alternativa às drogas sintéticas que apresentam efeitos colaterais adversos. O chá de *C. sinensis* tem recebido muita atenção devido às suas propriedades hipotensores, agindo de várias formas no nosso organismo.

No âmbito do projeto de parceria entre as Plantações de Chá Gorreana (Fig. 1) e a Universidade dos Açores, esta equipa de investigação tem desenvolvido vários estudos sobre o chá de *C. sinensis*, que foram publicados em jornais internacionais da especialidade e, mais recentemente, apresentados no XV Encontro de Química dos Alimentos (Fig 2). Os trabalhos apresentados tiveram como objetivo investigar o conteúdo em L-teanina, GABA, catequinas, teaflavinas, polifenóis e flavonóides totais, as propriedades antioxidantes, e o potencial inibitório da ACE-I, na sua relação com as técnicas de cultivo e de processamento em diferentes amostras de chá de *C. sinensis*.

Os resultados mostraram claramente que o chá de *C. sinensis* possui valores elevados de L-teanina e de GABA quando comparado com chás de outras origens. Também possui uma elevada atividade antioxidante, assim como um elevado teor de



Figura 2 - Apresentação da comunicação oral no XV Encontro de Química dos Alimentos, realizado na Madeira

catequinas, teaflavinas, polifenóis e flavonoides totais. Mostrou ainda ter atividade inibitória da ACE-I, portanto com efeitos hipotensores e que esta atividade está relacionada com o elevado poder antioxidante, principalmente devido ao conteúdo em compostos fenólicos, que são os principais responsáveis pelos efeitos hipotensores do chá. Estes resultados mostraram que o chá dos Açores representa um produto com elevada qualidade e com propriedades benéficas para a saúde humana. Contudo, alguns tipos de chá podem ter contraindicações e são necessários alguns cuidados. Devemos ter sempre em atenção a seguinte mensagem: “ouvir” o nosso organismo e consumir com moderação.

A importância das associações de doentes na investigação científica

Mafalda Raposo, Manuela Lima

9 de janeiro de 2022

Neurodegenerative diseases, such as hereditary ataxias, progressively destroy nerve cells and challenge modern medicine. Without effective treatments, research becomes crucial. Patient associations, such as the Portuguese APAHE and AAADMJ, are leading an important change: they are transforming patients from passive observers into active partners in science. They organise conferences, fund projects and ensure that research considers not only medical data but also the real well-being of patients. This collaboration between researchers, doctors and patient communities promotes more ethical, inclusive and effective science in the search for solutions.

As doenças neurodegenerativas são doenças debilitantes nas quais ocorrem processos irreversíveis e que resultam em deterioração e/ou morte progressiva de células nervosas. Uma vez que estas doenças permanecem maioritariamente sem tratamento, a investigação científica assume-se globalmente como uma prioridade. A participação ativa dos doentes, enquanto partes interessadas nas várias etapas da investigação, é fundamental para o desenvolvimento do conhecimento científico promovendo, simultaneamente, uma cultura ética em ciência. Medidas “centradas no doente” são hoje prioritárias, por exemplo, no contexto dos ensaios clínicos, nos quais se torna importante não só perceber se uma determinada medida indica uma melhoria, na perspetiva do médico, mas também analisar o impacto do “tratamento” na sua qualidade de vida, relatado pelo doente. A aquisição, por parte dos doentes, de maior poder interventivo, nomeadamente ao nível da investigação faz-se em grande medida através de grupos organizados, dos quais as associações de doentes serão o melhor exemplo.

As associações são organizações sem fins-lucrativos e que surgem naturalmente com o objetivo primordial de apoiar, de variadas formas, os doentes e as suas famílias num ambiente “seguro”. Às atividades desenvolvidas no âmbito destas associações juntou-se mais recentemente o envolvimento ativo na investigação científica, com os doentes a



Figura 1 - Reunião entre investigadores e doentes na AAADMJ

acompanhar de perto e até a participar na definição dos temas prioritários da investigação. Este envolvimento pode assumir diversas formas: (i) organização de eventos científicos internacionais, nos quais os investigadores trocam conhecimento, desenvolvem novas colaborações e propõem novas hipóteses de investigação; (ii) participação ativa nos conselhos executivos de redes de doentes, com intervenção na tomada de decisão sobre vários temas relacionados com projetos de investigação; e por fim (iii), atribuição de financiamento para o desenvolvimento da investigação.

No âmbito das doenças neurodegenerativas raras, nomeadamente das ataxias hereditárias, estão consolidadas duas associações internacionais – a *National Ataxia Foundation (NAF)* e a *Ataxia UK*. A *NAF* é mundialmente a maior associação de ataxias hereditárias e apresenta atualmente uma comunidade muito ativa, estando envolvida em várias atividades (por exemplo, criação de grupos de apoio, nomeadamente nas redes sociais). Ao nível da promoção da investigação, um dos pilares estruturais da *NAF*, são financiados anualmente vários projetos e organizadas conferência científicas internacionais, nas quais participam, lado a lado, investigadores, doentes e as suas famílias.

Sediada no Reino Unido, a *Ataxia UK* partilha o mesmo tipo de objetivos e valências da *NAF*, fornecendo informação e suporte aos doentes com ataxia; também a *Ataxia UK* apoia financeiramente o desenvolvimento de projetos de investigação e é uma das

principais associações envolvida na organização de maior congresso europeu na área das doenças com ataxia, o “Internacional Ataxia Research Conference”.

A Associação Portuguesa de Ataxias Hereditárias (APAHE) (www.apahe.pt) é, em Portugal, a associação nacional na área deste grupo de doenças; moldada pela menor dimensão do nosso país, tem, todavia, objetivos partilhados com as associações internacionais anteriormente referidas – “defender e proteger os interesses das pessoas com ataxias hereditárias (...), e alertar a sociedade para a existência das mesmas e dos seus efeitos (...)”.



Figura 2 - Laboratório de investigação

Por ser a ataxia hereditária mais frequente, ao nível mundial, a doença de Machado-Joseph (DMJ) conta com algumas associações dedicadas apenas a esta doença: a *MJD Foundation* (Austrália) (mjd.org.au), a *International Joseph disease Foundation* (Estados Unidos) e a Associação Atlântica de Apoio aos Doentes de Machado-Joseph (AAADMJ) (www.aaadmj.com). Sediada na ilha de São Miguel, a AAADMJ tem por missão a representação e defesa dos interesses gerais e coletivos dos portadores da DMJ e seus familiares. No que se relaciona com a investigação, a AAADMJ tem vindo a desempenhar um papel de extrema importância, colaborando no desenvolvimento da Rede ESMI, uma iniciativa científica coordenada por um consórcio europeu, do qual a Universidade dos Açores (UAc) faz parte. A Rede ESMI, que iniciou a sua atividade em 2017, está a contribuir para a constituição, ao nível internacional, de um grupo de portadores da DMJ, visando criar condições para uma resposta adequada em termos de realização de ensaios clínicos nesta doença, que permanece atualmente sem tratamento.

Toxinas de cianobactérias

Prevenir antes de remediar

Rita Cordeiro

6 de fevereiro de 2022

Cyanobacteria are ancient microorganisms that perform photosynthesis like plants, producing oxygen for millions of years. However, in nutrient-rich environments and with climate change, they multiply uncontrollably, forming toxic blooms. These produce dangerous poisons that affect the liver and nervous system, threatening public health and the environment. In the Azores, excess nutrients in lagoons have exacerbated this problem. A recent study identified toxic species and showed that molecular monitoring and anti-pollution measures are essential to protect these waters and local communities.

As cianobactérias são microrganismos que realizam fotossíntese semelhante à das plantas, produzindo matéria orgânica e oxigênio a partir da luz, dióxido de carbono e minerais. Existem há cerca de 3,5 mil milhões de anos e crê-se que foram responsáveis pela oxigenação da atmosfera terrestre.

Estes microrganismos têm algumas vantagens perante a maioria das microalgas presente nas lagoas, porque se desenvolvem melhor a temperaturas mais altas, movem-se verticalmente (em águas estratificadas permite acesso à luz solar e sombreia as camadas de água inferiores) e ainda por terem a capacidade de fixar azoto atmosférico, garantindo sobrevivência na escassez deste nutriente (especialmente as espécies que possuem células especializadas designadas heterócitos).

Devido a estas vantagens competitivas, não é de estranhar que a eutrofização (aporte excessivo de nutrientes) e as mudanças climáticas globais sejam a combinação perfeita para uma dominância rápida de cianobactérias, dando origem aos chamados *blooms* ou florescências.



Figura 1 - Lagoa das Furnas, São Miguel, Açores

As cianobactérias são também conhecidas por produzirem cianotoxinas, compostos com atividade tóxica, sendo as mais estudadas as microcistinas (afetam o fígado), as saxitoxinas e anatoxinas (afetam o sistema neurológico), e as cilindrospermopsinas (afetam proteínas celulares). A eutrofização e as alterações climáticas também são cruciais no desenvolvimento das espécies tóxicas promovendo maior produção de toxinas.

Estas toxinas afetam algas, plantas, animais e até humanos, pelo que são uma ameaça para o ambiente e para a saúde pública. Tendo em conta o risco que representam, é fundamental a monitorização da sua presença nas massas de água para a prevenção, e mitigação dos problemas associados às florescências de cianobactérias. As metodologias moleculares para identificação de regiões do DNA têm sido usadas para identificar cianobactérias toxigénicas, antes da produção da toxina e permitem assim evitar riscos para a saúde pública.

A eutrofização de algumas lagoas dos Açores conduziu à proliferação de cianobactérias e ao aumento da frequência de *blooms*, em alguns casos envolvendo espécies tóxicas. Num trabalho recentemente publicado na revista *Water*, estudou-se a distribuição de espécies tóxicas de cianobactérias em 15 lagoas dos Açores, procurando-se entender que variáveis (ambientais, antropogénicas e hidromorfológicas) influenciam o desenvolvimento de cianobactérias e o risco de produção de cianotoxinas. Os resultados mostraram que a maioria das lagoas estudadas são eutróficas, apresentando concentrações elevadas de nutrientes e elevada abundância e biomassa de cianobactérias. Foi evidente, também, que a distribuição das cianobactérias está relacionada com as características das lagoas, prevalecendo nas maiores e mais profundas, e localizadas a mais baixa altitude. Para além disso, a biomassa e composição de espécies está relacionada com a concentração de fósforo, associada as atividades humanas nas bacias das lagoas.

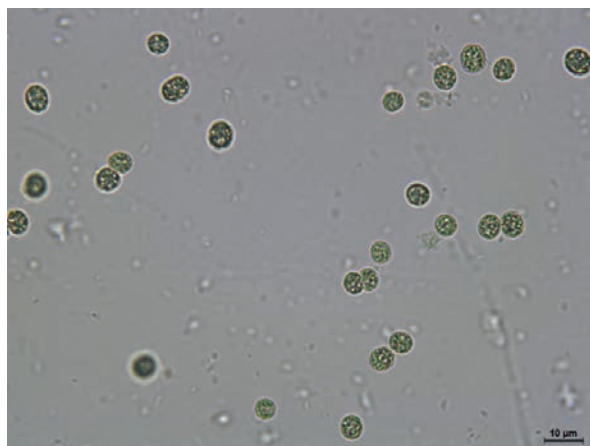


Figura 2 - Fotografia de *Microcystis aeruginosa*, cianobactéria produtora de microcistinas.

Neste trabalho identificou-se a ocorrência de genes produtores de toxinas (presença de espécies tóxicas), capazes de produzir microcistinas, saxitoxinas e anatoxina-a. A distribuição das espécies tóxicas está relacionada com a altitude a que lagoas se encontram, refletindo o maior grau de impacto antrópico que as lagoas localizadas a baixa altitude apresentam.

Os resultados deste estudo vêm evidenciar a necessidade de monitorização contínua de cianotoxinas nas lagoas dos Açores e as potencialidades das ferramentas moleculares na deteção precoce de espécies tóxicas. Por outro lado, a relação entre a eutrofização e a proliferação de espécies tóxicas mostra a necessidade de medidas de mitigação que permitam reduzir o estado atual de eutrofização de algumas das lagoas dos Açores, por forma a reduzir os riscos para a saúde pública e ambiental associado a cianotoxinas.

Moléculas de origem marinha

Interesse real ou académico?

Ana M. Seca

20 de março de 2022

The ocean is essential to the global economy, providing resources for fishing, tourism and biotechnology. Marine life, adapted to extreme environments, synthesises unique molecules with extraordinary pharmaceutical, cosmetic and nutritional potential. Marine lipids, proteins and polysaccharides demonstrate anti-cancer, anti-inflammatory and analgesic properties. Real-world examples such as Yondelis®, an anti-cancer drug, and Prialt®, an innovative analgesic, prove that these discoveries are already benefiting patients. The European Union and the UN recognise this potential by funding sustainable blue economy projects. Marine research thus represents a promising frontier for medicine and economic innovation.

O meio marinho é a base da economia azul. Este meio em geral, e as espécies que nele vivem em particular, são vistas como recursos a explorar de forma sustentável, nas suas mais variadas vertentes (pesca, turismo, energia, ciência, biotecnologia...) sendo essa a base do crescimento da economia azul. A nível europeu, a economia azul contribui com 566 000 M€/ano para o desenvolvimento económico, e ainda com 3,5 milhões de empregos, sendo que, apenas uma parte reduzida dos recursos marinhos é atualmente aproveitada.

Quer a Comissão Europeia através dos programas “Horizonte 2020” e “Horizonte Europa”, quer as Nações Unidas, no objetivo 14 da Agenda 2030, assumem o crescimento azul, que implica a conservação da biodiversidade e o uso equilibrado dos recursos marinhos, como estratégia de desenvolvimento sustentável, financiando projetos que desbloqueiem o potencial dos mares e contribuam para a superação de desafios sociais relativos a segurança alimentar, agricultura sustentável e bioeconomia.

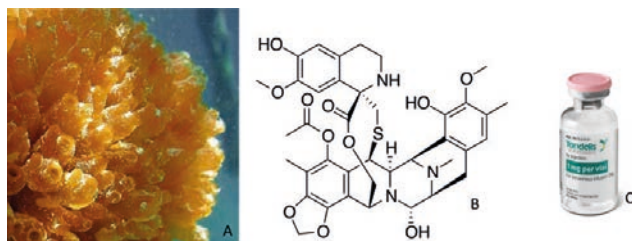


Figura 1 - No organismo marinho *Ecteinascidia turbinata* (A), foi identificada a molécula trabectedina (B), que é o princípio ativo do medicamento anticancerígeno Yondelis® (C)

A vida marinha desenvolveu-se e adaptou-se para sobreviver nas condições ambientais extremas próprias do meio, especializando-se em processos biológicos que, entre outras coisas, conduzem à síntese de moléculas com funções biológicas e especificidades distintas das encontradas em espécies terrestres. Estas moléculas marinhas são vistas como substâncias muito interessantes, pois têm aplicação nas indústrias cosmética, alimentar, nutracêutica e farmacêutica, entre outras, e possuem elevado valor económico. De facto, muitas são as moléculas, maioritariamente da classe dos lípidos, proteínas, açúcares, alcaloides e terpenos, que já foram isoladas principalmente de invertebrados, algas e microrganismos marinhos, que exibem atividades analgésica, anticancerígena, antimicrobiana, antidiabética, anti-inflamatória e antiviral, que são capazes de modelar o sistema imunológico, ou ainda capazes de atuar sobre o sistema nervoso central. O tema desperta muito interesse na comunidade científica a ponto de diversas revistas internacionais criarem volumes especiais dedicados à temática. Por exemplo, a revista internacional de grande impacto *Marine Drugs* (MDPI, fator de impacto 5,118 em 2021) tem editado, em anos sucessivos, fascículos especiais dedicados aos lípidos marinhos, o que demonstra o interesse crescente que existe na comunidade científica pelos organismos marinhos como fonte de lípidos com elevado valor nutricional e propriedades medicinais. Outro exemplo da relevância das biomoléculas marinhas são os

polissacarídeos (e.g. alginatos, carragenanos, fucoidanos, ulvanos, laminarina e agar) cuja diversidade de propriedades faz com que garantam os requisitos para aplicações muito diversas como biorremediação, modificadores reológicos, excipientes em medicamentos, etc., sendo moléculas de grande valor comercial. De salientar ainda as enzimas isoladas de espécies marinhas, capazes de suportar condições extremas e por isso com grande potencial para aplicação em sistemas industriais, conferindo-lhes elevado valor económico.

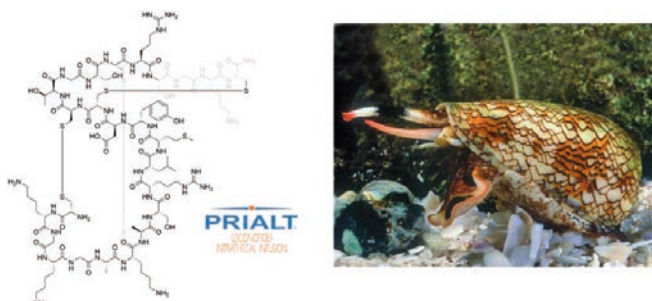


Figura 2 - A molécula ziconotida exhibe propriedades analgésicas, é o princípio ativo do medicamento Prialt®, e foi inicialmente identificado no veneno do caracol marinho *Conus magus*.

E o que dizer das moléculas não essenciais à vida dos organismos marinhos, mas por eles sintetizadas, chamadas metabolitos secundários, que exibem funções biológicas diversas como por exemplo evitar a predação? Também aqui os exemplos são muitos e interessantes. Muita investigação é realizada com o objetivo de extrair e isolar de fontes marinhas metabolitos secundários com aplicação na medicina. Este é um campo em que os resultados da investigação já chegaram à farmácia. Vejamos o caso do anticancerígeno Yondelis® desenvolvido pela empresa espanhola PharmaMar, cujo princípio ativo é a trabectedina, um alcaloide da classe das tetrahydro-isoquinolinas isolado do tunicado *Ecteinascidia turbinata* (Figura 1). Esta foi a primeira molécula anticancerígena de origem marinha aprovada pela Agência Europeia do Medicamento (2007), usada no tratamento do sarcoma de tecidos moles e em casos de cancro dos ovários recidivante sensível a medicamentos contendo platina. O péptido ziconotida, presente no medicamento Prialt®, foi o primeiro analgésico de origem marinha (originalmente extraído do caracol venenoso *Conus magus*) (Figura 2) a obter aprovação da Food and Drug Administration em 2004. A ziconotida é usada no tratamento da dor crónica e intensa, em adultos que necessitam de analgesia intratecal, e atua como um bloqueador dos canais de cálcio do tipo N nos nervos nociceptivos primários da medula espinhal, um mecanismo de ação distinto do exibido por analgésicos opioides como a morfina.

Estes dados no seu conjunto mostram claramente como a temática “Moléculas de origem marinha” é uma área de investigação “quente”, dinâmica, de carácter mundial, além de resultar em novos produtos com aplicações inovadoras e de elevado valor comercial.

Diversidade de microrganismos no solo e controlo do escaravelho japonês

Nelson Simões

3 de abril de 2022

The Biotechnology Centre at the University of the Azores is studying how soil biodiversity influences the Japanese beetle, an invasive pest that threatens Europe. The research, funded by the European Union, explores the role of the microbiome (microorganisms) in the insect's development. By collecting soil, larvae and adult samples from different islands, researchers analyse DNA and RNA to understand which biological factors control the pest population. If they discover a microbiome capable of inhibiting the insect, we will have a natural and sustainable solution, in line with the European Green Deal, exemplifying how nature protects us.

O Centro de Biotecnologia da Universidade dos Açores está a desenvolver um projeto que visa o estudo do impacto que a diversidade biológica dos solos tem na instalação e no desenvolvimento de populações do escaravelho japonês. Trata-se de conhecer as condições em que a biodiversidade se encarrega de impedir a expansão de um inseto invasor numa perspetiva de beneficiar daquilo que a natureza nos oferece, bem no espírito do “green deal” europeu, talvez por isso mesmo financiado pela Comunidade Europeia num projeto H2020 com a participação de 13 entidades de seis países e coordenado por WBF-Agroscope, um centro de investigação da Suíça.

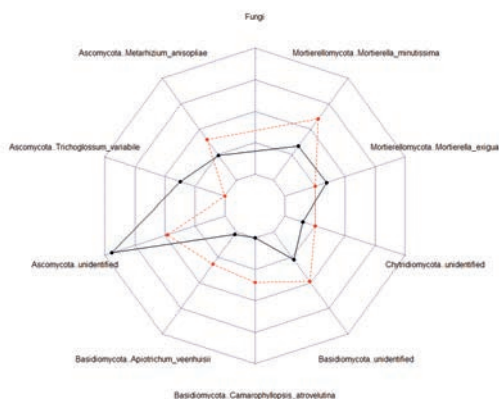


Figura 1 - Análise bioinformática do microbioma de S. Jorge (pontos vermelhos) e de S. Miguel (pontos azuis) evidenciado as distâncias entre os dois.

O escaravelho japonês é uma praga considerada de grande impacto e que neste momento está a merecer da Comunidade Europeia muita atenção. Nos Açores esta praga foi introduzida há vários anos e recentemente invadiu o Norte de Itália e está a expandir-se atingindo já a Suíça. É justamente por estar instalada em várias ilhas dos Açores desde há anos que podemos desenvolver a presente investigação que tem por objetivo compreender até que ponto a biodiversidade de um determinado local pode servir para contrariar o crescimento da população deste inseto. Neste projeto estamos focados no papel do microbioma (conjunto de microrganismos associados a outro organismo ou a um corpo) na fisiologia do inseto. É conhecida a influência que o microbioma tem nos humanos, em animais e em plantas. O microbioma humano tem sido associado a diferentes estados de saúde tanto físicos como mentais. Há casos em que o “transplante” de microbioma tem provado corrigir determinados estados fisiopatológicos. Nas plantas sabe-se que o microbioma do solo assim como o microbioma nas raízes das plantas as protege de doenças e pragas e condiciona o seu desenvolvimento e produção. Nos insetos sabe-se também que o microbioma está associado ao seu desenvolvimento.

O facto de o escaravelho japonês estar disperso por várias ilhas, mas o desenvolvimento das populações diferir de local para local, leva-nos a pôr a hipótese de que para além de fatores ambientais que sempre condicionam os organismos, o estabelecimento da praga é condicionado por outros fatores, entre eles o microbioma. Para provarmos tal hipótese,

escolhemos dois locais aonde as densidades de escaravelho diferem, com a colaboração dos Serviços de Desenvolvimento Agrário (DAS) de S. Miguel e de S. Jorge que nos disponibilizaram a informação que vêm recolhendo desde há vários anos sobre esta praga. Em posse dessa informação, iniciámos os nossos estudos justamente pela recolha de amostras de solo, de larvas e de adultos em locais que determinámos em S. Miguel e S. Jorge, com a colaboração dos SDA de cada uma das Ilhas.

Do solo, extraímos DNA que mandámos sequenciar e estamos a analisar para identificar o microbioma, comparar a sua diversidade e abundancia em cada um dos locais. Os primeiros dados apontam para uma diversidade grande e para diferenças que nos parecem importantes entre as amostras que recolhemos em S. Miguel e S. Jorge. Noutra tarefa do projeto extraímos RNA das larvas e dos adultos para analisar o transcriptoma, isto é para vermos que funções estavam mais ativadas nos insetos de cada um dos locais. Interessa-nos particularmente investigar vias metabólicas indicativas de nutrição, de produção de fatores de crescimento, de defesa de agentes patogénicos e de resistência a stresse. O maior ou menor grau de ativação destas vias indica o potencial de sucesso do inseto em cada um dos locais.

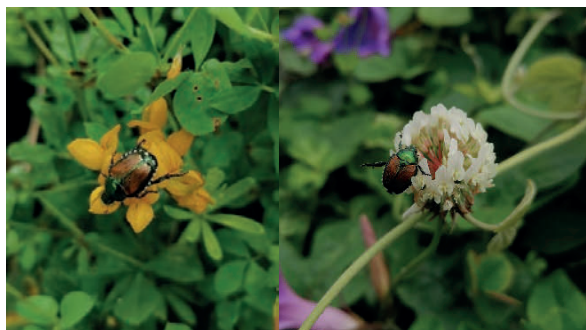


Figura 2 - Fotos demonstrativas da diversidade de plantas que o escaravelho japonês adulto ataca.

Estas análises produzem uma enorme quantidade de informação sob a forma digital. Esta informação tem de ser tratada por meios informáticos sofisticados. No grupo estas análises estão a ser feitas com a participação ativa de graduados e de estudantes de pós-graduação, alguns contratados pelo próprio projeto.

No final esperamos poder correlacionar o microbioma com a atividade funcional do inseto e daqui deduzir até que ponto aquele está a condicionar o sucesso / insucesso deste. Se conseguirmos descobrir um “microbioma” que afete o desenvolvimento desta praga teremos mais uma ferramenta biológica para controlar a praga e teremos compreendido mais um dos muitos serviços do ecossistema.

Cryptomeria Japonica

Inovar para (re)criar valor

Filipe Arruda, Ana Lima, Alexandre Pavão, José Baptista, José S. Rosa,
Elisabete Lima

10 de julho de 2022

Forests cover almost a third of the Earth and are vital to life: they store carbon, shelter species, protect soils, and sustain millions of people. In the Azores, cryptomeria, introduced in the 19th century, dominates the landscape and the forestry economy. However, its processing generates waste that can be reused to extract essential oils with medicinal properties and pesticides. Filipe Arruda's doctoral work explores exactly that—transforming this waste into valuable natural products, contributing to a more sustainable and innovative Azorean forest.

“FLORESTAS: consumo e produção sustentáveis” foi o tema escolhido para a celebração do Dia Internacional das Florestas de 2022, com o intuito de alertar para a importância de proteger a vida terrestre e de garantir uma produção e consumo sustentáveis, objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU.

Por que as florestas são importantes? Os factos falam por si: as florestas cobrem 30% da superfície terrestre; armazenam cerca de 300 gigatoneladas de carbono na biomassa; são o habitat de mais de 80% de todas as espécies terrestres; são o meio de subsistência para cerca de 1,6 biliões de pessoas; contribuem para a saúde humana e bem-estar, fatores fundamentais para a qualidade de vida de um indivíduo; oferecem proteção às bacias hidrográficas; previnem a erosão do solo e possuem um papel importante na mitigação das alterações climáticas.

No que respeita especificamente à Região Autónoma dos Açores (RAA), a floresta constitui um elemento determinante da paisagem do arquipélago, ocupando cerca de um terço do território insular. Desta área, mais de 12 mil hectares estão ocupados por matas de criptoméria (*Cryptomeria japonica*), planta originária do Japão e introduzida nos Açores em meados do século XIX.

A criptoméria constitui atualmente a espécie florestal com maior valor sócio-económico para a RAA. Contudo, as atividades dos setores florestal/indústria madeireira da região, relacionadas com a criptoméria, geram uma elevada quantidade de resíduos, tais como:



Figura 1 - Mata de criptoméria (Açores)

folhagem, ramos, cascas, costaneiros, serradura e retalhos de madeira. Estes resíduos, em particular matéria vegetal seca, podem constituir vários problemas ambientais quando acumulados, desde entupimento de linhas de água até fonte de incêndios florestais.

Por outro lado, os sobrantes de criptoméria, por serem uma valiosa fonte natural de compostos bioativos, podem ser reaproveitados em produtos de valor acrescentado, através da obtenção de extratos vegetais, particularmente de óleos essenciais (OEs).

Os OEs, sintetizados pelas plantas aromáticas, são misturas complexas de compostos orgânicos (maioritariamente terpenóides), normalmente voláteis e odoríficos que conferem odor característico à planta. Estes produtos naturais desempenham várias funções, como por exemplo “arma de defesa” das plantas contra infeções (virais, bacterianas ou fúngicas) e herbivoria, pelo que têm sido amplamente utilizados pelo homem para fins medicinais e/ou controlo de pragas. Atualmente, são conhecidos mais de 3000 OEs, dos quais cerca de 300 são comercialmente importantes em várias indústrias.

Particularmente, o OE de criptoméria (oriunda de diferentes locais geográficos, em particular, do Japão, Coreia, Taiwan, Índia e China), devido à sua complexa e diferenciada

composição química, já demonstrou possuir várias propriedades farmacológicas e/ou pesticidas (e.g., anti-inflamatória, antimelanogénica, antioxidante, antitússica, antiúlceras, calmante, antibacteriana, antifúngica, herbicida, antitérmitas, moluscicida, e repelente de mosquitos e de traças), revelando deste modo um vasto potencial de aplicações tanto na agricultura (agrotóxicos botânicos), como nas indústrias farmacêutica, alimentar, de fragrâncias ou cosmética.

Neste contexto, torna-se de grande interesse, por ser inovador, o estudo do fracionamento do OE bruto de criptoméria da RAA, de modo a produzir frações com diferentes perfis químicos, e consequentemente, diferentes propriedades biológicas, conferindo deste modo um maior valor acrescentado a este OE.

Este é precisamente o objetivo principal da dissertação de doutoramento em Biologia do estudante Filipe Arruda: obter frações enriquecidas em diferentes componentes bioativos com recurso a metodologias de fracionamento que separam os componentes do OE em estudo de acordo com as suas propriedades físico-químicas.

Especificamente, a avaliação do potencial pesticida das frações será assegurada com realização de



Figura 2 - Óleo essencial de criptoméria

ensaios biológicos quer contra as pragas agrícolas regionais *Sitophilus zeamais* (gorgulho do milho) e *Pseudaletia unipuncta* (lagarta das pastagens), quer contra o fungo fitopatogénico *Phytophthora infestans* (causador do míldio nos cultivos de batata e tomate), enquanto o potencial terapêutico será avaliado por testes antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatórios, entre outros.

Doenças raras

Conhecer para ajudar

Patrícia Aranha, Manuela Lima

30 de abril de 2023

Rare diseases, which affect less than 1 in 2,000 people, represent a global challenge. There are more than 10,800 identified rare diseases, affecting 300 million people worldwide and around 800,000 in Portugal. However, more than half of patients remain undiagnosed and only 5% have treatment available. Universities and research centres play a crucial role in diagnostic and therapeutic discovery, collaborating with hospitals, patient associations and companies. Investment in research and medical training is essential to ensure these patients are not abandoned, transforming scientific knowledge into concrete solutions.

Em Portugal, como em toda a União Europeia, uma doença é considerada “rara” quando afeta menos do que 1 em cada 2000 pessoas. O grupo das doenças raras inclui desde doenças “menos raras” como o lúpus eritematoso sistémico (uma doença auto-imune), que tem uma prevalência de 1-5/10000, a doenças extremamente raras, tais como o gigantismo, que tem uma prevalência inferior a 1/1000000. Estimava-se a existência de 7000 a 8000 doenças raras em todo o mundo, sabendo-se atualmente que este número já ultrapassou os 10800. Este aumento do número de doenças raras fica dependente de mais de 80% destas doenças terem uma base genética: com o crescente conhecimento acerca do genoma humano certas alterações que anteriormente eram enquadradas em síndromes, como por exemplo os distúrbios do espectro do autismo, conseguem-se atualmente isolar e classificar como doenças individuais.

O mote “só diagnosticamos aquilo que conhecemos” constitui em Medicina uma verdade universal. Identificar as doenças raras é o primeiro passo para identificar os doentes, perceber quantos são e onde estão. Como diz Chris Austin, antigo diretor do “National Center for Advancing Translational Sciences”: “A não ser que contemos as pessoas com doenças raras, os doentes das doenças raras não contam”. Apesar de individualmente raras estima-se existir mais de 300 milhões de pessoas em todo o mundo com este tipo de doenças. A Comissão Europeia refere que na Europa existem entre 27 e 36 milhões de pessoas com doenças raras, sendo o número previsto em Portugal de cerca de 800000 pessoas.

A realidade das doenças raras é alheia à maior parte das pessoas. O “Dia Internacional das doenças raras”, tem por objetivo a consciencialização da sociedade para a problemática deste grupo de doenças. A verdade, porém, é que no mundo existem mais pessoas com doenças raras do que pessoas com cancro ou SIDA juntas. Assim, seria expectável que, ainda que não fossemos portadores de nenhuma doença rara conhecêssemos alguém que o é, na realidade, o problema é que mais de metade destes doentes continuam sem diagnóstico.



E se os números do diagnóstico são preocupantes o que dizer dos que se referem ao tratamento? As limitações no conhecimento científico sobre os mecanismos na base de muitas doenças raras constituem um severo obstáculo ao desenvolvimento de terapias, sendo que apenas 5% das doenças raras têm algum tipo de tratamento conhecido. Esses tratamentos utilizam, na sua maioria, fármacos que não são curativos, mas que de algum modo modificam a evolução da doença, prolongando a expectativa média de vida destas pessoas. “Medicamentos órfãos”, segundo a definição da Orphanet, são aqueles que são dirigidos para o tratamento de doenças que são tão raras que os promotores (habitualmente as empresas farmacêuticas) estão relutantes em desenvolvê-los sob condições normais de comercialização, já que envolvem pouco lucro. Se pensarmos que são aprovados aproximadamente 50 tratamentos novos todos os anos, isso significa que se mantivéssemos este ritmo ainda estaríamos a 100 anos de identificar um tratamento para cada uma destas doenças. Sabemos, no entanto, que os progressos científicos se têm acelerado nos últimos anos, trazendo a expectativa de que ofertas terapêuticas sejam disponibilizadas a um ritmo mais acelerado, para benefício de doentes e famílias.

É nestes dois pilares – o diagnóstico e o tratamento – que as universidades/centros de investigação têm vindo a desempenhar um papel fundamental e que se advinha ainda mais promissor nos próximos anos, dado não só terem o conhecimento científico como também uma ligação aos doentes, através do seu vínculo a hospitais universitários ou através da organização de equipas de investigação multidisciplinares, das quais fazem parte profissionais de saúde. A ligação entre as universidades e as instituições prestadoras de cuidados de saúde, bem como com as associações de doentes e empresas na área da saúde é fundamental, permitindo o desenvolvimento de novas técnicas diagnósticas, potenciando ainda descobertas que levam a novos tratamentos. Nesse sentido, é importante relembrar a importância do financiamento da investigação nesta área como demonstração de um compromisso de não abandono destes doentes. Às universidades ligadas a cursos de medicina, em particular, recai ainda uma tarefa não menos desafiante: a de encontrar uma estratégia para que estas patologias não passem desapercibidas no vasto currículo de formação médica. A oferta de Seminários acerca deste tema ou a participação por parte dos alunos em projetos de investigação relacionados com doenças raras são duas das possíveis estratégias.

MACBIOPEST

Biopesticidas botânicos da Macaronésia: investigação e saber popular

Wilson R. Tavares

25 de junho de 2023

Agricultural pests cause significant losses, but synthetic insecticides harm the environment and generate resistance. The European MACBIOPEST project proposes an innovative alternative: extracting natural pesticides from Macaronesian plants, combining scientific knowledge with the traditional knowledge of local farmers. Using simple, environmentally friendly methods that can be replicated by the farmers themselves, researchers from the Azores, Canary Islands, Madeira and Cape Verde are testing plant extracts against regional pests. This approach values local biodiversity while offering sustainable, effective and less toxic solutions to protect crops and the environment.

O aparecimento de pragas de insetos nas culturas representa um problema grave para os agricultores, sejam eles responsáveis pela horta lá de casa ou por hortas industriais, uma vez que diminuem o rendimento da produção levando a perdas consideráveis de tempo e dinheiro investidos. É sabido pela população em geral que perante tal problema os inseticidas sintéticos são uma opção bastante cómoda e prática, visto oferecerem uma solução muitas vezes rápida e eficaz, atuando quase instantaneamente e não sendo preciso grande ciência para os aplicar. No entanto, o uso destes inseticidas está associado, infelizmente, a um aumento da poluição ambiental que acarreta consequências nefastas para com vários seres vivos, afetando nomeadamente a saúde humana. Em acréscimo, tem-se vindo a notar, com o decorrer dos anos, um aumento da resistência das pragas para com estes químicos, acabando por torná-los inúteis. É também preocupante o impacto negativo destes pesticidas nos insetos polinizadores, indispensáveis a muitas culturas. De forma a evitar os pontos negativos inerentes ao uso destes inseticidas sintéticos, é necessário encontrar alternativas mais eficientes e com menor impacto ambiental.

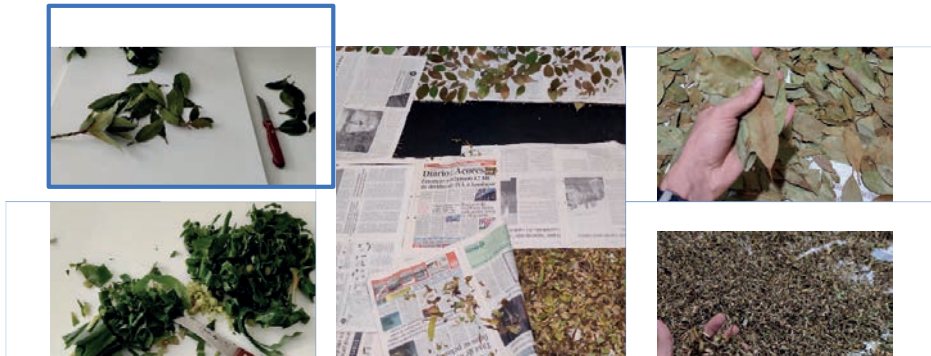
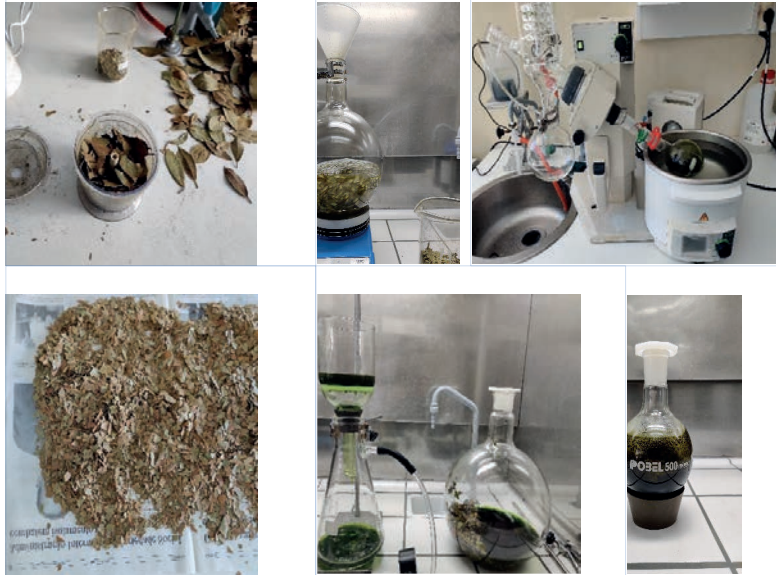


Figura 1 - Fase de secagem do material vegetal. A1 – Preparação do louro-da-terra para a secagem; A2 – Preparação da conteira para a secagem; B – Secagem do material vegetal com recurso a folhas de jornal; C1 – Folhas de louro-da-terra seco; C2 – Parte aérea da conteira seca

É aqui que entra o projeto MACBIOPEST (“Biopesticidas Botânicos da Macaronésia: Investigação e Saber Popular”) que tem como finalidade a obtenção de extratos e/ou compostos naturais puros, a partir de plantas da Macaronésia que exibam ação pesticidas, mas com menor toxicidade e, pelos menos, igualmente eficazes aos existentes no mercado. Desta forma, também se estará a contribuir para valorizar as espécies da Macaronésia, associando-lhe uma aplicação nova e valorizada. Este projeto Europeu teve início em outubro de 2019 e conta com a participação conjunta de equipas de investigação de Cabo Verde, das Canárias, da Madeira e dos Açores. A primeira atividade a desenvolver neste projeto diz respeito à seleção das plantas de interesse para o estudo, e consiste, em parte, na recolha em zonas rurais, através de entrevistas, do saber popular em relação a esta temática junto de agricultores e/ou engenheiros agrónomos que exerçam trabalho de campo. De facto, o saber popular representa muitas vezes um bom ponto de partida na busca de algo novo, uma vez que quando uma planta é utilizada pela população em geral para uma determinada finalidade, vem-se a descobrir, muitas vezes,

que existe fundamento científico que corrobora essa utilização. Para além das entrevistas, é também analisada a literatura científica existente sobre o assunto de forma que os investigadores tenham mais informação, com origem distinta, que ajude a definir o caminho a seguir. Como exemplo da ação biopesticida de plantas comuns descritas na literatura, refira-se o coentro cujo extrato aquoso é eficaz em reduzir infestações de pulgão-verde-do-pessegueiro ou de piolho-da-couve. Depois da seleção das plantas, estas são colhidas e colocadas a secar na ausência de luz. Posteriormente é efetuada a extração dos compostos a partir do material vegetal seco, usando um solvente amigo do ambiente como álcool ou água e processos de extração com baixo consumo de energia, à temperatura ambiente e sem equipamento sofisticado, para que possa mais tarde ser reproduzido pelos próprios agricultores. Os extratos obtidos são posteriormente testados,



2 - Fase de extração. A – Louro-da-terra pronto a picar; B – Louro-da-terra
C – Extração a decorrer com etanol como solvente; D – Filtração do extrato; E
Cração do solvente presente no extrato; F – Extrato de louro-da-terra seco.

através de ensaios *in vitro* e *in vivo*, para averiguar o seu valor como biopesticida contra diversos agentes causadores de pragas com impacto na Macaronésia. A partir dos extratos mais ativos serão realizados estudos que permitirão identificar os compostos responsáveis pela atividade exibida assim como compreender o seu mecanismo de ação. Atualmente, devido à situação de isolamento e distanciamento social imposta pela COVID-19, as entrevistas estão adiadas por tempo indeterminado, restando aos investigadores apenas a literatura disponível em base de dados online para, tanto quanto possível, irem avançando no trabalho. Com base nessa pesquisa bibliográfica, na FCT-UAc/cE3c-GBA já se procedeu à seleção e recolha de duas plantas, estando-se a retomar gradualmente os trabalhos laboratoriais.

Exposição crónica a mercúrio vulcânico e efeitos na saúde

Armando Rodrigues, Patrícia Garcia

23 de julho de 2023

Mercury, a toxic metal that is unique in being liquid at room temperature, causes serious damage to the nervous system. Historically, 'mad hatter' syndrome and the Minamata tragedy illustrate its dangers. Volcanoes and human activities continuously emit mercury. Researchers at the University of the Azores have discovered that the Furnas volcano emits gaseous mercury, which enters organisms through the lungs and accumulates in the brain and spinal cord of wild mice, causing inflammation and neurodegeneration. These findings reveal the importance of understanding how environmental factors influence neurological diseases, thus giving rise to geomedicine.

O mercúrio (Hg) é um metal pesado que ocorre naturalmente no ambiente, sendo o único que, à temperatura ambiente, se encontra no estado líquido. Pode ser encontrado nas formas químicas elementar (Hg^0) inorgânica, e orgânica, ligado a radicais de carbono, como por exemplo o metilmercúrio.

A exposição crónica ao mercúrio, devido aos seus efeitos neurotóxicos, pode afetar o funcionamento do sistema nervoso, inicialmente com sintomatologia inespecífica e, em graus de exposição mais elevados, com perturbações da motricidade. A este quadro sintomatológico é comum atribuir-se a designação de “*Síndrome do chapeleiro maluco*”. Esta designação tem origem na Inglaterra dos séculos XVII a XIX, quando os trabalhadores das fábricas de chapéus estavam fortemente expostos a vapores de mercúrio, usado para o processo de feltragem, e ficou imortalizada na personagem do livro “Alice no País das Maravilhas” de Lewis Carroll (1865).



Figura 1 - Trabalhos de medições de mercúrio nas Furnas (fotografia de Fátima Viveiros).

Um outro evento histórico que demonstra a neurotoxicidade decorrente da exposição ao mercúrio, neste caso através dos alimentos, é o desastre da baía de Minamata, no Japão – *Síndrome de Hunter-Russell* ou *doença de Minamata*. Embora existisse uma indústria química que lançava os seus esgotos diretamente no mar, carregados de mercúrio, desde os anos 30 do século passado, só na década de 50 foram identificados os primeiros casos de contaminação humana, devido ao consumo de peixe contaminado com mercúrio. Mais de 700 pessoas morreram envenenadas e mais de 2000 sofreram da *doença de Minamata*, só naquela região do Japão.

Cerca de um terço do mercúrio emitido para a atmosfera é proveniente de atividades humanas, como seja a indústria da mineração de ouro e a queima de combustíveis fósseis. Na América Central e do Sul, e em particular na Amazônia, a exploração de ouro é a principal forma de emissão de mercúrio para o ambiente, poluindo os habitats terrestres e aquáticos.

A atividade vulcânica também constitui uma importante fonte natural de libertação de mercúrio para o meio ambiente. Os estudos mais recentes estimam que, a nível mundial, a atividade vulcânica emita anualmente entre 50 e 700 toneladas de mercúrio, face às cerca de 2000 toneladas por ano resultantes de atividades humanas.

Em 2018, uma equipa de vulcanólogos do Instituto de Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR) da Universidade dos Açores (UAc) detetou e avaliou a quantidade de Mercúrio Elementar Gasoso (GEM) emitido para a atmosfera pelo vulcão das Furnas. Provada a sua existência e calculado o volume diário emitido, colocava-se a questão de saber se este mercúrio entrava nos seres vivos e, se sim, que órgãos atingiria e afetaria?

Nos últimos 3 anos, a nossa equipa, em colaboração com cientistas da Universidade de Alicante, procurou as respostas para estas questões em ratinhos selvagens das Furnas. Verificámos que os órgãos com maiores concentrações de mercúrio são os pulmões, permitindo definir a inalação como a principal via de entrada do mercúrio vulcânico no organismo (Figura 2 - pulmão com mercúrio).

Posteriormente, conhecendo as propriedades neurotóxicas do mercúrio, fomos procurá-lo no sistema nervoso central.

Encontrámos abundantes depósitos de mercúrio quer no cérebro quer na espinhal medula, dentro e fora das células nervosas (neurónios), nos ratinhos das Furnas. Sendo o Sistema Nervoso Central (SNC) constituído por neurónios e células da glia, fomos investigar em que medida é que a estrutura e função de umas e outras poderiam estar comprometidas.

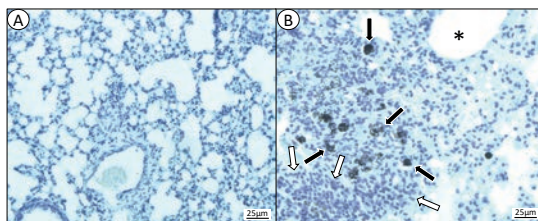


Figura 2 - Corte histológico de pulmão de rato capturado em Rabo de Peixe (A) e nas Furnas (B). Setas pretas apontam depósitos de mercúrio; setas brancas apontam focos de inflamação.

Verificámos que os ratinhos das Furnas apresentavam, ao nível cerebral, sinais claros de astrogliose reativa e alteração das funções dos astrócitos, células da glia que garantem o equilíbrio iónico e metabólico aos neurónios e respondem a fatores ambientais. Por outro lado, estes indivíduos apresentavam elevados níveis inflamatórios, com proliferação das células microgliais, responsáveis pela vigilância imunológica do SNC.

Ao estudarmos a medula espinhal, foi possível verificar que os ratinhos das Furnas apresentavam uma redução significativa do diâmetro (atrofia) dos axónios (vias de transporte da informação), indicadores claros de neurodegenerescência.

Estes trabalhos, publicados em revistas internacionais da especialidade, chamam a atenção para importância de conhecer a relação entre os fatores ambientais (como a exposição a GEM) e o desenvolvimento de algumas doenças nas populações (como as doenças neurodegenerativas). O reconhecimento desta interação ambiente-saúde por parte da comunidade científica e médica tem alavancado uma nova área de investigação na esfera mundial, a Geomedicina.

Coleções de culturas, toxinas e genómica

À descoberta de novas cianobactérias tóxicas

Rita Cordeiro, Rúben Luz, Vítor Gonçalves, Amélia Fonseca

26 de novembro de 2023

Cyanobacteria are photosynthetic microorganisms that produce dangerous toxins (cyanotoxins), widely distributed in aquatic and terrestrial ecosystems. Modern genomic methods allow toxic species to be identified accurately. Cylindrospermopsin, a problematic toxin, is spreading to temperate regions due to climate change. BACA, a cyanobacteria bank created in 2018 in the Azores, houses 800 strains of microorganisms and has already identified ten toxin-producing strains. Recently, a potential new species of Kamptonema producing cylindrospermopsin was discovered, demonstrating the critical importance of culture collections and genomic analysis to protect public health.

As cianobactérias são bactérias que realizam fotossíntese como as plantas e produzem uma grande diversidade de metabolitos secundários (compostos orgânicos não essenciais à sua sobrevivência), muitos deles tóxicos (cianotoxinas).

Estes microrganismos são muitos, existindo mais de cinco mil espécies que vivem em praticamente todos os ecossistemas e habitats, como em lagoas, ribeiras, águas termais, e no mar, mas também nos solos, rochas ou até associadas a outros organismos. Nos últimos anos, o desenvolvimento de metodologias moleculares baseadas em ADN veio fornecer novos dados que permitem mais facilmente identificar as cianobactérias tóxicas. Atualmente as técnicas de análise genómica, que permitem estudar o genoma completo de um organismo, estão mais desenvolvidas e acessíveis aos investigadores. Com estas metodologias é possível estudar de forma mais detalhada a informação genética por detrás da produção destas toxinas, bem como facilitar a identificação de cianobactérias tóxicas desconhecidas. Estes estudos permitiram conhecer melhor a diversidade genética das cianobactérias e o seu metabolismo, levando à descoberta de novas espécies produtoras de toxinas.



Figura 1 - Banco de Algas e Cianobactérias dos Açores, Universidade dos Açores

A cilindropermopsina é uma das cianotoxinas mais estudada nos últimos anos devido ao seu impacto no ambiente, na saúde humana e na economia. Embora tenha sido inicialmente descoberta em regiões tropicais, devido às alterações climáticas, esta toxina tem sido identificada num número crescente de países em regiões subtropicais e temperadas. Apesar destas toxinas estarem relativamente bem estudadas, estando identificadas várias espécies que as produzem, existe, no entanto, muito ainda por descobrir.

Criado em 2018, o BACA - Banco de Algas e Cianobactérias dos Açores - é uma coleção de culturas que já conta com mais de 800 estirpes de cianobactérias e microalgas, isoladas dos mais variados habitats das nove ilhas dos Açores.

Atualmente integra a rede de excelência em biotecnologia azul da macaronésia (REBECA), a Organização Europeia de Coleções de Culturas (ECCO) e a Rede Portuguesa de Centros de Recursos microbiológicos (PT-mBRCN).

Em resultado de trabalhos de investigação no âmbito de projetos e formação de estudantes de licenciatura, mestrado e doutoramento, foram já identificadas cerca de dez estirpes de cianobactérias produtoras de toxinas na coleção BACA. Estes resultados realçam a importância das coleções de cultura e a necessidade de mitigação e monitorização da presença de toxinas em massas de água açorianas. O trabalho mais recente desenvolvido no BACA reporta a identificação de uma nova estirpe do género *Kamptonema* como produtora de cilindrospermopsina. Neste trabalho, para além da confirmação da toxicidade por métodos imunoquímicos (ELISA), foi também estudado o genoma desta estirpe. Esta análise permitiu identificar e comparar o conjunto de genes responsáveis pela produção da toxina e confirmar a identificação taxonómica ao género *Kamptonema*. Com a análise filogenómica (i.e., inferência da relação/distância entre os organismos face à diferença entre a sua informação genética) foi também possível concluir que a estirpe BACA0671 poderá ser a uma nova espécie de *Kamptonema* devido à diferença da informação genética em 80 genes comuns entre mais de 300 estirpes de cianobactérias.

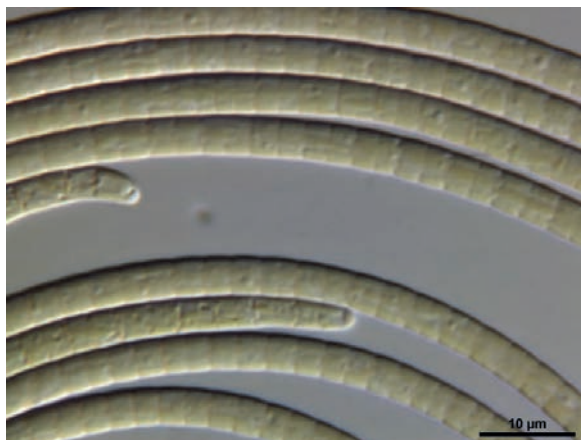


Figura 2 - Microfotografia da cianobactéria *Kamptonema* sp. BACA0671

Estes resultados reforçam a necessidade crescente da investigação nas cianobactérias tóxicas e realça a importância das técnicas de genómica e das coleções de cultura que mantêm e disponibilizam organismos vivos isolados, permitindo estudos únicos.

Investigar para combater

O caso da lapinha do ananás

Vera Raposo, António O. Soares

4 de fevereiro de 2024

Azores pineapple, a product with Protected Designation of Origin, faces a serious pest: the pineapple scale insect. This small insect destroys leaves and commercially damages the fruit by deteriorating its colour. In Portugal, there are no approved pesticides for this pest, requiring sustainable solutions. A PhD project is studying the biology of the scale insect and testing a natural Azorean predator to control it. Monitoring environmental conditions and the pest's life cycle will allow the ideal moment for intervention to be identified, combining prevention with effective and economical biological control.

O ananás *Ananas comosus* L. Merr. (Poales: Bromeliaceae) é um produto de Denominação de Origem Protegida (DOP) e um fruto emblemático dos Açores, produzido comercialmente apenas na ilha de São Miguel. O seu modo de produção, realizado em estufas de vidro e baseado em técnicas ancestrais, tem como resultado características físicas, organoléticas e sensoriais singulares, que distingue este fruto dos demais produzidos em outras regiões, ao ar livre.

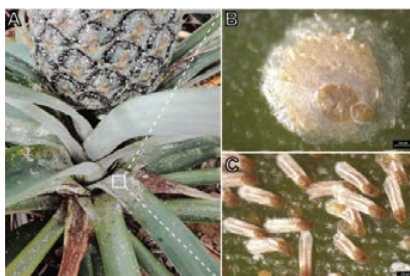


Figura 1 - Presença da cochonilha *Diaspis bromeliae* na planta de ananás. A: Grande densidade junto à base das folhas. B: Fêmea com forma circular e protegida por um escudo translúcido. C: Machos alongados, permanecendo sob o escudo até à pupa (barra de escala 250 um).

Uma das pragas importantes desta cultura é a cochonilha *Diaspis bromeliae* Kerner (Homoptera: Diaspididae), vulgarmente conhecida como a “lapinha do ananás” (Fig.1). Este inseto afeta sobretudo a parte vegetativa e, em condições de elevada densidade, pode também afetar o fruto. Os principais sintomas associados à presença desta praga incluem o aparecimento de manchas amarelas-acastanhadas, cuja coloração resulta da elevada toxicidade da saliva injetada na planta, para a realização da digestão externa. Em casos mais severos, as extremidades das folhas começam a dessecar, podendo levar ao atrofiamento e à morte da planta. As cochonilhas do ananás podem ser observadas na base das páginas superiores das folhas e, geralmente, encontram-se em aglomerados. A sua presença pode ocorrer desde a plantação até à colheita. Densidades populacionais elevadas podem afetar o desenvolvimento vegetativo, incluindo a depreciação do fruto. Este inseto começa por fixar-se nos espaços entre os frutículos (pinhas), preenchendo gradualmente o interior destes. A área do fruto ocupada pela praga não amadurece e permanece com a coloração verde (Fig. 2). Nesta fase, a sua remoção é difícil, o que implica a desvalorização comercial do fruto. Alguns estudos classificam esta praga como preocupante e de âmbito mundial, no entanto, o seu estatuto nos Açores não está definido.

Em Portugal, não existem produtos homologados para o combate da cochonilha do ananás, pelo que se torna necessário encontrar alternativas biológicas eficazes, sustentáveis e económicas no combate a esta praga. O seu controlo é desafiante sobretudo devido ao escudo que lhe confere proteção contra agentes externos e às condições ambientais extremas sob as quais se produz o ananás. O controlo biológico é uma abordagem sustentável dado que envolve a utilização dos serviços ecossistémicos providenciados pelos organismos auxiliares. Os predadores e parasitóides são

considerados inimigos naturais adequados ao controlo de diaspidídeos, contudo, e apesar de alguns auxiliares estarem sinalizados como potenciais agentes de controlo biológico, o facto é que ainda não existe conhecimento sobre a sua eficácia contra a referida praga.



Figura 2 - Comparação entre dois frutos colhidos na mesma estufa. O da esquerda encontrava-se numa planta fortemente infestada com cochonilha, tendo esta dispersado para o fruto. É possível verificar que nos locais onde está presente, o fruto não mudou a coloração. O fruto da direita encontrava-se numa planta saudável que amadureceu normalmente.

Atualmente está em curso um projeto de doutoramento que visa colmatar a falta de conhecimento existente sobre a biologia, ecologia e dinâmica populacional desta praga na cultura do ananás. Para tal, em cooperação com produtores de ananás, estão a ser monitorizadas as condições abióticas (temperatura e humidade) em diferentes locais das estufas ao longo do ano. Adicionalmente, está a ser feito o acompanhamento da evolução da praga, de modo a descrever a estrutura da população e correlacionar com as condições em que se encontram e com o estado da cultura. Estes dados indicar-nos-ão, por exemplo, a número de gerações por ano e o padrão de dispersão da espécie. Dado o tamanho muito reduzido destes organismos (cerca de 1-2 mm), a observação e caracterização da população é feita com recurso da uma lupa, em laboratório. Ao conhecer-se o ciclo de vida em condições reais, será possível saber o estado em que se encontra a praga em determinada época do ano e estado fenológico da cultura, facilitando o combate, mas sobretudo a prevenção, uma vez que existe apenas uma fase do ciclo sem a proteção do escudo, com duração muito curta, de apenas poucos dias.

Para além disso, está a ser testada a eficácia de um predador natural, já existente nos Açores, para o controlo desta praga. A sua captura foi realizada no campo e estão a ser mantidas populações em laboratório para os ensaios. Numa primeira fase, o estudo decorre em condições laboratoriais controladas de forma a conhecer os parâmetros biológicos do predador na fase larval e adulta (ciclo de vida, voracidade, fecundidade, sobrevivência) quando alimentado com esta espécie e caso se apresente um alimento adequado para ambas as fases, pretende-se avançar para testes em condições reais, isto é, nas estufas.

Este conhecimento contribuirá para uma gestão integrada adequada das práticas no combate à cochonilha do ananás, bem como saber quando e onde implementar as medidas de controlo biológico.

BACA

Um arquivo vivo para a conservação da biodiversidade
microbiana dos Açores

Rúben Luz, Rita Cordeiro, Amélia Fonseca, Vítor Gonçalves

18 de fevereiro de 2024

BACA, the Azores Algae and Cyanobacteria Bank, created in 2018, houses 800 cultures of photosynthetic microorganisms from the nine Azorean islands. In 150 years, more than 200 species of cyanobacteria have been identified, including 12 new to science. Recently, nine new species were discovered, four of which constitute equally new genera, described from BACA cultures. These discoveries confirm the Azores as a hotspot of microbial biodiversity. BACA collaborates with the Azores Microbial Observatory in scientific dissemination, preserving this unique natural heritage and exploring genetic resources for a sustainable and circular economy.

BACA é o acrónimo do Banco de Algas e Cianobactérias dos Açores, uma coleção de culturas fundada em 2018 na Universidade dos Açores e associada ao Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Pólo Açores, da Universidade dos Açores (CIBIO-Açores). Esta coleção compreende mais de 800 culturas de microrganismos fotossintéticos (Figura 1), nomeadamente microalgas e cianobactérias, oriundas de todas as ilhas dos Açores. Nesta região existe uma grande diversidade de habitats, como lagoas, ribeiras, pauis, fontes termais, turfeiras, e outros habitats terrestres, para além do ambiente marinho. Estes proporcionam condições para o desenvolvimento deste tipo de microrganismos ajudando no seu crescimento e potencializando a sua especiação, isto é, o surgimento de espécies novas resultantes do isolamento insular e da adaptação às condições naturais das ilhas.

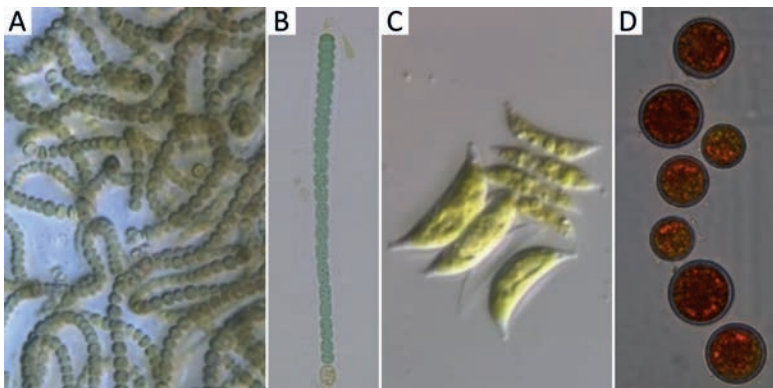


Figura 1 - Culturas de microalgas e cianobactérias depositadas no BACA. A: *Nostoc* sp. BACA005; B: *Microchaete tenera* BACA0055; C: *Scenedesmus acutus* BACA0179; D: *Haematococcus lacustris* BACA0314.

A primeira referência a cianobactérias nos Açores remonta a 1874, na sequência da expedição internacional *Challenger*, realizada a bordo do navio *HMS Challenger*, que ancorou em Ponta Delgada de 4 a 9 de julho de 1873. Ao longo dos anos várias expedições passaram pelos Açores, contribuindo para o conhecimento da sua biodiversidade, embora raramente com referências a cianobactérias. Em 2024, exatamente 150 anos após esta primeira publicação científica com a identificação de uma cianobactéria na Lagoa das Furnas, estão reportadas mais de 200 espécies de cianobactérias, incluindo 12 espécies novas para a ciência, 10 destas com base em culturas presentes no BACA e, até agora, conhecidas apenas nos Açores. Com recurso a descrições morfológicas baseadas em observações microscópicas (microscopia ótica e eletrónica) e a técnicas mais recentes baseadas em dados genéticos, foram descobertas e publicadas em revistas científicas internacionais em 2023, nove espécies novas de cianobactérias, quatro delas pertencentes a géneros também novos descritos a partir de culturas depositadas no BACA: *Radiculonema aquaticum* (Santa Maria), *Tumidithrix elongata* (Pico), *Venetifunis florensis* e *Pseudocaldococcus azoricus* (Flores; Figura 2). As restantes cinco espécies novas também descritas usando culturas do BACA

são *Pegethrix atlantica* (São Miguel), *Pycnacronema lacustre* (Pico), *Albertania obscura* (Terceira), *Kovackia atmophytica* (Terceira) e *Leptodesmis lacustris* (São Miguel).

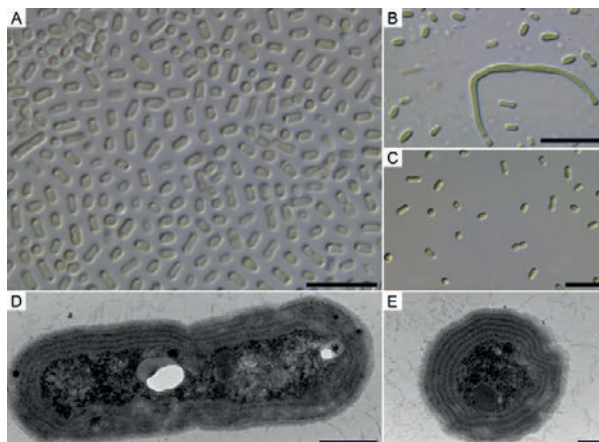


Figura 2 - Fotomicrografias de *Pseudocalidococcus azoricus* R.F.S. Luz, J. Kaštovský, V. Gonçalves, um novo género e espécie de cianobactéria descrito a partir de uma cultura depositada no BACA (BACA0444). A-C: Fotos em microscopia ótica das formas celulares, escalas de 10 µm; D-E: Fotos em microscopia eletrónica de transmissão mostrando a ultraestrutura celular, nomeadamente a disposição periférica das membranas fotossintéticas (tilacoides), escalas de 500 nm (D) e 200 nm (E).

Estas descobertas, juntamente com outros resultados ainda não publicados de trabalhos em curso no BACA, demonstram a riqueza e singularidade da microbiota existente nos Açores, havendo ainda um elevado potencial para a descoberta de novas espécies de microrganismos nestas ilhas. O seu contínuo estudo irá valorizar os Açores como um *hotspot* de diversidade, acrescentando valor ao seu património natural numa área raramente conhecida, e realçar a necessidade da sua proteção e conservação. Neste sentido, o BACA colabora com o Observatório Microbiano dos Açores (OMIC), um centro de ciência localizado nas Furnas dedicado à divulgação científica e tecnológica. Esta parceria visa a partilha do conhecimento gerado na academia com os visitantes doOMIC, permitindo uma eficiente divulgação do conhecimento gerado no BACA com toda a comunidade açoriana, dando a conhecer a diversidade microbiana que existe nos Açores e alertando para a necessidade de preservação desta microbiota insular única.

Este trabalho só foi possível pela presença do BACA na Universidade dos Açores, que permite a conservação desta diversidade, criando as bases para o estudo taxonómico das mais de 400 culturas de cianobactérias que são mantidas na coleção. O BACA não só permite a conservação desta biodiversidade única, que se encontra fortemente ameaçada pela atividade humana através da destruição dos habitats, pelas alterações climáticas e introdução de espécies invasoras, entre outros fatores, como permite também explorar estes recursos genéticos, potencializado a sua utilização, numa economia sustentável e circular.

“ON” ou “OFF”?

A Importância da metilação do DNA nas doenças neurodegenerativas

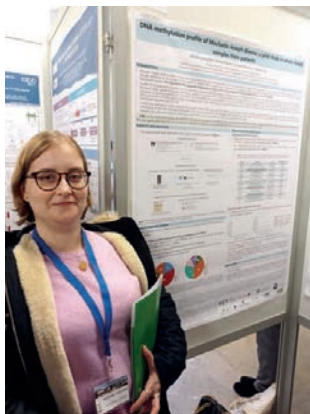
Manuela Lima, Ana R. Melo, Luís Teves, Mafalda Raposo

3 de março de 2024

The Human Genome Project, completed in 2023, revealed how genes function and are controlled. Beyond base sequencing, epigenetics explores mechanisms that switch genes on or off without altering DNA. Methylation, the most studied epigenetic process, attaches chemical groups to genes, influencing them. External factors such as smoking alter these patterns, which are associated with neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and Parkinson's. Crucially, methylation is reversible, offering innovative therapeutic strategies. In Machado-Joseph disease, investigating epigenetic changes is a priority for developing effective treatments capable of modifying the course of the disease.

Concluído em abril de 2023, o Projeto do Genoma Humano (PGH) é considerado um dos maiores feitos científicos da história da Humanidade. O PGH gerou informação crucial acerca do nosso genoma – o conjunto das sequências formadas por combinações de quatro “letras químicas” (as bases adenina, timina, citosina e guanina), abrindo portas para avanços sem precedentes nas áreas da Biologia Humana e da Medicina. Os esforços de investigação focaram-se desde logo em sequências específicas - os genes - nas quais as bases se organizam de acordo com uma estrutura característica, com capacidade de fornecer informação para a produção de moléculas essenciais à vida tal como, por exemplo, as proteínas.

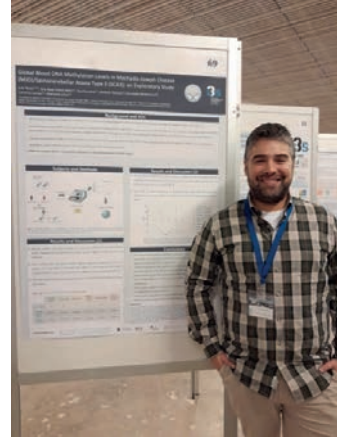
Cedo se percebeu que mais do que conhecer a sequência do genoma - a ordem pelas quais as letras aparecem nos vários cromossomas - importava compreender o modo como o mesmo funciona, ou seja, como é “controlado”.



Os esforços de investigação dedicados ao que hoje conhecemos como “expressão dos genes” (modo como os genes usam a informação neles contida para produzir moléculas funcionais, como as proteínas) têm vindo a permitir desvendar os mecanismos envolvidos. A título de exemplo podemos referir os genes que dão instruções para a produção de um tipo específico de hemoglobina – a hemoglobina fetal, a principal proteína transportadora de oxigénio nos fetos humanos, os quais apenas “funcionam” na fase fetal do desenvolvimento humano, silenciando-se, em circunstâncias normais, por volta dos 12 meses de idade de um bebé.

Uma parte importante do controlo do funcionamento dos genes depende de outras sequências de bases, presentes ao longo do próprio genoma: quando essa sequência muda, a expressão do gene associado irá também mudar (produzindo mais ou menos quantidade da proteína correspondente, por exemplo). Uma outra parte da regulação do funcionamento dos genes está relacionada com mecanismos especiais usados pelas células, os quais não alteram a sequência de bases. O termo Epigenética foi proposto em 1942 para englobar este tipo de mecanismos, que sabemos hoje serem cruciais para o funcionamento do genoma. O mecanismo epigenético mais estudado é a metilação, um processo em que pequenos grupos químicos (grupos metilo) se ligam a partes específicas dos genes, levando a alterações que fazem com que estejam “On” (ligados ou ativados, a produzir proteínas) ou “Off” (desligados ou inativados, não produzindo proteínas).

Sabe-se que a metilação sofre a influência de fatores externos: por exemplo, pessoas que são fumadoras irão apresentar alterações decorrente desse hábito, tendo tendencialmente mais genes “On”. Modificações dos padrões de metilação têm vindo a ser associadas a um vasto conjunto de doenças, incluindo as doenças neurodegenerativas, das quais se destacam as doenças de Alzheimer e de Parkinson, que normalmente se manifestam numa fase mais tardia da vida. No cérebro as modificações na metilação influenciam a sobrevivência dos neurónios, células presentes no sistema nervoso que têm como principal função conduzir os impulsos nervosos; deste modo condicionam a progressão das alterações envolvidas nas doenças neurodegenerativas. Curiosamente, a metilação pode ser “desfeita” ou revertida - um gene que está “Off” pode ser manipulado para ser colocado em “On”, por exemplo. Esta possibilidade de reverter a metilação forneceu aos investigadores uma ideia de



estratégia para o tratamento de certas doenças onde se sabe existirem alterações de metilação: na realidade, se conhecermos os locais dos genes onde se ligam os pequenos grupos metilo poderemos modificar o seu estado e assim reverter o processo de doença. Nesse sentido, torna-se pertinente compreender o papel que a metilação tem nas várias doenças neurodegenerativas, uma tarefa que está longe de concluída, uma vez que em algumas delas o papel da metilação permanece por esclarecer.

Rara ao nível mundial, a doença de Machado-Joseph (DMJ) é a mais frequente do seu grupo de doenças neurodegenerativas. Apesar dos avanços marcados sobre as alterações que conduzem à doença, não está presentemente validada nenhuma intervenção capaz de modificar o seu curso, assistindo-se, todavia, a uma fase em que várias companhias farmacêuticas investem fortemente no desenvolvimento de terapias para a DMJ. Na caminhada rumo às terapias, todo o conhecimento gerado sobre os mecanismos na base da DMJ se deverá refletir num ganho. Assim, a investigação sobre as possíveis modificações epigenéticas associadas à doença tornou-se uma prioridade.

Para além da falta de iodo

O papel do ambiente no hipotiroidismo

Nádia Coelho, Patrícia Garcia, Armindo Rodrigues

12 de maio de 2024

The thyroid, an essential gland in the neck, produces hormones that control metabolism, heart rate and development. Hypothyroidism, a hormonal deficiency that affects 5-10% of the world's population, causes fatigue and weight gain. In addition to iodine deficiency, exposure to agricultural pollutants and heavy metals damages the thyroid. A recent study showed that mice in conventional farming environments showed signs of hypothyroidism in their thyroid cells. Mitigating measures include transitioning to organic farming and using iodised salt in processed foods. Protecting the thyroid means protecting the overall health of the body.

A tireoide é uma glândula do sistema endócrino em forma de borboleta situada na parte anterior do pescoço, logo à frente da traqueia (figura 1). Esta glândula encarrega-se de produzir as hormonas tetraiodotironina (tiroxina ou T4) e triiodotironina (T3). As hormonas da tireoide atuam sobre vários aspetos do metabolismo: questões como o desenvolvimento neuronal, ritmo cardíaco, ritmo respiratório, função muscular, função digestiva, manutenção dos ossos, etc., são todas controladas pela ação da T4 e da T3. Neste sentido, a perturbação do equilíbrio destas hormonas acarreta consequências para todo o organismo. A produção hormonal dá-se ao nível celular dos folicúlos tireoideos, os quais consistem numa camada epitelial de células cuboides disposta em forma de esfera, e em cujo interior se encontra o coloide – local onde é armazenada a proteína tiroglobulina. É a tiroglobulina que permite a síntese de T4 e T3 pelas células foliculares quando necessário.

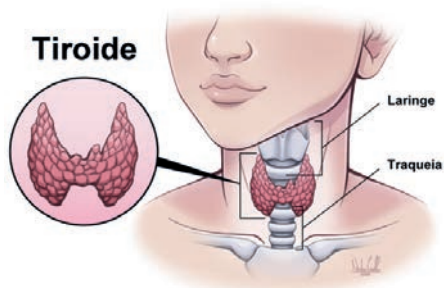


Figura 1 - Esquema da localização anatômica da tireoide

Os distúrbios da tireoide inserem-se em duas categorias gerais: distúrbios endócrinos e distúrbios neoplásicos. As doenças de origem endócrina levam a níveis anormais de T4 e T3, constituindo ora hipotireoidismo (quantidade de hormonas insuficiente), ora hipertireoidismo (quantidade de hormonas em excesso). O distúrbio mais comum é o hipotireoidismo, com sintomas como fadiga, aumento de peso, dificuldade em tolerar o frio, dor muscular e nas articulações e depressão. A principal causa desta doença deve-se ao défice de iodo, um elemento essencial na produção de T4 e T3, o qual é principalmente obtido através da alimentação. Estima-se que cerca de 5% da população mundial (aproximadamente 380 milhões) sofra de hipotireoidismo, e que outros 5% possam compreender casos não diagnosticados. Em Portugal, a prevalência chega a atingir um intervalo de 8–10% (cerca de 1 milhão), sendo que na Região Autónoma dos Açores se observa um cenário semelhante.

Na verdade, existem outras causas ambientais de hipotireoidismo, algumas das quais podem levar ao surgimento da doença mesmo quando não há défice de iodo. Por exemplo, a exposição a disruptores endócrinos, como dioxinas, bifenilos policlorados, metais pesados, etc., pode afetar o funcionamento da tireoide ao interferir com as vias de produção e/ou sinalização da T4 e T3, podendo até causar dano às células da glândula. A exposição a agroquímicos, como pesticidas, herbicidas, fertilizantes inorgânicos, entre

outros, merece especial destaque – estes contaminantes são típicos da agricultura convencional (figura 2), que corresponde ao sistema agrícola mundialmente mais utilizado. Frequentemente, os agroquímicos possuem metais pesados na sua composição, pelo que é comum a sua utilização resultar no aumento da concentração destes elementos nos alimentos produzidos – além disso, tudo desde o solo, ao ar e à água pode ser alvo deste tipo de poluição.



Figura 2 - Fotografia de um trator a pulverizar um campo agrícola

Num estudo recente da nossa equipa, procurou-se explorar em que medida a exposição crónica a um ambiente onde se pratica agricultura convencional pode afetar o normal funcionamento da tiroide. Foram utilizados ratinhos selvagens que viviam numa exploração agrícola convencional como bioindicadores, tendo-se recorrido a técnicas histológicas para a análise da sua tiroide. Em comparação com ratinhos que viviam num local sem práticas agrícolas, verificou-se que, entre outros aspetos, a área e o volume das células foliculares eram muito menores, levando à aparência achatada do epitélio. Estes resultados salientam o impacto da agricultura convencional sobre a tiroide, manifestado sob a forma de indicações de hipotiroidismo nos ratinhos expostos – em casos de hipotiroidismo, o epitélio tende a ser achatado e não cuboide, visto que as células foliculares apresentam baixa produtividade.

O hipotiroidismo constitui um problema com um peso relevante a nível mundial, pelo que é urgente tomar medidas mitigadoras. Medidas relacionadas a uma agricultura mais “amiga do ambiente” e sustentável, como a transição para um sistema agrícola biológico/orgânico, o controlo integrado de pragas e a biomonitorização da concentração de resíduos de agroquímicos nos alimentos auxiliariam na atenuação do problema. Noutra perspetiva, uma medida mais facilmente implementável seria o uso de sal iodado na produção industrial de alimentos como o pão – algo bastante acessível e eficaz, visto que a maioria de nós não recusa comer um pãozinho!

É importante não esquecer: cuidar da tiroide é cuidar de todo o corpo!

Leptospirose

O inimigo invisível

Ricardo Camarinho, Armindo Rodrigues

26 de maio de 2024

Leptospirosis, a bacterial disease transmitted by rodents, causes 1 million infections and 60,000 deaths globally each year. The Azores, with a climate favourable to the bacteria, have recorded endemic cases since 1993. A study by the University of the Azores revealed that 70% of mice in São Miguel carry the bacteria, with variations depending on location. The disease affects agricultural professionals, veterinarians, and users of recreational areas such as Pinhal da Paz. Urgent measures include rodent control, infection monitoring, and education on personal protective equipment for at-risk groups.

A leptospirose (também chamada doença de Weil) é uma zoonose bacteriana causada por espiroquetas patogênicas do género *Leptospira*. É uma doença com elevado impacto global que infecta humanos e animais. Relativamente ao impacto humano, estima-se que esta zoonose seja mundialmente responsável por cerca de 1 milhão de casos anuais, causando cerca de 60.000 mortes. A infeção pode ocorrer diretamente através de contacto com urina ou tecidos de animais contaminados, ou indiretamente através de exposição a água ou solos contaminados. Os principais reservatórios desta bactéria são os roedores, podendo outros mamíferos (como suínos e bovinos) excretar este agente pela urina durante meses ou anos.

A sintomatologia desta doença é variada, e nos humanos poderá ir de sintomas de gripe a estado febril, diarreia, vómitos, mialgia e eventual morte do indivíduo, dificultando o diagnóstico prévio. Em animais, como por exemplo os bovinos, de entre algumas das consequências da infeção destacam-se o aumento da taxa de aborto espontâneo, baixo-peso à nascença, quebra de produção de leite e, no limite, a morte.

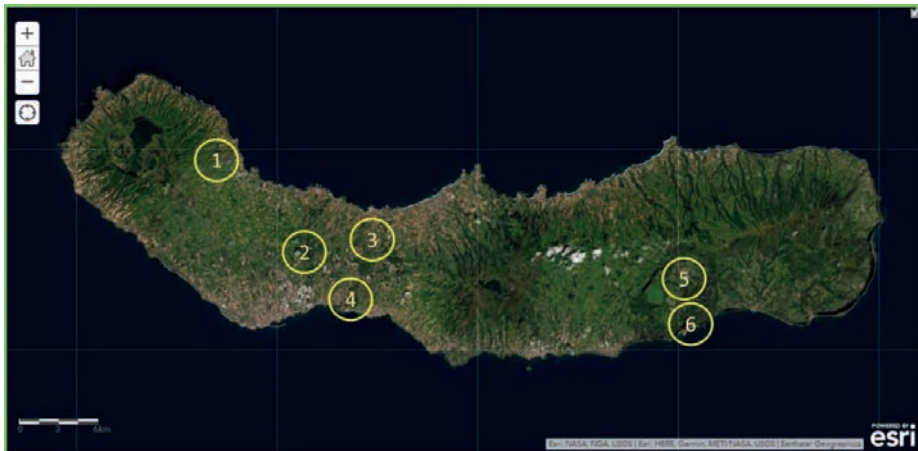


Figura 1 - Mapa da ilha de São Miguel e locais de captura de ratinhos. 1- Santo António; 2- Pinhal da Paz; 3- Rabo de Peixe; 4 - Lagoa; 5- Furnas; 6 - Ribeira Quente.

Ainda que seja uma doença de distribuição mundial, regiões de climas temperados ou tropicais são geralmente mais afetadas, pois as temperaturas amenas e a humidade relativa elevada contribuem para a sobrevivência desta bactéria no ambiente por períodos mais longos. Tal é o caso do clima semitropical do arquipélago dos Açores onde esta doença é considerada endémica desde 1993 e um reconhecido problema de Saúde Pública. Entre 1993 e 2003, o elevado número de casos humanos com desfecho fatal (15 casos) aumentou o interesse na prevenção, identificação de fatores de risco e potenciais fontes de infeção, enfatizando a importância dos mesmos na prevenção da doença. De acordo com o Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica, entre 2005 e 2015, ainda que o número total de casos tenha aumentado, o número de casos com desfecho fatal foi significativamente menor (2 casos). Depois de 2015, existe apenas 1 caso com desfecho fatal (2019), embora o número de casos aparente aumentar.

Dado que os roedores são os principais reservatórios desta bactéria, um estudo da Universidade dos Açores focou os seus esforços no objetivo de perceber a taxa de infeção de ratinhos *Mus musculus* (murganho) por Leptospirose em várias zonas da ilha de S. Miguel. De um total de 133 ratinhos capturados, a taxa geral de infeção foi de cerca de 70%. Por localização de captura as taxas de infeção foram: 1- Sto. António (77.78%); 2- Pinhal da Paz (69.23%); 3- Rabo de Peixe (74.19%); 4- Lagoa (43.47%); 5- Furnas (66.67%); 6- Ribeira Quente (70.59%).

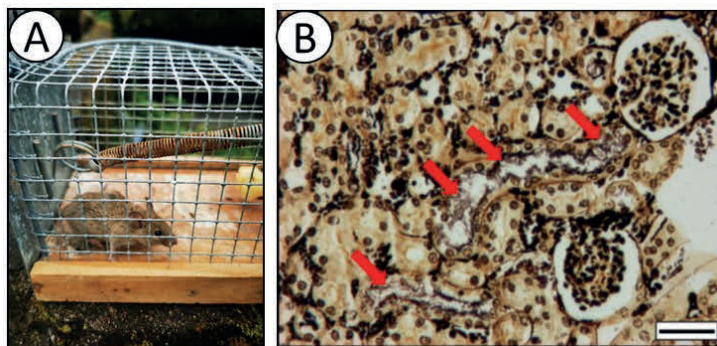


Figura 2 - A- Captura de ratinhos *Mus musculus*; B -Espiróquetas de *Leptospira* no interior dos túbulos renais (Setas vermelhas); escala=25µm.

Considerando que a ilha de S. Miguel apresenta intensa produção agrícola e pecuária, abundância de ribeiras, charcos e solo húmido, há uma enorme diversidade e quantidade de ambientes propícios ao crescimento das populações de roedores. Assim sendo, a Leptospirose é considerada uma doença profissional/ocupacional, afetando principalmente agricultores, veterinários, trabalhadores de matadouros, saneamento básico e construção civil. Atualmente, também tem sido associada a atividades recreativas como desportos com grande exposição e contacto prolongado com água, como o stand up padlle. No entanto, o estudo da Universidade dos Açores aponta igualmente um risco acrescido de contrair Leptospirose para os utilizadores de zonas de lazer, tais como o Pinhal da Paz, onde normalmente as famílias, incluindo crianças e animais, de forma despreocupada/relaxada e desprotegida usufruem de uma natureza aparentemente inócua. Assim, sugere-se que as áreas de lazer (parques e merendários, entre outras) sejam objeto de atenção especial em termos de controlo das populações de roedores, uma vez que aí são deixados muitos restos de alimentos.

Considerando tudo isto, existe uma urgente necessidade de prevenção da Leptospirose pelo controlo eficaz das populações de roedores no Arquipélago dos Açores, com amostragem e monitorização da taxa de infeção, assim como a necessidade de prevenção de infeção da população humana, através da comunicação eficaz e adequada com os grupos de risco, encorajando a utilização de equipamentos de proteção pessoal (luvas, óculos, avental, botas, etc...) sempre que necessário

Resíduos de leite como fonte promissora e sustentável de matérias-primas para o tratamento de feridas diabéticas

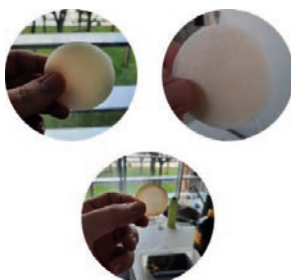
Rogério Medeiros

23 de junho de 2024

Every year, 29 million tonnes of dairy products are wasted globally. The Azores produce a third of Portugal's milk, but this sector has a significant environmental impact. Discarded milk contains valuable bioactive components, such as casein and growth factors, with therapeutic potential. An ongoing PhD research project explores the use of these components in innovative hydrogels to treat diabetic wounds, an urgent priority in the Azores, which has the highest diabetes mortality rate in Europe. This sustainable approach transforms waste into a medical solution, reducing waste, hospital costs and improving patients' quality of life.

Todos os anos, cerca de 29 milhões de toneladas de produtos lácteos são descartadas em todo o mundo, segundo a ONU, para a Alimentação e Agricultura. Esse desperdício, representando 20% da produção total, ocorre em várias etapas da cadeia produtiva: produção, transformação, transporte, comercialização e consumo. Na produção, o leite desaproveitado pode vir: da contaminação por medicamentos usados no tratamento de animais, da presença de células somáticas ou das alterações de pH.

Os Açores são responsáveis por cerca de um terço da produção de leite de Portugal (600 milhões de litros). Embora este setor seja crucial para a economia regional, também contribui significativamente para o impacto ambiental.



O leite descartado pode ser uma fonte valiosa de matérias-primas. Rico em proteínas, possui vários componentes bioativos com propriedades proficuas. Neste sentido, a caseína, principal proteína do leite, é um bioativo promissor para o tratamento de feridas, tendo presente que pode reduzir a concentração de citocinas inflamatórias. Além disso, contém fatores de crescimento, compostos fundamentais na regeneração de feridas.

O aproveitamento das propriedades dos componentes do leite descartado pode constituir maior valor e sustentabilidade, transformando um resíduo numa oportunidade. Este é o principal objetivo do doutoramento do aluno Rogério Medeiros, financiado pelo Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia (FRCT). Sob a orientação da Doutora Raquel Galante, do CIMPA - Centro de Inovação em Materiais e Produtos Avançados, e coorientação da Professora Helena Cristina Vasconcelos da Universidade dos Açores, o projeto integra o FCT "Milk4WoundCare" e visa desenvolver soluções sustentáveis para o tratamento de feridas diabéticas, utilizando para tal agentes ativos derivados do leite.

Porquê a diabetes? Esta é uma doença com alta prevalência global que afeta 9,3% da população mundial, com projeções de aumento para 10,9% até 2045. Nos Açores, a taxa de mortalidade por diabetes é a mais alta da Europa, tornando-se relevante usar resíduos de leite para tratar feridas diabéticas.

Um dos maiores desafios no tratamento de feridas crónicas reside na cicatrização lenta. Pessoas com diabetes frequentemente sofrem de problemas circulatórios e neuropatia, o que pode reduzir o fluxo sanguíneo e a sensibilidade dos nervos nas extremidades. Além disso, níveis elevados de glicose no sangue podem, também, comprometer a resposta imunitária, tornando as feridas mais suscetíveis a infeções.

Os custos económicos e sociais do tratamento de feridas diabéticas são muito elevados, envolvendo cuidados médicos intensivos, hospitalizações, medicamentos caros e, em muitos casos, amputações. As feridas diabéticas podem resultar na perda de produtividade laboral, invalidez e redução significativa na qualidade de vida dos pacientes, impondo uma carga financeira substancial aos sistemas de saúde pública e às economias locais e nacionais. Esses fatores tornam a gestão de feridas diabéticas uma prioridade urgente, justificando-se por aí a necessidade de soluções inovadoras que tratem estas feridas com maior eficácia e menor custo.



Vários estudos presentes na literatura enaltecem os hidrogéis como uma excelente alternativa relativamente aos atuais métodos utilizados no tratamento de feridas crónicas. Por serem transparentes, facilitam a observação das feridas *in loco*; podem mimetizar a pele humana, facilitando, com a incorporação de fatores de crescimento, as trocas de agentes de cicatrização entre o penso e a ferida; e possibilitam a absorção do exsudado da ferida, mantendo a quantidade ideal de humidade e permitindo a remoção fácil e indolor do penso.

Dado o vasto conjunto de características positivas dos hidrogéis e dos agentes ativos do leite, o projeto de doutoramento focar-se-á na extração de agentes ativos de leite impróprio para consumo (fatores de crescimento e proteínas como a caseína) e na sua incorporação em hidrogéis. Estes serão testados quanto ao seu potencial de cicatrização para facilitar o tratamento de feridas crónicas, que se apresentam como um processo complicado a merecer urgente intervenção a nível global.

A colaboração entre empresas, como o CIMPA, e universidades é crucial para o desenvolvimento de soluções inovadoras, pois une o conhecimento académico de ponta com a capacidade de aplicação prática. Este tipo de parceria não só acelera a descoberta de tratamentos e tecnologias que melhoram a saúde pública, mas também facilita a entrada no mercado de novas soluções, tornando-as mais acessíveis e rapidamente disponíveis para a população.

Conteira

Transformando rizomas em cabedal sustentável.

Telmo Eleutério

15 de setembro de 2024

Animal leather, historically essential, harms the environment through livestock farming, gas emissions and toxic tanning processes. Sustainable alternatives are emerging: vegetable leathers made from agricultural waste such as pineapple, fruit and bark. The Azores are exploring a unique opportunity with *Hedychium gardnerianum*, an abundant invasive species whose fibrous rhizomes have been transformed into new vegetable leathers. The prototypes developed have a natural colour, flexibility and mechanical properties comparable to commercial leathers. Although they still lack superior durability, these sustainable materials promote regional biodiversity, reduce waste and offer ethical alternatives to conscious consumers.

Desde os primórdios, o cabedal ou couro teve um papel fundamental na história da humanidade. No passado, quando a espécie humana ainda era caçador-coletor, utilizavam as peles dos animais para criarem vestuário e abrigos rudimentares, com intuito de se protegerem dos fenômenos naturais. Desde então, e até à revolução industrial, as peles de animais eram tratadas em curtumes vegetais com taninos, criando couros mais grossos e rígidos. Com a industrialização, foi desenvolvido um novo método de curtume com crómio, que permitiu desenvolver cabedais de melhor qualidade. Atualmente, o cabedal é utilizado em várias indústrias, sendo as principais a têxtil, mobiliária e automóvel. Ainda assim, a produção de cabedal de origem animal é frequentemente criticada devido ao seu impacto ambiental significativo. Mas qual é a razão para isso? O ciclo de produção do couro animal começa com a criação de gado, o que contribui para a desflorestação, para as emissões de gases com efeito de estufa, e requerem consideráveis quantidades de água e alimentação. Segundo a Organização para a Alimentação e a Agricultura das Nações Unidas (FAO), a pecuária, que apoia a indústria do couro, é responsável por quase 14,5% das emissões globais de gases com efeito de estufa. Para além disso, as metodologias industriais de curtume de peles animais recorrem a óxido de crómio III (Cr_2O_3), uma substância tóxica para o ambiente, uma vez que, afeta negativamente a atividade metabólica das plantas, prejudicando o seu crescimento. Por último, a versatilidade deste material faz com que este seja extensivamente utilizado em várias indústrias, criando uma pressão significativa em todo o ciclo de produção, exacerbando os problemas mencionados. Tendo isto em conta, e à medida que a sociedade se tornou mais consciencializada para os problemas ambientais, os fabricantes iniciaram a procura por materiais alternativos com propriedades semelhantes encontrados no cabedal, mas que sejam sustentáveis, amigos do ambiente e alinhados com os padrões éticos modernos. Assim, uma nova onda de cabedais alternativos proliferou, entre os quais os couros vegetais.

Apesar do nome, o couro vegetal não se refere a “pele” de plantas curtidas, mas sim a materiais de origem vegetal (produzidos a partir de folhas, caules, rizomas ou frutos) que possuem características semelhantes às do couro de origem animal. Atualmente, já podemos encontrar alguns exemplos desses materiais no mercado, como o Piñatex™, um couro vegetal feito a partir de um subproduto da produção de ananás, as folhas; ou o FruitLeather™ e o VegaTex™, que utilizam frutas estragadas ou cascas de frutas para criar cabedal. Estes exemplos, promovem a valorização económica e redução do desperdício de resíduos agrícolas, a diminuição da pegada do carbono, minimizam a crueldade contra os animais e proporcionam opções sustentáveis aos consumidores ecologicamente conscientes. Mas, embora os couros alternativos estejam a ganhar força no mercado e entre os consumidores, ainda enfrentam alguns desafios. O couro de origem animal é conhecido pela sua durabilidade e apelo intemporal, qualidades que os couros alternativos ainda estão a trabalhar para igualar. Os cabedais de origem vegetal, por exemplo, ainda não são muito duradouros, comparativamente aos de origem animal, o que limita a sua utilização em aplicações de elevado desgaste.

A *Hedychium gardnerianum*, também conhecida como conteira, rubim ou cana-roca, é uma espécie invasora em diversas regiões do planeta incluindo o nosso Arquipélago.



Figura 1 - Esquema de transformação de *Hedychium gardnerianum* (Conteira) em Cabedal Vegetal.

É uma espécie muito abundante estando presente na maioria dos habitats regionais, constituindo uma ameaça para a biodiversidade da região. Por este motivo, ocorrem diversas ações de controlo desta espécie, promovidas pelo Governo Regional dos Açores, que geram toneladas de resíduos vegetais, sendo grande parte desta biomassa composta pelos rizomas. O rizoma desta espécie apresenta-se como um material fibroso, com potencial para o desenvolvimento de materiais sustentáveis, no entanto, este potencial ainda não foi estudado. Por isso, a nossa equipa iniciou um projeto exploratório para desenvolver um novo cabedal vegetal a partir de rizomas de *H. gardnerianum* (Figura 1). Utilizámos técnicas para criar materiais e couros sustentáveis, caracterizámos biopolímeros e bioplastificantes, e começámos a produzir várias amostras desses materiais. Após a obtenção dos primeiros protótipos, foram analisadas as suas propriedades e selecionados os protótipos mais promissores.



Figura 2 - Protótipos de Cabedal Vegetal de *Hedychium gardnerianum* (Conteira).

As metodologias dos protótipos selecionados foram otimizadas e replicadas, levando à criação das últimas iterações dos materiais (Figura 2). Estes couros de *H. gardnerianum*, apresentam uma tonalidade natural, são maleáveis, flexíveis, com grossuras variáveis, e com propriedades mecânicas e térmicas semelhantes a outros couros de origem vegetal comerciais. Porém, serão necessárias mais análises até este material estar preparado para entrar o mercado, não obstante, este novo material sustentável apresenta resultados promissores para se posicionar como uma alternativa viável aos couros de origem animal.

Aplicação de ingredientes endógenos dos Açores na cosmética

Mariana Viveiros

8 de dezembro de 2024

Natural plants provide compounds with growing cosmetic potential to combat skin ageing. The Azores, with its exuberant biodiversity, offers valuable sustainable resources. *Laurus azorica* (Laurel) and *Morella faya* (Beech), endemic Azorean species traditionally used in wound and hair care, are being studied in a PhD project to assess their anti-ageing potential. Extracts from these plants will be incorporated into innovative cosmetic formulations by the company Phytosphaera Azorica. The project will enhance the value of Azorean flora by developing new natural dermocosmetic products, creating commercial opportunities and encouraging conscious and regulated preservation policies for these species.

Os produtos naturais, principalmente extraídos de plantas, são amplamente utilizados na medicina tradicional e têm-se revelado cada vez mais importantes tanto a nível científico como industrial. De facto, as plantas têm enorme importância no fornecimento de compostos com estruturas químicas diversas e potenciais efeitos biológicos, que vão muito além do seu valor nutricional, sendo excelentes pontos de partida para o desenvolvimento de aditivos alimentares, medicamentos, e principalmente produtos cosméticos.

A procura de produtos cosméticos que ajudam a combater o envelhecimento tem vindo a aumentar, de modo a reduzir os efeitos que se observam na pele com o passar do tempo como rugas, perda de elasticidade e manchas. Cada vez mais os ingredientes funcionais dos variados produtos no mercado, das mais diversas marcas de produtos cosméticos, são provenientes da natureza.

As ilhas dos Açores são conhecidas pela sua natureza exuberante e biodiversidade, sendo possível uma exploração sustentável de recursos naturais para o desenvolvimento de produtos de valor acrescentado. O desenvolvimento de cosméticos com ingredientes dos Açores permite assim valorizar os recursos naturais existentes, associando-os a uma origem comprovadamente natural, cada vez mais procurada pelos consumidores.

Laurus azorica (Seub.) Franco e *Morella faya* (Aiton) Wilbur são duas espécies de plantas pertencentes às florestas de Laurissilva.

Laurus azorica (Figura 1), mais conhecido como “Loureiro”, “Louro-da-terra” ou “Louro-dos-Açores”, é uma espécie endémica dos Açores que, tradicionalmente, era usada em todas as ilhas como tempero na culinária. Quando queimado, o louro era usado como desinfetante. O óleo das bagas maduras servia para tratar feridas, sendo também usado na iluminação.



Figura 1 - *Laurus azorica*

Por sua vez *Morella faya* (Figura 2), conhecida por “Faia”, “Faia-da-terra” ou “Faia-das-ilhas”, é nativa das ilhas dos Açores, Madeira e Canárias. Nas Sete Cidades era usada tradicionalmente para aplicação em feridas, misturando, ou não, a cataplasma das sementes queimadas com azeite. Também era utilizada a decocção das folhas no couro

cabeludo, de modo a promover o fortalecimento do cabelo, podendo igualmente ser ingerida de modo a aliviar dores nas pernas e dores abdominais.



Figura 2 - *Morella faya*

Há poucos estudos acerca da composição química e das atividades biológicas destas duas espécies, especialmente no que diz respeito ao seu potencial cosmeceútico. O projeto de doutoramento em curso, do 3CBIO da Universidade dos Açores, pretende avaliar o potencial antienvhecimento de *Laurus azorica* e *Morella faya*. Para atingir este objetivo, têm sido feitas recolhas de amostras das duas espécies para obtenção de extratos, identificação de compostos bioativos e avaliação do seu potencial antienvhecimento através de ensaios biológicos *in vitro* (ex.: atividades antioxidantes). E uma vez que este projeto de doutoramento é realizado em parceria com a empresa Phytosphaera Azorica, com atividade industrial no setor da formulação cosmética, vão ser desenvolvidas formulações cosméticas (cremes, emulsões, séruns, bálsamos e outras), de modo a incorporar os extratos, dos compostos ativos identificados, obtidos de *Laurus azorica* e *Morella faya*, obtendo-se assim um produto cosmético final.

O estudo apresentado vai permitir que haja um melhor e maior conhecimento acerca da composição química destas espécies nativas da flora dos Açores, sendo possível identificar compostos que tenham potencial no que toca a aplicações na área da cosmética. Serão ainda desenvolvidas novas técnicas com este projeto de investigação, a fim de incluir ingredientes naturais dos Açores em fórmulas de dermocosmética, o que permitirá uma inserção de novos produtos no mercado e formará um ponto de partida na fabricação e venda dos extratos como ingredientes para cosméticos.

Por fim, os conhecimentos desenvolvidos permitirão alertar acerca do valor e do potencial das espécies *Laurus azorica* e *Morella faya* a nível social e económico, para além do seu valor ecológico, contribuindo igualmente para que sejam desenvolvidas políticas regionais que garantam a sua preservação, cultivo e utilização de forma consciente e regulada.

À procura de valor acrescentado

Na extração é que está o ganho

Maria C. Barreto

22 de dezembro de 2024

Agricultural biomass and seaweed from the Azores represent both an environmental problem and an economic opportunity. Plant waste contains valuable compounds such as bromelain and polyphenols, justifying advanced extraction. Traditional methods are slow, energy-intensive and toxic. Innovative alternatives such as supercritical extraction with carbon dioxide, ultrasound and microwaves are fast, efficient and environmentally responsible. Azorean researchers have obtained excellent results with seaweed, producing extracts with different cosmetic properties. Optimising these methodologies transforms waste into high added-value products, creating business opportunities and skilled jobs in the region.

Um dos grandes problemas com que nos deparamos atualmente é o destino a dar às enormes quantidades de biomassa resultantes da atividade agrícola, da indústria agroalimentar, e dos arrojamentos massivos de algas marinhas que cada vez mais aparecem nas costas das nossas ilhas. Podemos pensar nessa biomassa como um problema ambiental, uma vez que consiste em resíduos que é necessário tratar e eliminar, ou, numa perspetiva mais positiva, como uma mais-valia e fonte de riqueza.

Se pensarmos no aproveitamento desses biomateriais, pelo menos no que diz respeito a restos de origem vegetal, o mais simples é a sua utilização em compostagem, destinando-se esse composto essencialmente a hortas e jardins. No entanto, alguns destes resíduos contêm quantidades apreciáveis de substâncias de elevado valor acrescentado, justificando uma abordagem que contribua para uma valorização muito mais significativa do seu potencial económico. Como exemplos podemos pensar na extração de bromelaína, com forte atividade anti-inflamatória, a partir de resíduos dos ananases utilizados para fazer compotas e licores, ou na extração de polifenóis e outros antioxidantes a partir de cascas de banana. Mas podemos pensar noutros exemplos, em que vamos à procura de compostos que já têm aplicações e valor conhecidos - e porque não encontrar novas substâncias e aplicações?



Figura 1 - Biomassa de algas na Praia do Pópulo

É assim do maior interesse desenvolver métodos de extração dirigidos à obtenção de produtos de alto valor acrescentado, já conhecidos ou novos, quer em termos de estrutura quer de novas aplicações.

Os métodos de extração tradicionais recorrem frequentemente ao uso de solventes, são demorados e consomem grandes quantidades de energia. Os solventes são muitas vezes tóxicos para o ambiente e para o ser humano, carecem de tratamento próprio, frequentemente dispendioso, e podem deixar resíduos no produto final. Nos últimos anos têm vindo a ser desenvolvidos métodos alternativos, que são mais rápidos, consomem menos energia, utilizam solventes pouco tóxicos ou reduzem drasticamente a sua quantidade, têm excelentes rendimentos e são mais seletivos que os métodos tradicionais.

Um destes métodos é a extração supercrítica, que utiliza fluidos como o dióxido de carbono numa conjunção de condições de pressão e temperatura que otimizam a

extração e não deixam resíduos. Este método é já utilizado para a remoção da cafeína dos grãos de café, sendo tão seletivo que preserva as substâncias que lhe conferem o aroma e o sabor.

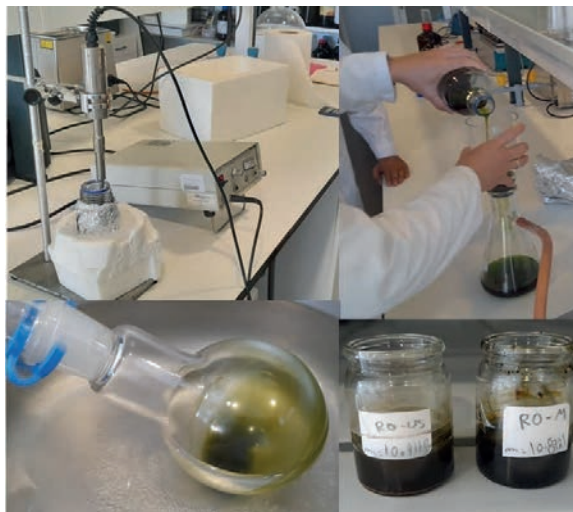
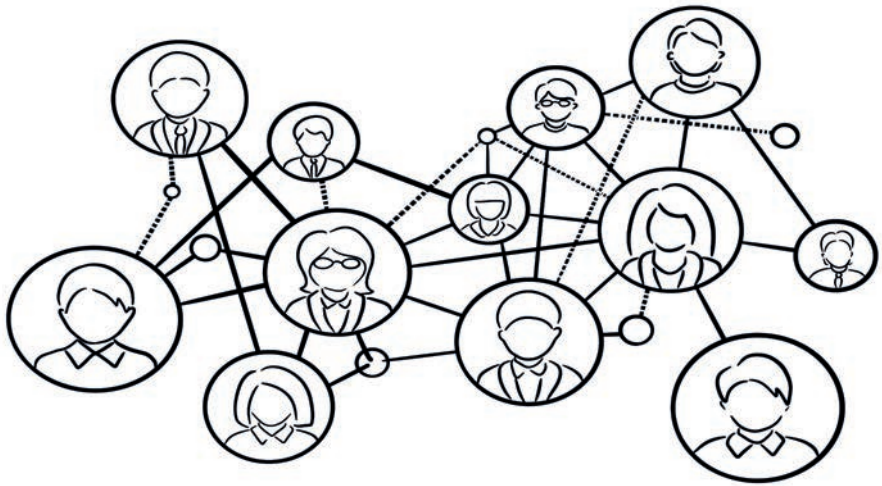


Figura 2 - Extração assistida por ultrassons

Outro método recorre aos ultrassons, um processo de extração que se baseia na ação de ondas mecânicas de baixa frequência, que provocam o crescimento e implosão das designadas “bolhas de cavitação”, que colapsam e provocam a erosão e a rotura das partículas sólidas presentes no meio, proporcionando uma boa eficiência de extração. A investigação do Grupo “Natural Products and Applications” do ce3c-CHANGE / Grupo de Biodiversidade dos Açores obteve excelentes resultados preparando extratos de algas marinhas com este método, em intervalos de tempo curtos e com quantidades reduzidas de solvente. O mesmo grupo de investigação comparou este método com outro que recorre às micro-ondas, que graças à sua capacidade de aquecer rapidamente uma mistura de solventes permitem uma rápida extração de compostos, incluindo substâncias termicamente instáveis. Cada um destes métodos permitiu obter extratos em pouco tempo, com características diferentes – uns eram melhores a proteger a pele contra a perda de elasticidade, enquanto outros permitiam combater a formação de manchas de melanina. Assim, escolhendo o método, conseguimos obter extratos com utilidades diferentes, apesar de se partir da mesma matéria-prima.

O desenvolvimento e otimização de métodos de extração específicos e “amigos do ambiente” por gastarem pouca energia e reduzir ou evitar o uso de solventes, dirigidos a estas grandes massas de resíduos, permite transformar um problema numa mais-valia, contribuindo para novas oportunidades de negócio e para a criação de postos de trabalho qualificados.



Ciências Sociais

UAc lidera equipa de estudo sobre a pobreza em Portugal

Fernando Diogo

20 de fevereiro de 2022

The University of the Azores led the latest major study on poverty in Portugal, supported by the Francisco Manuel dos Santos Foundation. Based on national statistical data and dozens of interviews, the team sought to answer a central question: who are people living in poverty and how do they live? The study identified four main profiles — pensioners, precarious workers, unemployed people and working poor — showing the diversity of life trajectories. The results, published in several open-access books, offer new insights to improve public policies and the debate on poverty in the country.

A Universidade dos Açores, através do Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA.UAc/CICS.UAc) liderou o último grande estudo sobre a pobreza em Portugal, cujos últimos resultados acabam de ser publicados na página web da Fundação Francisco Manuel dos Santos (entidade contratante). Este estudo contou com onze investigadores de diversas áreas disciplinares e de várias universidades e centros de investigação nacionais. Os seus primeiros resultados foram tornados públicos no início de 2021 e tiveram um profundo impacto na comunicação social e no debate político. No entanto, o essencial respeita ao acréscimo de conhecimento sobre a pobreza em Portugal assim desenvolvido, permitindo conhecer melhor o problema e preparar melhores políticas públicas para lidar com a questão. Neste artigo retomamos o que escrevemos para o programa Fronteiras XXI da RTP2 para apresentar um esboço dos principais resultados do estudo.

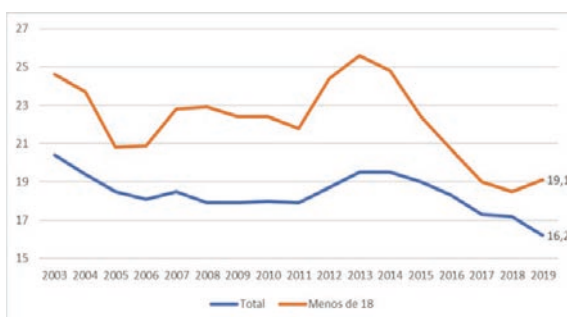


Figura 1 - Taxa de risco de pobreza em Portugal (2003-2019) (Fonte: INE, ICOR)

A pobreza em Portugal é um dos principais desafios ao desenvolvimento do país. Esta afirmação fundamenta-se, em primeiro lugar, no elevado número de indivíduos nessa situação. Desde 2003, com muitas oscilações, este número situa-se à volta dos 18%. Quase um quinto da população nacional. Além disso, a pobreza está associada a diversos efeitos sistémicos que a condicionam e reproduzem. É difícil estabelecer as relações de causa e efeito destes efeitos sistémicos, simplesmente conseguimos perceber que estão associados à pobreza: referimo-nos a questões nas áreas da saúde, da educação, do emprego, da cidadania, da regulação do estado (como a relativa incapacidade de dominar a economia paralela ou os vínculos laborais à margem da lei), das políticas públicas (como as transferências de rendimentos ou a conciliação trabalho-família), da produtividade, da especialização produtiva da economia portuguesa (em setores de atividade onde se paga mal e onde a economia paralela é importante, como a construção civil ou o turismo). Apesar de ser um fenómeno muito relevante, o que sabemos sobre a pobreza em Portugal não é muito. O problema é complexo, o número de investigadores que o trabalha de forma sistemática é pequeno e as estatísticas e estudos são poucos e relativamente recentes. O estudo ora apresentado teve como ponto de partida uma questão simples: quem são e como vivem as pessoas em situação de pobreza em Portugal? Neste trabalho foram identificámos quatro grandes perfis de pobreza. Os perfis têm como base a condensação

dos dados do Inquérito às Condições de Vida e Rendimento (ICOR-EUSILC) do INE em confronto com a literatura existente sobre a pobreza em Portugal. Num primeiro momento permitiram identificar em traços largos as características da pobreza para, de seguida, se traduzirem em entrevistas semi-diretivas. Com estas entrevistas aprofundámos conhecimento sobre as diferentes formas de viver a pobreza em Portugal, olhando para os percursos de vida de quem se encontra nessa situação. Para o fazer realizámos um cuidadoso processo de seleção dos nossos entrevistados, de forma a garantir na prática a diversidade de percursos que antevimos nos dados estatísticos. O estudo foi publicado no livro *A pobreza em Portugal, trajetões e quotidianos* e um resumo no livro *Faces da pobreza em Portugal*, ambos disponíveis em PDF no site da fundação.

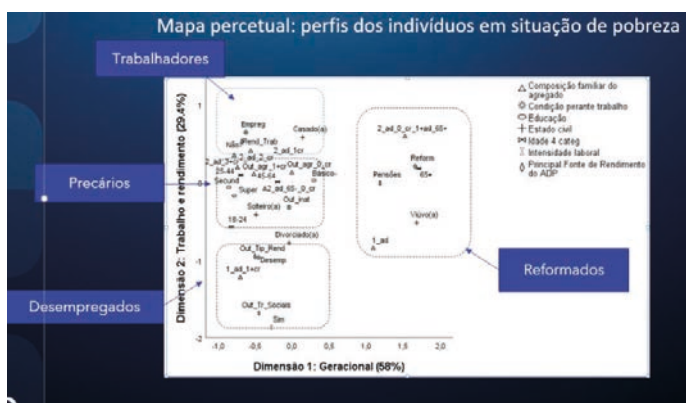


Figura 2 - Perfis dos indivíduos em situação de pobreza (Fonte: Diogo *et al.*, 2021).

Mais recentemente foram acrescentados quatro novos livros (já disponíveis no website da Fundação), cada um aprofundando um dos perfis de pobreza encontrados: reformados, correspondendo sensivelmente a um quarto de todos os pobres adultos em Portugal (27,5%); precários, compreendendo outro quarto (26,6%); desempregados, o perfil mais pequeno com pouco mais de dez por cento dos casos (13,0%) e, finalmente, os trabalhadores, com um terço do total (32,9%). Nos livros estes perfis são apresentados de forma detalhada, no que respeita às suas características, aos aspetos comuns entre os vários perfis bem como se identificam trajetórias de vida e as várias formas de viver em situação de pobreza, destacando-se questão como a infância, o percurso escolar, a transição escola-trabalho, a conjugalidade, o mundo do trabalho, a relação com os sistemas de proteção (formais e informais), a perceção de si como pobre ou as aspirações em relação ao futuro.

Inteligência artificial, crime e justiça no séc. XXI

Luís M. Gomes, Pedro M. Freitas

12 de junho de 2022

Shoshana Zuboff, a Harvard researcher, warns of a new type of capitalism that thrives on digital surveillance: surveillance capitalism. In this model, the data generated by our online behaviour has become the most valuable resource, feeding tech giants such as Google and Meta. Artificial intelligence has intensified this phenomenon, facilitating the massive collection and analysis of information. Although privacy tools attempt to protect users, they can also be used for criminal purposes. In a world where digital crimes know no borders, only international cooperation can guarantee security and justice without sacrificing fundamental rights.

Shoshana Zuboff, uma prestigiada académica americana da Harvard Business School, tem alertado para o surgimento de uma nova era do capitalismo baseado na vigilância das pessoas. É um capitalismo que, em vez de recursos naturais e trabalho humano, se nutre de dados, que são gerados pelos nossos comportamentos no ciberespaço. Ou melhor, pela vigilância do que fazemos quando estamos online. E é um negócio muito rentável, que é o centro de gravidade financeiro global para empresas como a Alphabet (onde se inclui a Google) ou a Meta (empresa mãe do Facebook, Instagram e Whatsapp). A inteligência artificial veio agudizar este fenómeno. O vertiginoso desenvolvimento recente da Inteligência Artificial (IA), que até ao início dos anos 2000 permanecia muito circunscrito ao ambiente académico, militar e aos laboratórios de I&D, com especial destaque para aqueles situados nos Estados Unidos e no Japão, torna a vigilância em massa mais fácil. A IA, depois de um percurso de várias fases, que se iniciou durante a segunda guerra mundial, hoje é um dos motores de desenvolvimento tecnológico, com uma abrangência e impacto transversal, proveniente da sua natureza especulativa em várias áreas tais como a filosofia, a matemática, a economia, as neurociências, a psicologia, a medicina, a biologia, a linguística. Podemos dizer, por isso, que a IA é o motor deste novo capitalismo, cujo combustível são os dados.



Neste contexto compreende-se facilmente a razão pela qual muitos procuram mais privacidade no ciberespaço. Usando uma VPN, emails temporários ou máquinas virtuais, para dar alguns exemplos, torna-se um pouco mais difícil traçar o rasto digital de alguém. Mas há um reverso da medalha. A privacidade pode, de facto, ser um objetivo de pessoas que querem deixar de ser simples geradores de dados e conteúdos que, mais tarde, serão rentabilizados pelas grandes empresas tecnológicas. Porém, a privacidade e o anonimato podem igualmente ser abusados por quem quer praticar crimes no ciberespaço. Ou seja, o anonimato tanto é uma ferramenta imprescindível para o exercício de direitos fundamentais, como a liberdade de expressão, como configura um instrumento para camuflar a prática de crimes. Daí resulta uma enorme dificuldade: como se compatibiliza a proteção de direitos fundamentais, como o direito à reserva da intimidade da vida privada e familiar ou a liberdade de expressão, com a exequibilidade da investigação criminal?

A investigação criminal de atualmente beneficia, e muito, das novas tecnologias. O Ministério Público e os órgãos de polícia criminal não poderiam desempenhar as suas

funções no mundo atual sem computadores, telemóveis e demais tecnologias. No entanto, essas mesmas tecnologias aumentaram enormemente as oportunidades para a prática de crimes. Milhões e milhões de pessoas, de todo o mundo, estão ligadas permanentemente à Internet. As distâncias físicas e as diferenças horárias perderam a sua importância com a omnipresença do ciberespaço. Todos estes fatores propiciam as condições para um incremento da criminalidade, agora exclusiva ou parcialmente digital, e, ao mesmo tempo, tornam mais complexa a tarefa de quem tem de investigar e punir os criminosos.



A isto se soma a incapacidade prática de os Estados responderem sozinhos a uma ameaça cada vez mais transnacional, complexa e organizada. As normas e processos penais assentam, em regra, numa lógica de territorialidade: os Estados aplicam as suas regras aos factos que acontecem no seu território. Mas, num mundo globalizado, a prática de um crime e os seus resultados podem dar-se em mais do que um país. Neste contexto, impõe-se uma resposta também ela transnacional, isto é, a atividade de investigação criminal tem de assentar num esforço conjunto de colaboração das autoridades judiciárias e policiais dos vários países. Se as distâncias e fronteiras físicas não constituem uma proteção contra a criminalidade, também não podem ser um obstáculo intransponível à sua investigação.

InUAc

Uma incubadora de empreendedorismo e transferência de conhecimento nos Açores

Deborah Estima, Carlota Dâmaso, Henrique Carreiro

19 de fevereiro de 2023

The University of the Azores, ‘Azorean by nature and universal by mission’, has in InUAc — Technology-Based Business Incubator — a driver of regional innovation. Created in 2020, InUAc transforms academic knowledge into economic and social value, supporting entrepreneurship in areas such as tourism, technology, and aquaculture. It offers incubation, mentoring and training programmes for those who want to develop business ideas or create start-ups. With projects already underway, it strengthens the link between the University and the business community, promoting smart and sustainable growth for the future of the Azores.

“Açoriana por natureza, Atlântica por geografia e vocação e Universal por missão” assim é caracterizada a Universidade que transporta consigo um papel fundamental para o desenvolvimento do arquipélago dos Açores e que tem funcionado como um dos pilares essenciais para crescimento económico e para a autonomia da Região, tornando-se um dos maiores contributos para a qualificação dos açorianos. É em contexto de desenvolvimento regional, de mudança de paradigma e mentalidades que, em 2020, ergue-se a Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade dos Açores, a InUAc, colmatando aquela que é a terceira missão das universidades: a de criação de valor. Além do ensino e da investigação pretende-se, em contexto universitário, transformar o potencial de inovação académico em valor económico e social.



A missão da InUAc pretende promover e implementar atividades que estimulem a comunidade académica para o processo de transferência tecnológica, para o empreendedorismo e para a criação de empresas, em estreita ligação com o tecido empresarial regional e a sociedade em geral. De forma a alcançar a missão da InUAc, são disponibilizados um conjunto de serviços que visam a valorização do conhecimento e da inovação produzido na Universidade dos Açores, através de um leque de atividades de apoio à inovação e ao empreendedorismo de base tecnológica, nomeadamente nas áreas de propriedade intelectual, criação de Startups e Spinoffs, organização de programas de ideação ou aceleração e, ainda, formação e capacitação orientada para o empreendedorismo e inovação. O objetivo é promover dinâmicas que criem valor com base no conhecimento criado pela UAc, transformando os resultados da investigação em valor social e económico.

A Incubadora dispõe, também, de infraestruturas e serviços que suportam a sua missão, estreitando a ligação entre a academia e o tecido empresarial, através do Programa de Incubação InUAc, de carácter físico ou virtual, e, em simultâneo, com o apoio de uma bolsa de mentores em áreas de expertise específicas, conforme as necessidades de cada projeto empreendedor, e igualmente estratégicas para a Região. Este Programa de Incubação está aberto a todos os interessados que pretendam desenvolver uma ideia de negócio ou alavancar um projeto. A candidatura ao Programa de Incubação InUAc decorre mediante inscrição, sendo, posteriormente, alvo de análise por parte de um júri

especialista na área do projeto em questão. Não obstante, e tendo por base as competências e valores da InUAc, o principal domínio de atuação está estruturado em três eixos: estimular o empreendedorismo qualificado e inovador; fomentar a valorização e a transferência de conhecimento para o mercado; e atuar em proximidade e cooperação com o ecossistema empreendedor. Preparada para acolher qualquer empreendedor, ou grupo de empreendedores, em qualquer fase de desenvolvimento da ideia de negócio, a InUAc utiliza este domínio de atuação com o propósito de potencializar o ecossistema empreendedor dos Açores, para os Açores e para o mundo.



Em 2023, a InUAc conta com sete projetos incubados, em áreas distintas como turismo, tecnologias de informação e comunicação, aquacultura, geologia, nutrição e apicultura, usufruindo de todos os serviços e equipamentos para desenvolverem os seus projetos e criarem, no futuro, empresas com a marca UAc, perpetuando o papel fundamental da UAc na valorização e transferência de conhecimento.



Neste âmbito, independentemente do percurso alcançado até então, existe ainda um longo caminho a fazer, em particular no que concerne à sensibilização ao nível de proteção da Propriedade Intelectual, da valorização e comercialização das tecnologias desenvolvidas pelos investigadores, bem como incentivos que apoiem a vontade das Universidades, como a Universidade dos Açores, em transformar o potencial de inovação académico em valor económico e social. É com esta finalidade, que a Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade dos Açores trabalha para valorizar e transferir o conhecimento produzido na UAc, com o objetivo de potenciar o empreendedorismo e a inovação orientados para um crescimento inteligente, inclusivo e sustentável dos Açores.

Maria: Ajuda-me, que não percebo patavina desta matéria...

Manuel: Tens cá uma lata!

Ana T. Alves

5 de março de 2023

Despite the enormous diversity of languages in the world, all of them have the ability to express negation, a fundamental property of human language. In Portuguese, negation is expressed with words such as *não* ('not') or *sem* ('without'), but also with idiomatic phrases that depend on negative contexts, such as *não perceber patavina* ('not understand a thing') or *não valer um chavelho* ('not be worth a penny'). In contrast, there are expressions that only occur in positive contexts, such as *ficar nas nuvens* ('be on cloud nine'). The former are called **Negative Polarity Items (NPIs)**, while the latter are called **Positive Polarity Items (PPIs)**.

Polarity-sensitive items are a widespread phenomenon, observed in languages from various families, which suggests that their underlying cognitive and linguistic mechanisms are a fundamental aspect of human language.

Apesar da considerável diversidade tipológica que caracteriza as línguas naturais existentes no mundo, há aspetos que são comuns a todas, os quais são apropriadamente designados por universais linguísticos. Entre estes conta-se o da negação: todas as línguas dão aos seus falantes a possibilidade da negação, o que equivale a dizer que a negação faz parte da gramática de todas as línguas (gramática universal) e é uma das propriedades nucleares da faculdade da linguagem, que é a capacidade cognitiva que permite a um ser humano com um desenvolvimento normal adquirir e usar uma língua.



Composições de Piet Mondrian

A expressão linguística da negação assume formas muito diversas, designadamente no que respeita às classes de palavras que a introduzem, que podem ser, entre outras, preposições (*sem*) advérbios (p. ex. *nunca*), quantificadores (p. ex. *nenhum*), mas nós, falantes, não temos no geral dificuldade em distinguir enunciados linguísticos negativos, como os presentes em (1) a (3), de enunciados afirmativos ou positivos, como os que vemos em (4) a (6), abaixo:

- (1) A Terra não é plana.
- (2) Ele nem sequer me cumprimentou.
- (3) A Maria saiu sem se despedir
- (4) A Terra é redonda.
- (5) Ele conversou comigo.
- (6) A Maria despediu-se de mim.

Em algumas línguas, como o português, há expressões que são sensíveis à distinção entre contexto negativo e contexto positivo, só ocorrendo ou nos primeiros (ou noutros semanticamente relacionados com estes que aqui não explorarei) ou nos segundos, e que, por isso, são designadas, por importação terminológica das ciências físico-químicas, por **itens ou expressões de polaridade negativa ou positiva**, respetivamente.

Entre as expressões de polaridade negativa contam-se algumas expressões idiomáticas, como, por exemplo, as que são sublinhadas nos enunciados abaixo:

- (7) Parece-me que ele não é grande espingarda.
- (8) Vou ter teste amanhã e não percebo pataвина da matéria.
- (9) Ele não joga com o baralho todo.
- (10) Estes jogadores não valem um chavelho.

Estas expressões, *ser grande espingarda*, *perceber pataвина*, *jogar com o baralho todo* e *valer um chavelho*, ocorrem no contexto de um operador de negação, que nos quatro casos acima é o advérbio *não*. Se suprimirmos esse operador, o contexto negativo deixa de existir e os enunciados tornam-se, como se pode ver, inaceitáveis (o que é assinalado pelo *):

- (11) *Parece-me que ele é grande espingarda.
(12) *Vou ter teste amanhã e percebo patavina da matéria.
(13) *Ele joga com o baralho todo.
(14) *Estes jogadores valem um chavelho.

Outros exemplos de expressões de polaridade negativa são ainda *chegar aos calcanhares de*, *fazer a mais pequena ideia*, *passar cartão a*, *perceber peva*, *perceber puto*, e *pregar olho*.

Em contraposição com as expressões de polaridade negativa estão as expressões de polaridade positiva, como as que se sublinham nos seguintes exemplos:

- (15) A Maria tem lata que chega para dar e vender.
(16) A miúda fez uma cena que só visto.
(17) Fiz das tripas coração e fui ao evento.
(18) Ele mal abriu a boca durante todo o jantar.
(19) Tens cá uma sorte!

Repare-se que estes enunciados se tornam inaceitáveis quando as expressões passam a ocorrer no âmbito de um contexto negativo:

- (20)* A Maria não tem lata que chega para dar e vender.
(21)* A miúda não fez uma cena que só visto.
(22)* Não fiz das tripas coração e fui ao evento.
(23)* Ele não mal abriu a boca durante todo o jantar.
(24)* Não tens cá uma sorte!

Para terminar, aqui fica um pequeno exercício sobre as expressões de polaridade negativa.

Exercício

1. Indique duas expressões idiomáticas de polaridade negativa que sejam sinónimos de não fazer nada, e uma que signifique ter muito pouco dinheiro.
2. Identifique quais das seguintes expressões idiomáticas são de polaridade negativa:
 - (i) dar cavaco
 - (ii) ferver em pouca água
 - (iii) ter mais olhos que barriga
 - (iv) dar uma para a caixa
 - (v) meter a pata na poça
 - (vi) saber a quantas anda

Soluções do exercício

1. Por exemplo: *não fazer a ponta de um corno* (Ela disse que me ajudava, mas não fez a ponta de um corno), *não mexer uma palha* (Ele não mexeu uma palha para ajudar o amigo), e *para mandar cantar um cego* (Não tenho dinheiro nem para mandar cantar um cego).
2. *dar cavaco* (Ele foi-se embora e não deu cavaco a ninguém), *dar uma para a caixa* (A Maria tentou aprender piano, mas não deu uma para a caixa) e *saber a quantas anda* (Ela já nem sabe a quantas anda).

Noite Europeia dos Investigadores

Susana Cabral, Rita F. Patarra, Vera Gouveia, André Ruela, Filipa Silveira,
Paulo Amaral, João F. Santos, Carolina Costa, João P. Constância

1 de outubro de 2023

European Researchers' Night is an annual event that brings scientists and citizens together, celebrating science in an accessible and inspiring way. Created in 2005 by the European Commission, it takes place on the last Friday of September in dozens of countries. In the Azores, it has been organised since 2009 by Expolab and regional partners, with activities involving all ages — lectures, experiments, games and conversations with researchers. More than just a night, it is a celebration of curiosity that shows how science contributes to our daily lives and encourages young people to pursue scientific careers.

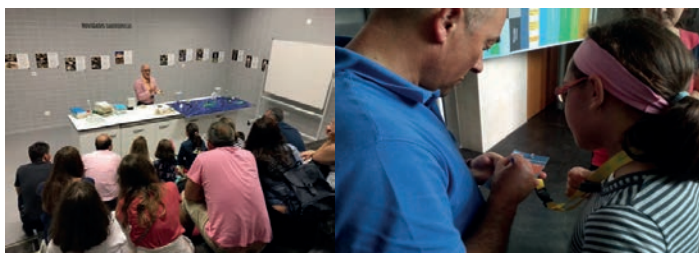
A Noite Europeia dos Investigadores (NEI), tradução de "European Researchers' Night", é um evento anual que teve início em 2005, como parte do programa Europeu Horizonte 2020. O evento foi criado com o objetivo de aproximar o público em geral dos cientistas e a investigação que desenvolvem, e promover o interesse pela ciência e pelas carreiras científicas. A Noite dos Investigadores, ocorre sempre na última sexta-feira de setembro e assinala-se em várias cidades europeias. Em 2023, foi celebrada a 29 de setembro em 26 países em simultâneo¹.

A iniciativa envolve milhares de investigadores/as e as ações desenvolvidas alcançam milhões de pessoas, sendo uma oportunidade única para que, de um modo informal e acessível, cidadãos de todos os níveis etários e escolaridade descubram o mundo da ciência. Esta dinâmica cria, em toda a Europa, uma atmosfera única de celebração do conhecimento, ligando cientistas e cidadãos, num espírito comum.

Durante a NEI, as cidades enchem-se de atividades *hands-on* ou digitais, palestras, demonstrações, jogos, quizzes, conversas com cientistas, exposições e muito mais, numa miríade de temas. Desde os laboratórios de biologia até às observações astronómicas, há algo para todas as curiosidades e públicos. Os/As cientistas estão disponíveis para responder a perguntas, explicar os seus projetos de investigação, partilhar o seu entusiasmo pela ciência e até os seus gostos e hobbies, desmistificando a imagem do que é ser um/a cientista.

Para além da celebração da ciência e do conhecimento, este evento destaca a importância dos/as cientistas para o nosso quotidiano, na procura de soluções para muitos dos desafios que enfrentamos, desde as alterações climáticas até a saúde pública e o desenvolvimento da tecnologia. A NEI promove, deste modo, o aumento da consciencialização sobre a relevância da ciência, bem como a importância de se apoiar a investigação e de incentivar as carreiras científicas, e inspira os mais jovens a considerar carreiras em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), como opções relevantes para o seu percurso académico e profissional.

Nos Açores, a Noite Europeia dos Investigadores comemorou-se pela primeira vez em 2009, num evento promovido pelo Expolab - Centro Ciência Viva que, desde então, tem assumido o papel de coordenador local ou de entidade parceira, ao longo dos últimos 14 anos.



As várias edições da NEI nos Açores têm sido realizadas pelos Centros de Ciência dos Açores, com o apoio do Governo Regional dos Açores, da Agência Nacional Ciência Viva

e da Universidade dos Açores. Desde 2018, passou a contar com financiamento Europeu próprio, através das Ações Marie-Curie para a Noite dos Investigadores, com o projeto Macaronight – Noite dos Investigadores da Macaronésia, que contempla múltiplas ações, ao longo de todo o ano, nos arquipélagos dos Açores, Madeira e Canárias. Desde a primeira edição, foi notória e imediata a adesão dos investigadores da Universidade dos Açores e das muitas entidades parceiras, bem como do público. Ao longo dos anos a participação e o envolvimento tem crescido de forma consistente e significativa.



A celebração da Noite dos Investigadores tem passado por vários palcos, como o Expolab, o Nonagon, a Incuba +, o Coliseu Micaelense e as Portas do Mar, com programas sempre muito diversificados e com o foco em atividades práticas, e em dinâmicas que propiciam a interação informal e descontraída. São bons exemplos a “Ciência ao Vivo”, onde investigadores partilham a bancada com os participantes ou “O Passaporte para a Ciência”, em que os mais jovens são desafiados a percorrer todos os espaços disponíveis no evento, levando-os a interpelar os investigadores com perguntas ou pedindo autógrafos, entusiasmando os mais crescidos a também participar nesta aventura de descoberta, e tudo isto enquanto ganham mais um carimbo!

No âmbito da NEI, para além da NOITE em si, são desenvolvidas diversas ações ao longo do ano, por todas as ilhas dos Açores, nomeadamente palestras, saídas de campo, feiras de ciência e até séries televisivas. Para as escolas são dinamizados também programas específicos, como “O Investigador vai à escola” ou o “Mala de ciência”.

ChatGPT passa no exame de acesso à Ordem dos Advogados no Brasil? E em Portugal?

Luís M. Gomes, Pedro M. Freitas, Nídia Moreira

24 de dezembro de 2023

Since its launch in 2022, OpenAI's ChatGPT has generated excitement and controversy. This language model, used in areas such as medicine and law, has been tested in bar exams in Brazil and Portugal. In Brazil, GPT 4 passed the theoretical test but revealed weaknesses in the practical part. In Portugal, it scored only 22.75% on the written exam, well below the required passing score. Although promising as a support tool, ChatGPT does not yet replace human legal reasoning, showing that artificial intelligence needs to evolve to master law.

Em novembro de 2022, o ChatGPT (GPT) da OpenAI gerou muitas expectativas e está a provocar uma enorme controvérsia. O GPT é dos membros mais conhecidos da família LLM (*Large Language Model*) a par do LaMDA da Google e do Bing Chat e o Copilot da Microsoft. Em Portugal, há o Albertina PT. O recurso aos LLMs está mais generalizado com a sua crescente aplicação na Medicina e no Direito. Nesta última, o GPT tem ajudado na execução de pesquisas jurídicas, na geração e revisão de documentos, na gestão de casos judiciais ou nos exames de Direito nos Estados Unidos.

Quisemos saber se o GPT passa nos exames 2023 de acesso à Ordem dos Advogados Brasileiros (OAB) e à congénere portuguesa (OAP). As questões destes exames foram submetidas ao GPT e comparadas com as respostas da OAB e OAP. Nas questões de desenvolvimento, pedimos a um especialista (humano) a sua avaliação, com base nos critérios fornecidos pela OAB e OAP. Este especialista não teve conhecimento prévio das respostas do GPT.

No Brasil

O acesso à profissão de advogado depende da aprovação num exame (artigo 8º, IV, da Lei n.º 8.906, de 4 de julho de 1994, e artigo 6º da Disposição n.º 144/2011, de 13 de julho de 2011). Este é conhecido por “Exame de Ordem” e tem duas provas: uma de questões de escolha múltipla e resposta única; uma de questões de desenvolvimento. A primeira é conhecida como prova objetiva e tem 80 questões. O examinado deve responder corretamente a, pelo menos, 50% destas questões.

Aleatória	3.5 Default	3.5 Legacy	4
29%	55%	53%	70%
Reprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Figura 1- Resultados obtidos pelo GPT na prova de escolha múltipla com resposta única

As versões do GPT obtiveram aprovação, mas o GPT 4 destacou-se com 70%. A escolha aleatória obteve apenas 29%. A segunda prova, conhecida por prova prático-profissional, o examinado redige um documento processual e responde a questões práticas de um dos seguintes domínios do Direito: Penal, Tributário, Trabalho, Empresarial, Civil, Constitucional ou Administrativo. O examinado precisa de uma classificação igual ou superior a 6 para ser aprovado.

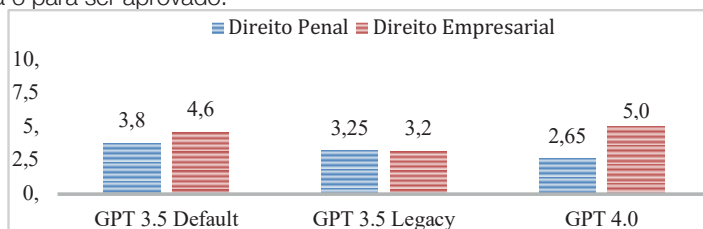


Figura 2 - Resultados obtidos pelo ChatGPT na prova prático-profissional.

Submetemos as questões aos domínios Empresarial e Penal às versões do GPT. O GPT 3.5 Legacy obtém um resultado praticamente idêntico, mas inferior aos resultados do

GPT 3.5 Default, que apresenta um melhor desempenho no Empresarial. No GPT 4, a diferença de pontuação entre as duas áreas é substancial, sendo o Empresarial melhor classificado. Apesar dos resultados positivos para as questões de escolha múltipla e resposta única, o resultado da prova prático-profissional ainda não é positivo.

Em Portugal

Após a obtenção da licenciatura em Direito (artigo 194.º do Estatuto da Ordem dos Advogados - EOA e artigo 2.º do Regulamento de Inscrição de Advogados e Advogados Estagiários - RNE), os candidatos à OAP podem inscrever-se como estagiários. No final do estágio, os candidatos devem realizar uma prova conhecida por “Prova de agregação”, que consiste numa entrevista e numa prova escrita cotada de 0 a 20 (Artigo 195.º da EOA e Artigo 28.º do RNE). A entrevista, com um peso de 40%, consiste numa discussão e análise de um relatório de estágio, bem como a resposta a questões deontológicas. Os restantes 60% estão atribuídos à classificação de uma prova escrita, composta por questões nos domínios de Prática Processo Penal, Prática Processo Civil, Deontologia Profissional, e a redação de uma peça processual.

Analisámos a prova escrita dos estágios 2020, 2021 e 2022, que decorreu em 9 de junho de 2023. Esta prova está dividida em 2 partes (artigo 30.º do RNE): a primeira é composta por 6 questões de Deontologia Profissional, 7 questões de Prática Processo Civil e 6 questões de Prática Processo Penal; a segunda envolve a elaboração de uma peça processual. Para a aprovação é necessário, pelo menos, 10 valores (artigo 28.º do RNE).

	Score	GPT 3.5	GPT 4
Criminal procedure	4.50	0.55	0.75
Civil procedure	4.50	0.45	0.70
Deontology	6.00	0.30	0.40
Procedural document	5.00	1.85	2.70
Total	20.00	3.15	4.55
		15,75%	22,75%
		Disapproved	Disapproved

Figura 3 - Resultados obtidos pelo GPT 3.5 e 4 no domínio legal

O GPT 4 obtém um resultado um pouco melhor que o GPT 3.5, respetivamente, 22.75% e 15.75% em linha com que havíamos obtido para o OAB.

Embora o GPT tenha demonstrado resultados bastante positivos em exames de Direito nos Estados Unidos, pelo menos para já, no que se refere ao direito brasileiro e português os resultados não são tão convincentes, sobretudo quando as questões não são de escolha múltipla e resposta única. O GPT e outros LLMs terão utilidade para os profissionais do direito lusófonos, enquanto instrumentos auxiliares, na execução de tarefas tecnicamente menos exigentes.

Dia nacional da visibilidade trans no Brasil

Avanços e armadilhas em duas décadas

Tatiana Clébicar

21 de janeiro de 2024

In 2024, Brazil celebrated 20 years of National Trans Visibility Day, created to promote respect and recognition for transgender people. A recent investigation conducted by the Oswaldo Cruz Foundation analysed campaigns, news reports and testimonials to understand how these identities are viewed and represented in society. The study highlighted social, cultural and political advances, but also the persistence of violence and exclusion. Despite the challenges, the visibility gained in recent decades has helped to guarantee rights and, above all, to affirm an essential principle: that transgender people should be recognised and respected as individuals.

No dia 29 de janeiro de 2024, o Brasil celebrou duas décadas do Dia Nacional da Visibilidade Trans. A data, que antecedeu a criação do International Transgender Day of Visibility em 31 de maio de 2009, foi instituída após um grupo de travestis lançar no Congresso Nacional a campanha “Travesti e respeito”, desenvolvida pelo Ministério da Saúde em articulação com as interessadas. Nesses 20 anos, as pessoas trans – que não se reconhecem com a designação de sexo que receberam ao nascer e que se identificam como transgêneros, transexuais, mulheres trans, homens trans, travestis, pessoas não-binárias entre outras identidades de gênero – têm reivindicado formas favoráveis de serem vistas na sociedade. Parte dessa história é contada na tese de doutoramento “*Transver o mundo*”: *pessoas, campanhas e notícias*, que se concentrou em materiais produzidos pelo Governo Federal, jornais e relatos de pessoas trans para entender a produção discursiva sobre o tema. Desenvolvido na Fundação Oswaldo Cruz, o trabalho baseou-se no conceito de visibilidade, usado na filosofia, na comunicação e na saúde, para investigar como as pessoas trans se dão a ver, como são vistas e como veem os olhares sobre si. Refletir sobre a visibilidade das identidades trans significou considerar o seu potencial e também a sua vulnerabilidade num período que alternou avanços e retrocessos. Estratégias políticas, culturais e mediáticas contribuíram para a melhor compreensão dessas experiências, ampliando as possibilidades de existência e a reivindicação de direitos. Movimentos sociais consolidaram a sua atuação, principalmente, nas grandes capitais do país. Na cena cultural, artistas da música, da literatura, do teatro, da TV e do cinema levaram aos palcos, aos ecrãs e aos livros histórias sobre formas plurais de estar no mundo. Nas ciências, a presença de investigadoras e investigadores trans lançou novos olhares para antigas questões. Por outro lado, permanecem variadas formas de violência física e simbólica que adoecem e matam as pessoas trans, principalmente as travestis. No Brasil, a recente conjunção de um governo explicitamente contrário a essa agenda e da pandemia da covid-19 agravou a situação.



Figura 1 - Cartaz da campanha de 2016 // Fonte: Brasil – Governo Federal

Falar com ≠ falar sobre

A pesquisa foi desenvolvida em etapas. A primeira consistiu na recolha e análise de materiais publicados entre 2004 e 2022: cartazes (Figura 1), folhetos, cartilhas, vídeos institucionais e notícias dos jornais *Folha de S.Paulo* e *O Globo* (Figura 2). Pessoas trans

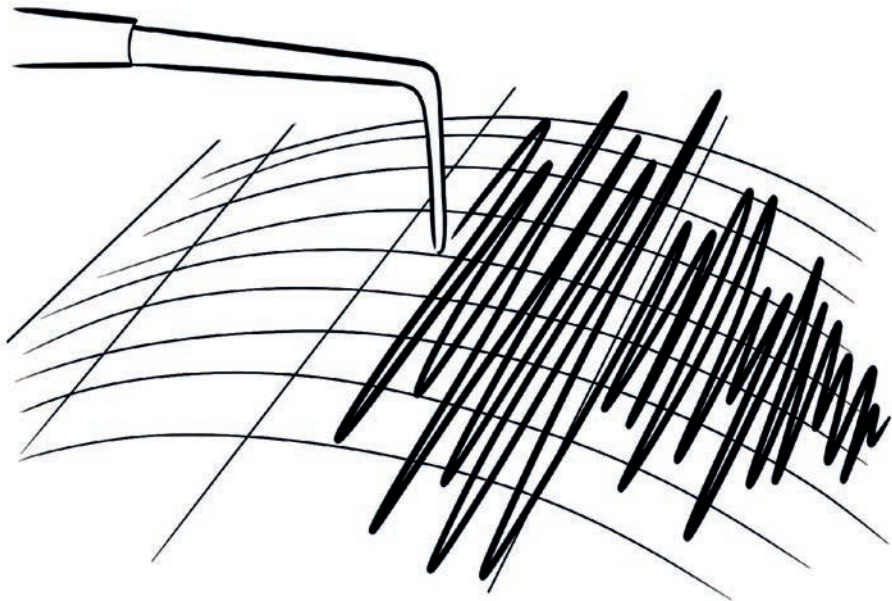
que se destacaram nessas produções foram, então, convidadas para uma entrevista por videoconferência devido à pandemia. Nove delas, com perfis variados e provenientes de diferentes regiões do país, aceitaram.

Após a primeira ronda de conversas, ficou nítida a necessidade de retornar às/aos participantes para que tivessem a oportunidade de conhecer e discutir os resultados. Em debate desde o início do projeto, uma inquietação manifestada por algumas pessoas entrevistadas motivou o reencontro virtual: a investigação era conduzida por alguém que não cruzou qualquer fronteira de gênero – uma pessoa cis, portanto. Tal característica precisava de ser levada em conta e foi ponderada no diálogo com os/as participantes, no processo de (co)orientação e na formação de um júri composto por pesquisadoras e pesquisadores de diferentes campos, atuações e identidades de gênero. Essa foi a maneira encontrada para fazer jus à proposta de falar *com* as pessoas trans e não *sobre* elas. Num momento em que está em voga o debate sobre o *lugar de fala* na produção científica, a tese distingue que o respeito e o cuidado dedicados à alteridade não se confundem com a interdição de fala.



Figura 2 - Notícia de 27 de janeiro de 2020 // Fonte: O Globo

As formas de visibilidade trans construídas inicialmente no campo da saúde e reconstruídas pelos *media* criaram algumas armadilhas, como a fetichização dos corpos trans, e são ainda insuficientes para que as pessoas trans desfrutem do exercício pleno da cidadania. Mesmo assim, foram geridas pelas pessoas trans, protagonistas de todo o processo, e contribuíram para conquistas importantes como o direito à retificação da documentação civil e a oferta do chamado processo transexualizador pelo Sistema Único de Saúde (SUS), comparável ao SNS português. Além disso, no contexto de um governo que restringiu as campanhas entre 2018 e 2022, os jornais atuaram como aliados, chamando atenção anualmente para a data. Apesar dos desafios a vencer, instituir um dia de visibilidade promoveu avanços em duas décadas. O maior deles foi contribuir para que as *pessoas trans* sejam vistas como *pessoas*.



Geociências

O risco de movimentos de vertente na freguesia do Lajedo (ilha das Flores, Açores)

Rui Silva, Rui Marques

22 de março de 2020

The study assessed susceptibility to landslides in the parish of Lajedo, on the island of Flores, one of the areas of the Azores most prone to slope movements. Using models with 12 risk factors, thousands of maps were created, identifying areas with the highest probability of landslides and mudslides. The results show that around 40% of the area is highly susceptible, mainly affecting roads and some buildings. This type of analysis is essential to guide land use planning and prevent future damage, helping to define public policies that limit construction in risk areas and reinforce vulnerable infrastructure.

A avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertente assume grande importância no ordenamento do território, podendo a correta utilização dos resultados evitar a ocupação de áreas com suscetibilidade elevada e mitigar o risco, através da definição e implementação de políticas públicas que limitem a construção e/ou exijam a implementação de medidas preventivas. A avaliação da suscetibilidade baseia-se no princípio de que os fatores que condicionaram a ocorrência de movimentos de vertente no passado, serão igualmente responsáveis pela sua ocorrência no futuro.

O estudo apresentado incide sobre uma área de 7,73 km² que corresponde, *grosso modo*, à freguesia do Lajedo (ilha das Flores) onde residem 93 pessoas. Este local é uma das áreas do arquipélago dos Açores onde se verifica uma predisposição elevada para a ocorrência de movimentos de vertente, que no passado causaram danos significativos em habitações, estradas e outras infraestruturas.

A classificação do território quanto à sua suscetibilidade, teve por base a inventariação dos movimentos de vertente por tipologia - desabamentos e deslizamentos (Figura 1) - e o estudo das suas relações espaciais com todas as combinações possíveis considerando 12 fatores de predisposição, tendo sido gerados 4095 mapas de suscetibilidade para cada tipologia, com recurso ao método do Valor Informativo.

De entre todos os mapas obtidos para as duas tipologias, foi eleito como o melhor resultado um mapa gerado por um algoritmo que incluiu 7 fatores de predisposição, por apresentar o valor da Área Abaixo da Curva de Sucesso mais elevado, 0,95 e 0,84 para o caso dos desabamentos e dos deslizamentos, respetivamente.

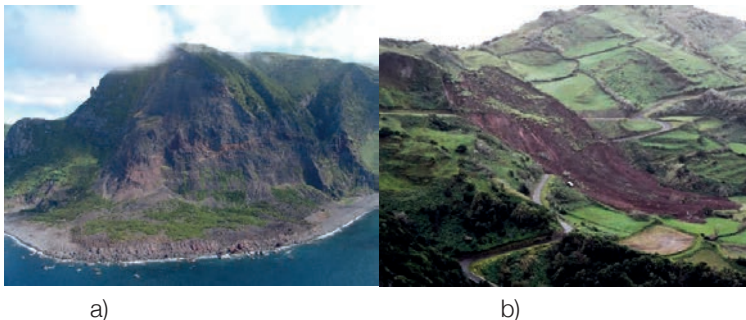


Figura 1 - Exemplo de (a) desabamento e (b) deslizamento identificados e cartografados na área de estudo.

Os mapas de suscetibilidade para cada tipologia foram classificados em 3 classes com base na percentagem identificada de área instável por interpretação das respetivas Curvas de Sucesso. Os resultados mostram que 10,7% e 40,2% da área de estudo está contida na classe de maior suscetibilidade à rutura de desabamentos e deslizamentos, respetivamente, que contêm 90% da área instabilizada cartografada (Figura 2).

A avaliação do risco específico para a rutura de cada tipologia de movimentos de vertente resultou da sobreposição dos elementos de vulnerabilidade com os mapas de suscetibilidade. Foram considerados como elementos de vulnerabilidade o edificado e a rede viária, principal e secundária. Os 219 edifícios existentes na área de estudo foram

classificados de acordo com o tipo de utilização em cinco categorias: habitação, edifícios públicos, monumentos, indústria e “outros” (abrangendo garagens, anexos, reservatórios de água ou postos de transformação). A rede viária principal, com 7,4 km, é composta pela Estrada Regional e pelas estradas municipais que permitem o acesso aos principais centros populacionais. As estradas secundárias abrangem 16,2 km e são compostas por arruamentos, caminhos carreteiros e de pé posto.

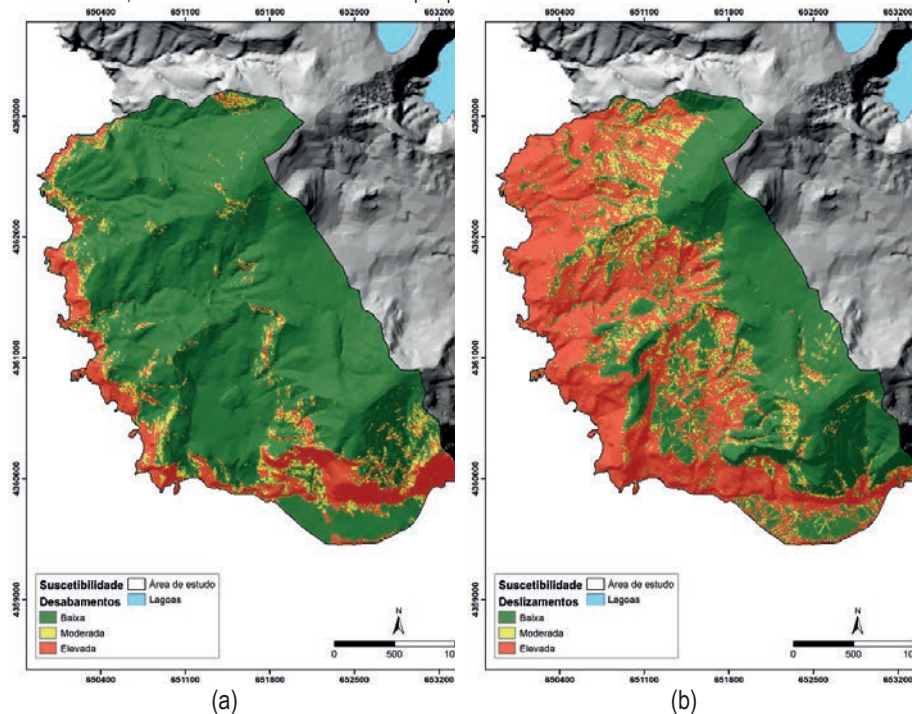


Figura 2 - Mapas de suscetibilidade para: (a) desabamentos e (b) deslizamentos

Como resultado da avaliação do risco específico à rutura de desabamentos, conclui-se não existir nenhum edifício em zonas de suscetibilidade elevada e, como tal, o risco específico é baixo. No entanto, verifica-se que 0,5 km das estradas secundárias (2,4% do total de estradas secundárias) se localizam em áreas de suscetibilidade elevada. Nesta classe não está abrangido nenhum troço das estradas principais.

Decorrente da avaliação do risco específico à rutura de deslizamentos, verifica-se que 11,0% dos edifícios se encontram em áreas de suscetibilidade elevada, sendo 14 de habitação (17,5% do total dos edifícios de habitação), 1 de indústria (100% do total dos edifícios de indústria) e 34 da categoria “outros” (25,6% do total dos edifícios classificados como “outros”). No caso da rede viária constata-se que 36% da extensão das vias de comunicação se encontra na classe de suscetibilidade mais elevada, abrangendo 1,7 km de estradas principais (23% do total de estradas principais) e 8,5 km de estradas secundárias (52% do total de estradas secundárias).

Erupção

Avaliação do impacto de erupções vulcânicas explosivas na economia e no bem-estar social nos Açores

Rita Carmo

7 de fevereiro de 2021

Explosive volcanic eruptions can be devastating, releasing ash and pyroclastic flows capable of destroying vast areas. In the Azores, the ERUPÇÃO project, launched in 2016, studies the impact of a future eruption of the Fogo Volcano on São Miguel on the marine economy, tourism and agriculture. Through simulations of different scenarios and winds, the study assesses economic and social risks in Vila Franca do Campo, proposing measures to reduce losses and prepare emergency plans. This work aims to strengthen the safety and sustainable development of the region in the face of volcanic risk.

As erupções vulcânicas explosivas são dos fenómenos naturais mais destrutivos à face da Terra. Os perigos vulcânicos mais frequentes associados a este tipo de erupção são os piroclastos de queda e os piroclastos de fluxo (escoadas piroclásticas s./.). Os primeiros resultam da fragmentação do magma durante erupções explosivas e são ejetados para a atmosfera, juntamente com gases vulcânicos, formando colunas eruptivas verticais que podem atingir dezenas de quilómetros de altura. Consequentemente, os piroclastos de queda são o produto vulcânico com maior capacidade de dispersão, podendo afetar grandes áreas, em função da magnitude da erupção e de fatores externos como a direção e intensidade do vento. Por sua vez, os piroclastos de fluxo são gerados no decurso de erupções explosivas pelo colapso total ou parcial de colunas eruptivas verticais, mas também por explosões laterais do vulcão ou pelo colapso gravitacional de domos ou escoadas lávicas. Estes tipos de fluxos, constituídos por uma mistura de gases vulcânicos, rochas e cinzas a altas temperaturas, que se deslocam a elevada velocidade ao longo da topografia, possuem um grande poder destrutivo e são responsáveis pelo maior número de vítimas mortais durante erupções vulcânicas.



Figura 1 - Caldeira do Vulcão do Fogo

Nos últimos anos são inúmeros os exemplos de erupções vulcânicas cujo impacto socioeconómico se fez sentir quer à escala regional, quer nacional e até mesmo mundial. Ao longo dos seus cinco séculos de história, os Açores conheceram cerca de 30 erupções vulcânicas, algumas das quais com repercussões significativas, como é exemplo a erupção de 1957-1958, do vulcão dos Capelinhos, na ilha do Faial.

Embora a frequência de grandes erupções explosivas nos Açores seja relativamente baixa, o impacto de um próximo evento desta natureza poderá ser devastador, com consequências a longo prazo para a economia regional. Assim surge o projeto ERUPÇÃO – Avaliação do impacto de erupções vulcânicas explosivas na economia do mar, no turismo e na agricultura e suas repercussões no sistema económico e no bem-estar social nos Açores, financiado pelo Programa Operacional dos Açores 2020.

Com início no final de 2016 e ainda a decorrer, o projeto tem como objetivo avaliar o impacto de uma erupção vulcânica explosiva nos principais setores económicos da região, tendo em vista a definição dos parâmetros e medidas de mitigação adequadas à preparação de Planos Especiais de Emergência de Proteção Civil para o risco vulcânico nos Açores, um tipo de instrumento que não existe na região e que é indispensável ao seu desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, o vulcão selecionado para o estudo foi o Vulcão do Fogo (Água de Pau), devido à sua localização na parte central da ilha de São Miguel, que nos últimos 5000

anos foi palco de uma erupção de estilo Pliniano, conhecida como erupção do Fogo A, e pelo menos seis erupções de estilo sub-Pliniano, a mais recente das quais em período histórico, no ano de 1563. Assim, realizaram-se simulações de cenários eruptivos explosivos neste vulcão: um cenário mais provável, correspondente a uma erupção sub-Pliniana, semelhante à erupção de 1563, e o pior cenário possível, referente a uma erupção Pliniana com as mesmas características da do Fogo A, sendo que ambos os cenários envolvem a emissão de piroclastos de queda e de fluxo. Foi também tida em consideração a influência das diferentes condições de vento típicas dos meses de verão e de inverno na dispersão de piroclastos de queda nos dois cenários considerados.

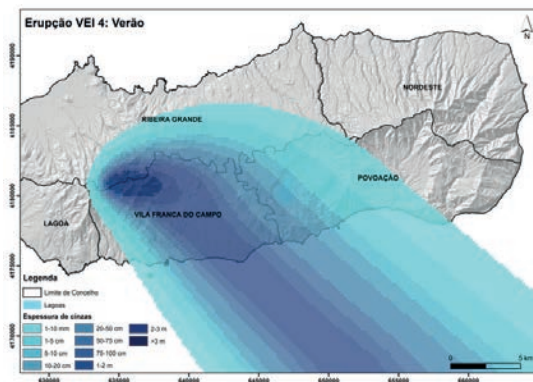


Figura 2 - Área suscetível de ser afetada por piroclastos de queda emitidos numa erupção sub-Pliniana durante os meses de verão. Projeção UTM, Zona 26S; Datum WGS84.

Para avaliar o impacto dos cenários eruptivos nos três principais setores económicos da região, foi definida como área piloto o concelho de Vila Franca do Campo pela sua proximidade ao Vulcão do Fogo. Para tal, foi necessário identificar primeiramente os elementos expostos no âmbito da economia do mar, agricultura e turismo naquele concelho, para posterior conjugação com os cenários eruptivos considerados, mostrando assim quais os elementos expostos em risco.

Ao nível social, realizaram-se inquéritos para se avaliar a perceção da população relativamente ao risco vulcânico, incidindo quer numa perspetiva individual e familiar, quer ao nível dos três setores económicos.

A avaliação da perda económica teve por base a estimativa da receita gerada por cada um dos setores económicos no concelho de Vila Franca do Campo (e.g. pescas, alojamento, áreas de pastagem, animais e respetivos produtos), determinando-se a perda atualizada da receita ao longo de 30 anos, para os diferentes cenários eruptivos e taxas de atualização.

Projeto Erupção Team: Adriano Pimentel, Joana Medeiros, Sofia Pereira, Catarina Goulart, Gabriela Queiroz, João Luís Gaspar, José Cabral Vieira, Teresa Ferreira e Rita Brandão.

“Baixar, proteger, aguardar”

Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego

5 de fevereiro de 2023

In 2022, there were around 370 earthquakes in the Azores, reminding us that we live in a highly active region. Although most do not cause damage, a strong tremor can strike without warning, and knowing how to act is essential. Studies show that many injuries result from falls or objects falling during the tremor. That is why the international campaign ‘Drop, Cover, Hold On’ teaches three simple steps: kneel down, protect your head and neck, and wait until the earthquake is over. Practising this response, at home or at work, significantly increases your chances of safety when the earth shakes.

No passado ano de 2022 foram sentidos cerca de 370 sismos nos Açores, relembrando-nos que vivemos numa zona sismicamente ativa. Apesar de não terem causado prejuízos, não é certo que todos serão assim. Sem aviso, um sismo de maior intensidade poderá ocorrer. Na ocorrência de um evento destes, o que fazemos durante sismo pode ser crucial para a nossa segurança.

A análise de admissões em hospitais e em centros médicos, imediatamente após sismos intensos, revela que quedas e ser atingido por objetos/destroços são duas das principais causas de ferimentos. As lesões mais encontradas são lacerações, contusões e fraturas nos membros inferiores e superiores, cabeça, pescoço, tórax, e lesões nos órgãos internos devido a esmagamento.

A investigação tem demonstrado que o risco de sofrer uma lesão por queda ou ser atingido por objetos é maior quando os indivíduos se deslocam ou se tentam deslocar para outro local durante o sismo.

Com base nestas evidências surgiu uma das medidas mais recomendadas globalmente: “Baixar, Proteger, Aguardar”, treinada regularmente em exercícios *Great ShakeOut* e *A Terra Treme* praticados em mais de 50 países, entre eles Portugal e Estados Unidos da América. Esta medida é aplicada da seguinte forma:

- 1) Baixar: Ajoelhar-se com as mãos e joelhos no chão;
- 2) Proteger: Colocar os braços sobre a cabeça com as mãos no pescoço. Se possível, e se estiver próximo de um móvel resistente (ex., mesa ou secretária), colocar uma das mãos no chão, mantendo um braço/mão sobre a cabeça e pescoço. Seguidamente, “gatinhar” para debaixo do móvel resistente. Segurar-se ao móvel com uma das mãos, mantendo um braço/mão sobre a cabeça e pescoço. Caso não esteja próximo de uma mesa ou secretária resistente, é aconselhável proteger a cabeça e pescoço com ambos braços/mãos;
- 3) Aguardar: Depois de estar debaixo de um móvel resistente ou com ambos os braços/mãos sobre a cabeça e pescoço, curvar-se, o máximo possível, no sentido do chão, aproximando o peito dos joelhos. Caso esteja debaixo de uma mesa/secretária, acompanhar o movimento do móvel se este se mover. Aguardar até que o sismo termine e depois verificar se é seguro abandonar a sua posição. Sempre que possível manter a boca e olhos fechados para evitar a entrada de poeiras.



Figura 1 - A Terra Treme

Esta medida maximiza a proteção contra ferimentos devido a sismos, porque favorece a imobilização (restrição de movimento), a proteção contra objetos que possam cair, e a proteção das zonas mais afetadas por lesões e ferimentos.

“Baixar, proteger, aguardar”, pode ser aplicada no interior e no exterior de edifícios, e por pessoas com diferentes limitações físicas.

No caso da utilização de cadeira de rodas, deve-se em primeiro lugar bloquear as rodas, travando a cadeira. Seguidamente, proteger a cabeça com ambos os braços, cobrindo o pescoço com as mãos. Curvar-se o máximo possível, aproximando o peito dos joelhos. Se sentir que pode ser derrubado/a da cadeira, segurar-se a esta com uma mão, mantendo a proteção da cabeça e pescoço com o outro braço/mão. Fechar os olhos e a boca para evitar a entrada de poeiras. Aguardar até que o sismo termine e verificar se é seguro abandonar a sua posição. Se não for possível proteger a cabeça, proteger os lados do tórax.



Figura 2 - Earthquake Country Alliance, adaptado para a língua portuguesa

No caso da utilização de auxiliar de marcha (andarilho/bengala/tripé/canadianas), apoiar-se nele para se ajoelhar no chão. Se possível, colocar os braços sobre a cabeça com mãos sobre o pescoço, protegendo-os. Se um móvel resistente estiver ao alcance, colocar uma das mãos no chão e abrigar-se debaixo do móvel, mantendo a cabeça e pescoço protegidos pelo outro braço/mão. Se for impossível ajoelhar e procurar abrigo, a pessoa deve sentar-se numa cadeira próxima o mais depressa possível e manter a cabeça e o pescoço protegidos com braços e mãos.

Seguidamente, curvar-se o máximo possível, aproximando o peito dos joelhos. Fechar os olhos e a boca para evitar a entrada de poeiras. Se necessário, utilizar uma mão para segurar o andarilho, mantendo a cabeça e pescoço protegidos com o outro braço/mão. Aguardar até que o sismo termine e verificar se é seguro abandonar a sua posição. Caso seja necessária assistência para levantar ou chegar ao auxiliar de marcha, deverá chamar por ajuda. Caso utilize um andarilho com rodas, em primeiro lugar deve bloquear as rodas, travando o andarilho.

O treino facilita a aplicação rápida desta medida. Comece a treinar hoje com a sua família e no seu local de trabalho e reforce a sua proteção para sismos.

Proteção contra ferimentos e lesões por sismos

Medidas de mitigação não-estruturais

Sofia Pereira, Isabel Estrela Rego

19 de março de 2023

Although unpredictable, earthquakes do not have to be catastrophic if preventive measures are taken. Civil Protection recommends several simple actions to reduce risks and injuries, namely preventing objects from falling during the tremor. These measures include: securing furniture and mirrors, moving beds away from windows and tall cabinets, storing heavy objects in low places, and keeping exits clear. These low-cost and easy-to-implement precautions protect people and property both at home and at work, helping to minimise damage and ensure greater safety in the event of an earthquake.

Os sismos são fenómenos imprevisíveis e inevitáveis, porém as suas consequências poderão ser atenuadas.

Neste sentido, as autoridades de Proteção Civil realizam ações para sensibilizar os cidadãos a desenvolver um conjunto de atividades com o objetivo de salvaguardar a sua integridade física, da sua família e a dos seus bens caso um sismo de maior intensidade ocorra. Estas atividades ou medidas são diversificadas e podem ser aplicadas em diferentes situações, antes, durante e após eventos naturais destrutivos, como um sismo de grande magnitude.

Ser atingido por objetos ou destroços está entre as principais causas de ferimentos e lesões devido a sismos, justificando assim a importância de atividades que visam reduzir a queda de objetos durante sismos, como é o caso das medidas de mitigação não-estrutural. Estas atividades têm como objetivo atenuar ou evitar a exposição a riscos e às suas possíveis consequências, como ferimentos ou lesões.



Figura 1 - Fonte: Freepik

A investigação sobre danos não-estruturais provocados por sismos passados e admissões em hospitais e em centros de saúde, imediatamente após sismos de elevada intensidade, tem permitido identificar medidas de mitigação não-estruturais eficazes na proteção contra lesões e ferimentos por sismos. Estas medidas incluem:

- Manter a chave da porta de casa em local acessível e do conhecimento de todos os membros da família;
- Remover vasos de locais altos;
- Retirar de cima de sofás e camas, espelhos e quadros/fotografias com molduras pesadas;
- Afastar camas e sofás de janelas, móveis altos ou pesados e de debaixo de candeeiros;
- Libertar saídas e corredores de móveis e outros objetos que possam dificultar a saída;
- Manter rodas de móveis bloqueadas;
- Guardar objetos pesados ou de grande volume em armários baixos, próximos do chão, ou nas prateleiras mais baixas das estantes, na cozinha ou em outra divisão da habitação;
- Verificar se os candeeiros de teto estão bem fixados;

- Guardar substâncias inflamáveis em armários inquebráveis, dentro de armários fechados próximos do chão, e afastados de fontes de ignição (ex., instalações elétricas);
- Utilizar cortinas ou película autoadesiva em janelas, para evitar o contacto com estilhaços em caso de quebra de vidros;
- Fixar à parede espelhos, quadros e fotografias emolduradas;
- Prender à parede garrafas de gás ou mantê-las numa área com porta, para evitar que caiam;
- Instalar fechos de armário, caso estes não tenham, para evitar que se abram;
- Fixar à parede estantes e móveis altos ou pesados, como roupeiros ou cómodas;
- Colocar tapetes antiaderentes debaixo de televisões, computadores ou outros objetos de pequena dimensão, para evitar que estes caiam;
- Fixar objetos frágeis ou leves a móveis ou superfícies com massa adesiva ou fita adesiva dupla-face.

Com as devidas adaptações, estas medidas podem ser aplicadas em locais de trabalho, contribuindo para a segurança de bens, dos trabalhadores e clientes em caso de sismo de maior intensidade.



Figura 2 - Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores

As medidas de mitigação não-estrutural podem igualmente ser aplicada após um sismo de maior intensidade, com o objetivo de reduzir ou evitar as consequências de eventos secundários, como por exemplo incêndios ou fugas de substâncias inflamáveis ou tóxicas. Informação sobre como agir em caso de incêndio podem ser encontradas no site do Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores.

Como se pode verificar, as atividades/medidas de mitigação não-estrutural para reduzir ou atenuar as consequências de sismos são simples e, na sua maioria, implicam pouco ou nenhum custo, além de tempo.

A tendência crescente da ocorrência de movimentos de vertente na ilha de São Miguel nas últimas décadas

Rui Silva

21 de julho de 2024

Slope movements, such as landslides and rockfalls, are the most common natural hazard in the Azores. A study on São Miguel between 1900 and 2020 identified 236 events reported in newspapers, which caused 82 deaths, 41 injuries and significant damage, especially in the municipality of Povoação. Since 1996, the number of occurrences has increased considerably, associated with episodes of heavy rain caused by climate change. Although many cases involve only road obstructions, the human and material risk has also grown, reinforcing the urgency of implementing prevention and adaptation measures in the face of the worsening of this phenomenon.

Os movimentos de vertente (vulgarmente designados por derrocadas ou deslizamentos de terras) são o tipo de perigo natural mais frequente no arquipélago dos Açores, essencialmente devido à natureza vulcânica e às características geomorfológicas das ilhas. Desde o povoamento da ilha de São Miguel, em meados do século XV, há registos da ocorrência de movimentos de vertente, alguns com elevado impacto socioeconómico.



Figura 1 - Extrato do jornal Açoriano Oriental que noticia um movimento de vertente que causou a morte de 7 pessoas nas Furnas em 1942

O impacto causado pelos movimentos de vertente totaliza 82 vítimas mortais, 41 feridos, 305 desalojados e 66 edifícios parcial ou totalmente destruídos na ilha de São Miguel. O concelho da Povoação destaca-se com um elevado número de ocorrências que resultaram em vítimas mortais e danos significativos, contabilizando 48 vítimas mortais, que representam aproximadamente 59% do total de vítimas documentadas. Este facto realça a gravidade do impacto causado pelos movimentos de vertente no concelho da Povoação em comparação com outras áreas da ilha. A distribuição temporal dos eventos permite a identificação de dois períodos distintos: 1900–1995 e 1996–2020. O primeiro período regista um número relativamente baixo de eventos (99), com uma média de 1 evento por ano, e o segundo período, mais curto, apresenta um maior número de eventos (137), com uma média de 5,7 eventos por ano. O número crescente de movimentos de vertente no período mais recente parece estar relacionado com uma mudança no regime de precipitação provocado pelas alterações climáticas. A análise da precipitação diária mostra que, desde 1996, o número de dias que excedeu o limiar diário de precipitação de 65 mm foi mais do dobro em comparação com o primeiro período (0,3 por ano em 1900-1995 e 0,7 por ano em 1996-2020). Dado que a precipitação é o principal fator desencadeante de movimentos de vertente na ilha de São Miguel, esta alteração no padrão de precipitação pode, pelo menos em parte, ser responsável pelo aumento do número de eventos de movimentos de vertente catalogados. Porém, é de salientar que a precipitação acumulada anual não aumentou no

período 1996–2020 e, portanto, o aumento no número de eventos deve-se à ocorrência de episódios extremos de precipitação, caracterizados por elevada intensidade e curta duração.

A análise ao tipo de impacto descrito nos jornais provocado pelos movimentos de vertente, mostrou que a tendência crescente do número de eventos durante o período mais recente (1996-2020) pode também ser atribuída, em parte, aos movimentos de vertente que provocaram apenas obstrução de estradas. Embora os movimentos de vertente que provocaram vítimas mortais, feridos, edifícios destruídos e pessoas desalojadas também tenham aumentado (0,4 eventos por ano em 1900-1995; 1,2 eventos por ano em 1996-2020), os eventos de movimentos de vertente que causaram obstrução de estradas aumentaram 7 vezes e correspondem a 80% dos eventos catalogados desde 1996, enquanto no período anterior correspondiam a 60% de todos os eventos. A crescente disponibilidade e disseminação de informação (por exemplo, proveniente de comunicados do Serviço Regional de Proteção Civil, criado em 1980), justifica parcialmente o aumento do número de movimentos de vertente noticiados pelos jornais no período mais recente.

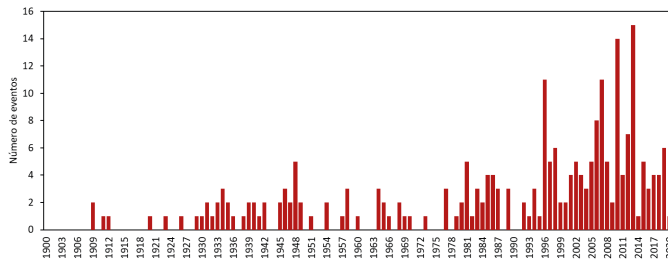


Figura 2 - Distribuição temporal dos eventos de movimentos de vertente ocorridos na ilha de São Miguel no período 1900–2020

Em suma, o aumento do número de eventos catalogados após 1996, está assim relacionado com uma mudança no regime da precipitação, como consequência das alterações do clima. A crescente disseminação de informação fez aumentar o número de notícias sobre movimentos de vertente nos jornais, no entanto, embora se encontrem nos jornais mais notícias sobre eventos com menor impacto, os eventos que provocaram vítimas mortais, feridos, edifícios destruídos e pessoas desalojadas também aumentaram desde 1996. Estes factos enfatizam a necessidade de adotar estratégias de mitigação e adaptação ao crescente risco associado aos movimentos de vertente na ilha de São Miguel.

Monitorização multiparamétrica dos sistemas vulcânicos ativos dos Açores

Rita Silva

28 de maio de 2023

The Azores, consisting of nine volcanic islands, are located in an area of intense seismic and volcanic activity. Since settlement, there have been around 30 destructive earthquakes, causing thousands of casualties and extensive damage. CIVISA and IVAR, from the University of the Azores, monitor activity through a seismic network of 37 stations, reinforced during the 2022 crises in São Jorge and Terceira. Projects such as VOLRISKMAC II have strengthened this network, improving early detection and international scientific cooperation, which are essential for preventing risks and protecting the populations of Macaronesia.

O arquipélago dos Açores é constituído por nove ilhas de origem vulcânica, que se distribuem ao longo de uma direção WNW-ESE. As ilhas do Corvo e Flores localizam-se na placa Norte-americana, relativamente estável sob o ponto de vista sísmico, enquanto as restantes ilhas se localizam numa zona bastante ativa, tanto em termos sísmicos como vulcânicos, correspondente à fronteira entre as placas Euroasiática e a Africana.

Desde o seu povoamento, no séc. XV, que os Açores foram assolados por cerca de 30 sismos destruidores e inúmeras crises sísmicas (com origens tectónica e/ou vulcânica), resultando em milhares de vítimas mortais e avultados danos materiais.

A sismicidade no arquipélago distribui-se, essencialmente, ao longo da Crista Média-Atlântica e do Rift da Terceira, com especial destaque, neste último, para a zona a SE da ilha Terceira e as Fossas de Hirondele e Povoação. O ano de 2022 foi particularmente atípico, com a ocorrência de duas crises sismovulcânicas, nas ilhas de São Jorge e Terceira (Vulcão de Santa Bárbara), marcadas por milhares de sismos registados (fig. 1).

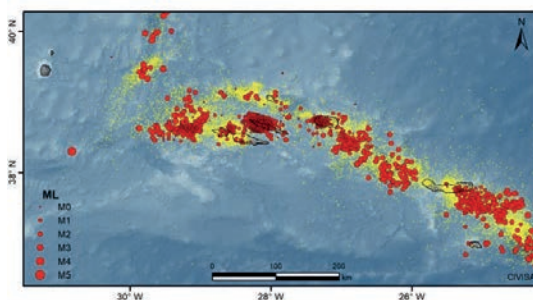


Figura 1 - Sismicidade registada no arquipélago entre 1997 e 2022. Os pontos a amarelo representam a sismicidade registada entre 1997 e 2021 e os pontos a vermelho a sismicidade registada em 2022

A sismicidade associada a regiões vulcânicas ocorre, frequentemente, sob a forma de enxames sísmicos (*seismic swarms*), caracterizados pela baixa magnitude dos eventos e por ocorrerem temporal e espacialmente circunscritos. A ocorrência de enxames sísmicos em regiões vulcânicas tem sido atribuída à movimentação subsuperficial de magma e/ou associada à circulação de fluídos hidrotermais através de fissuras, conferindo diferentes assinaturas espectrais aos sismos. Esta variabilidade de sinais impõe a existência de redes de monitorização sismovulcânica com uma grande cobertura e capacidade de deteção.

O Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores (CIVISA), em estreita colaboração com o Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR) da Universidade dos Açores (UAc) gerem, atualmente, uma rede sísmica com 37 estações, em que 4 são de banda larga e 33 de curto período, com sensores de 1 e 5 s (fig. 2). De salientar que a rede sísmica do IVAR/CIVISA é parte integrante de um sistema de monitorização multiparamétrico. Para responder a situações de incremento de atividade sísmica, o IVAR/CIVISA dispõe de equipamento portátil (e.g., estações sísmicas de banda larga e curto período, equipamento multigás portátil, marcas geodésicas para campanhas regulares, entre outros) que permitem complementar as várias redes

permanentes sempre que se justifica. Em 2022, aquando do início das crises sismovulcânicas nas ilhas de S. Jorge e Terceira, foram mobilizados para estas equipamento afeto às diferentes áreas de monitorização (geofísica, geoquímica e geodésica), por forma a garantir um melhor grau de deteção de qualquer variação nos diferentes parâmetros monitorizados.

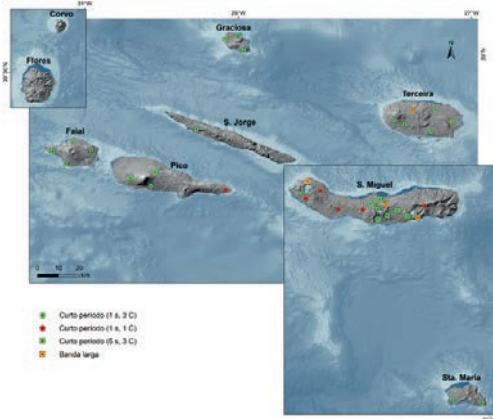


Figura 2 - Rede sísmica permanente dos Açores

No Centro de Aquisição de Dados (CAD) do CIVISA é integrada a informação proveniente das várias redes de monitorização sismovulcânica (geofísica, geoquímica, geodésica e meteorológica), o que permite uma interpretação mais abrangente e completa do estado de atividade dos sistemas vulcânicos ativos dos Açores, informação crucial para apoio às decisões de proteção civil. O nível de alerta científico definido para cada sistema vulcânico ativo depende, pois, da conjugação dos vários parâmetros obtidos pelas diferentes técnicas de monitorização.

O reforço das redes de monitorização, necessário para fazer face às situações de emergência ocorridas em 2022, só foi possível graças ao investimento em equipamento realizado no âmbito de um projeto financiado pelo Programa de Cooperação INTERREG V-A Espanha-Portugal MAC (Madeira-Açores-Canárias) 2014-2020, designado por VOLRISKMAC II, e que surgiu como continuação do projeto VOLRISKMAC. O objetivo geral deste projeto é reforçar as capacidades de I+D+i para o desenvolvimento da resiliência contra futuras emergências vulcânicas na Macaronésia, tendo sido particularmente “favorecido” com casos de estudo, como são exemplo a erupção de La Palma nas Canárias ou as crises sismovulcânicas em curso nos Açores. Este projeto visa reforçar o sistema de alerta vulcânico precoce na Macaronésia, através do aperfeiçoamento das redes instrumentais, do desenvolvimento e implementação de metodologias inovadoras, fortalecendo a resiliência dos sistemas de monitorização vulcânica na Macaronésia e criando uma rede de colaboração entre os parceiros participantes e instituições nacionais e/ou internacionais de I+D com reconhecido percurso científico.

Probabilidade de uma futura erupção em sistemas vulcânicos com longos períodos de repouso

O caso de estudo da ilha de São Miguel

Simone Aguiar, Laura Sandri, Adriano Pimentel, José Pacheco

11 de junho de 2023

The central volcanoes of São Miguel — Sete Cidades, Fogo, and Furnas — have complex and incomplete eruptive histories, making it difficult to predict future eruptions. To overcome this limitation, IVAR researchers are developing a new methodology that combines dated and undated data, allowing the record to be traced back to around 17,000 years ago. This approach uses statistical models to estimate the probability and frequency of eruptions, providing a more solid basis for volcanic hazard assessment and helping with risk preparedness and mitigation in future geological crises in the Azores.

Os vulcões centrais são capazes de gerar um grande espectro de erupções vulcânicas, envolvendo magmas de diferentes composições químicas, estilos e tamanhos variados. O comportamento eruptivo pode variar consideravelmente entre vulcões. Alguns apresentam uma frequência eruptiva muito elevada e outros passam por longos períodos de repouso. A complexidade e até mesmo a imprevisibilidade dos padrões temporais dos diferentes sistemas vulcânicos constituem um desafio no que toca à avaliação dos perigos vulcânicos a longo prazo. Este constrangimento é ainda maior em ilhas vulcânicas, onde o registo eruptivo está frequentemente incompleto ou mal preservado devido à sua pequena área subaérea, topografia e elevadas taxas de erosão, gerando incertezas quanto à atividade eruptiva passada e, conseqüentemente, fazendo com que o cálculo dos tempos de repouso e da probabilidade de uma futura erupção sejam difíceis de estimar.

São Miguel é um destes casos onde existem três vulcões centrais ativos, Sete Cidades, Fogo e Furnas, cujo registo eruptivo está incompleto, com muitos eventos eruptivos passados não datados. Por este motivo, os estudos de perigo vulcânico em São Miguel têm tido como base apenas o registo eruptivo dos últimos 5000 anos de atividade, uma vez que este é o período mais bem conhecido e caracterizado.

Investigadores do IVAR (Gaspar *et al.* 2015) publicaram um estudo no qual determinaram a frequência eruptiva de diversos estilos eruptivos em São Miguel, considerando a atividade eruptiva dos últimos 5000 anos (Figura 1). Contudo, esta é uma análise com limitações intrínsecas à falta de conhecimento relativamente à distribuição temporal dos eventos passados.

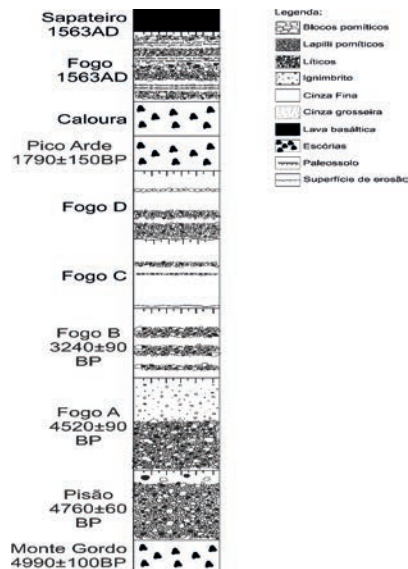


Figura 1 - Sequência eruptiva do vulcão do Fogo dos últimos 5000 anos de atividade

Para ultrapassar esta limitação, está a ser desenvolvida uma metodologia que permite gerar dados estatísticos (Figura 2) para eventos eruptivos passados, datados e não datados, respeitando a sua posição estratigráfica, e com isto, alargar o catálogo de eventos eruptivos em São Miguel até aos 15740 ± 200 anos BP, 14620 ± 60 anos BP e 17240 ± 70 anos BP, para os vulcões das Sete Cidades, Fogo e Furnas, respetivamente. Nos períodos temporais considerados, ocorreram, pelo menos, 36 erupções nas Sete Cidades (24 erupções traquíticas e 12 basálticas), 21 erupções no vulcão do Fogo (16 traquíticas e 5 basálticas) e 26 erupções no vulcão das Furnas (todas traquíticas). Esta metodologia assenta na geração de catálogos sintéticos onde são incorporadas as incertezas associadas às idades dos eventos passados e possibilita a análise estatística dos dados com recurso a diferentes modelos. Com base nestes, serão testadas as distribuições: Exponencial do processo de Poisson, Gama, Tempo de Passagem Browniano, Weibull, Log-logística e Log-normal, com o intuito de perceber qual o modelo que melhor explica a ocorrência dos eventos eruptivos ao longo do tempo e, assim, estimar os períodos de retorno de cada vulcão central, bem como, a probabilidade de ocorrer uma futura erupção vulcânica.

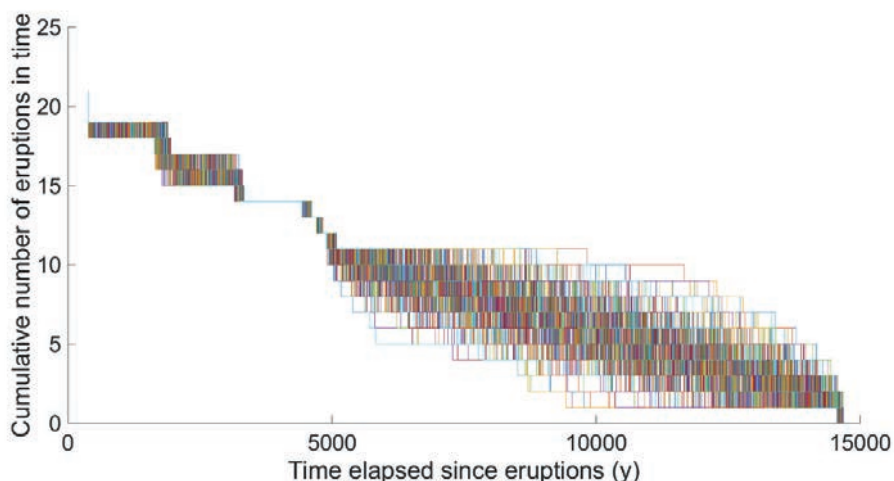


Figura 2 - Gama de idades geradas (segmentos verticais coloridos) para cada evento eruptivo do Fogo, considerando um catálogo alargado até aos 15000 anos BP

Esta abordagem é fundamental para a avaliação do perigo vulcânico a longo prazo de uma forma robusta, fornecendo pistas para a previsão do comportamento eruptivo dos vulcões, especialmente em sistemas com baixa frequência eruptiva ou em ilhas vulcânicas, onde os catálogos eruptivos estão frequentemente incompletos. Com este trabalho será possível contribuir para uma melhor da avaliação do perigo vulcânico, gerando informação útil às entidades competentes para a tomada de decisão, gestão de uma futura crise e mitigação dos riscos associados.

O estudo de inclusões fluidas como chave para a monitorização quase em tempo real da ascensão magmática durante uma erupção

Vittorio Zanon

31 de março de 2024

Researchers from the Azores, the Canary Islands and France have developed a new way to track magma movement during volcanic eruptions. The method, tested on the Cumbre Vieja volcano (La Palma, 2021), analyses tiny droplets of fluid trapped in crystals and combines these observations with seismic data. This approach allows the path of the magma and its speed of ascent to be tracked in near real time, helping to better understand the behaviour of volcanoes. In addition to being innovative, the system is low cost and could become an essential tool for predicting and managing volcanic crises.

As erupções vulcânicas em ilhas oceânicas como os Açores são pouco frequentes, contudo podem ocorrer quase inesperadamente (caso da erupção ao largo da ilha Terceira, 1998-2001), ou com pouco tempo de aviso (caso da erupção do Fogo em Cabo Verde, 2014-2015), comprovando a existência de elevado risco potencial.

As redes de monitorização existentes resultam, normalmente, dum compromisso entre custos-prestações, através dum conjunto de técnicas que permitam a deteção de sinais precursores de uma possível movimentação do magma, as quais incluem técnicas geofísicas através, por exemplo, de sismógrafos e de sensores para detetar a deformação do solo. As técnicas geoquímicas pretendem detetar as variações na quantidade de gás vulcânico libertado à superfície.

No entanto, após o início duma erupção, a compreensão do que a está a acontecer no interior do sistema de alimentação do vulcão pode ser desafiante. De facto, os sinais geoquímicos e geofísicos produzidos, pelo magma em movimento são muitas vezes difíceis de interpretar, especialmente a curto prazo. Em particular, numerosos estudos realizados em vulcões de ilhas oceânicas mostram que magmas com características diferentes podem ser movimentados durante a mesma erupção. Estes magmas podem ascender com velocidades diferentes e seguir caminhos distintos, levando a variações drásticas nos cenários eruptivos, tal como a abertura de novas fraturas eruptivas, à emissão de lavas muito fluidas e rápidas, ou à transição para um estilo eruptivo explosivo. Compreender a dinâmica complexa que existe num sistema de abastecimento magmático durante uma erupção vulcânica é fundamental para que qualquer entidade de protecção civil possa decidir a estratégia de ação e, eventualmente, uma possível evacuação total de uma área habitada.

Com o sentido de colmatar esta importante lacuna, os investigadores Vittorio Zanon e Klaudia Cyrzan, do Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR) da Universidade dos Açores, em colaboração com Luca D'Auria e Matthew Pankhurst, do Instituto Vulcanológico das Canárias (INVOLCAN, Espanha), e Federica Schiavi, do Laboratoire Magma et Volcans, Université Clermont Auvergne (França) desenvolveram uma metodologia que permite monitorizar, quase em tempo real, a ascensão magmática durante uma erupção. Este método foi testado no decorrer da erupção de 2021 do vulcão Cumbre Vieja em La Palma (Canárias) e foi recentemente publicado na conceituada revista científica *Science Advances*. A composição química e a densidade de milhares de inclusões fluidas (microscópicas gotículas de fluidos) aprisionadas no interior dos minerais presentes nos magmas emitidos pelo vulcão Cumbre Vieja, ilha de La Palma, (Ilhas Canárias), em 2021, juntamente com a análise da sismicidade e a observação das características dos minerais ao microscópio ótico, permitiram definir um método capaz de monitorizar, em tempo quase real, o percurso dos magmas e a variação da velocidade de ascensão nos vários segmentos crustais percorridos.



Figura 1 - Atividade eruptiva efusiva e explosiva no vulcão Cumbre Vieja em outubro de 2021

O método, concebido por Vittorio Zanon e desenvolvido com os coautores, foi testado em amostras de piroclastos recolhidas diariamente durante a erupção do vulcão. O estudo das microscópicas gotículas de fluido presentes no magma em profundidade e aprisionadas nos cristais presentes nos produtos emitidos permitiu definir a arquitetura em profundidade do sistema de condutas e áreas de armazenamento magmático do vulcão e evidenciar a presença de magmas que emergem de diferentes profundidades.

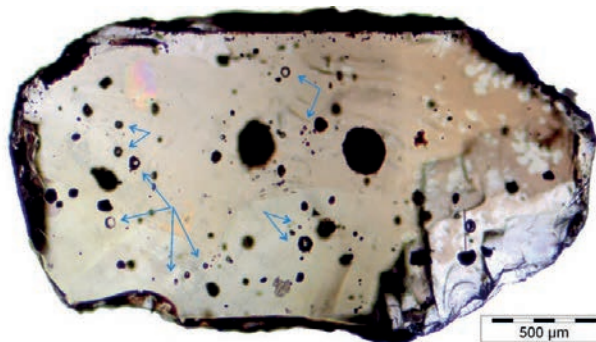


Figura 2 - As setas azuis apontam numerosas inclusões fluidas num cristal de olivina

A combinação desta informação com os dados de sismicidade durante a erupção vulcânica, permitiu adicionar o parâmetro tempo ao modelo, possibilitando assim estimar as variações da velocidade de ascensão quer ao longo do sistema de alimentação do vulcão, quer durante a própria erupção. Assim, esta metodologia constitui uma nova e vantajosa forma de monitorização da atividade vulcânica, dados os reduzidos custos de instrumentação e operação associados à qualidade da informação.

A investigação foi desenvolvida no âmbito do projeto de investigação MAGAT - “from MAGma to ATmosphere” (Ref. CIRCNA/OCT/0016/2019, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), e constitui o culminar de anos de investigação.

A impressão digital do vulcanismo sobre a água da chuva

Leticia Ferreira, César Andrade

9 de junho de 2024

Rainwater is essential for understanding the dispersion of elements in the atmosphere and the recharge of aquifers. In the Azores, its chemical composition reflects the influence of sea salts, dust from North Africa and gases released by volcanic fumaroles, especially in Furnas and Fogo. These studies help us understand how natural and meteorological factors shape water quality and reveal new ways of monitoring volcanic activity. Rainfall analysis is therefore essential for understanding the archipelago's hydrological systems and environmental balance.

Nas últimas décadas a água da chuva tem sido o objeto de um intenso estudo hidrogeoquímico. A determinação da sua composição possibilita a identificação dos diversos componentes que influenciam as suas propriedades químicas, contribuindo para uma melhor compreensão da dispersão local e regional de elementos, naturais ou poluentes, bem como o seu potencial impacto nos sistemas hidrológicos através de processos de deposição.

A formação da água da chuva ocorre através da evaporação de massas de água (oceanos, rios, lagos) que condensam na atmosfera, formando nuvens. A sua composição química resulta da interação entre gotas de água, gases e partículas sólidas presentes na atmosfera, conhecidas como aerossóis. Essa composição exhibe uma grande variação tanto geográfica quanto temporal, influenciada por padrões de circulação atmosférica e, principalmente, por emissões locais para a atmosfera, sejam elas de origem natural ou antropogénica. Os aerossóis atmosféricos incluem uma variedade de componentes, como sais marinhos (partículas com origem na água do mar), partículas de solo, cinzas vulcânicas, material biogénico e emissões antropogénicas.



Figura 1 - Coletor da água da chuva

No arquipélago dos Açores, a composição química da água da chuva é influenciada por diversos componentes, como sais marinhos, poeira local e proveniente do Norte de África, e aerossóis vulcânicos. A presença de sais marinhos tem um impacto significativo, devido à importância da água do mar na formação da chuva. As poeiras provenientes do Norte de África conseguem ser transportadas por longas distâncias, devido ao seu tamanho reduzido, como já foi observado por várias ocasiões. Relativamente aos aerossóis vulcânicos, apesar dos vulcões não se encontrarem em erupção, emanando cinzas para a atmosfera, as manifestações secundárias, como as fumarolas, contribuem com diversos elementos para a atmosfera através da libertação de vapor de água e outros gases (por exemplo CO_2 , CH_4 , H_2). Este vapor de água, que apresenta uma composição tipicamente de origem vulcânica, interage com a água da chuva durante a deposição. Essa interação é observada, por exemplo, nas Furnas (ilha de São Miguel), bem como em algumas áreas do vulcão do Fogo, embora em menor proporção. Esta diferença poderá estar relacionada com uma maior emissão de vapor de água por parte das fumarolas presentes nas

Furnas. A proporção de cada fator poderá variar temporalmente, de acordo com os padrões meteorológicos, sazonalidade e com a intensidade da atividade vulcânica.



Figura 2 - Emissão de vapor de água e outros gases, nas Caldeiras da Vila das Furnas

O estudo da água da chuva nos Açores é de especial interesse, não só para perceber melhor a dispersão dos elementos, mas por esta ser essencial para a recarga dos aquíferos. Além disso, a análise dos fluidos fumarólicos emerge como um novo método de monitorização nos Açores, que nos ajuda a entender melhor os sistemas vulcânicos e possíveis variações. Este tipo de investigação permite-nos, igualmente, perceber melhor a evolução das águas desde a sua deposição até à sua descarga, contribuindo para uma melhor compreensão dos sistemas hidrológicos na região.

A instabilidade geomorfológica histórica na freguesia do Lajedo (ilha das Flores, Açores)

Rui Silva

21 de julho de 2024

The parish of Lajedo, on the island of Flores, has a long history of landslides, recorded since the 18th century. Ancient reports describe slope movements in the Campanário area, sometimes associated with earthquakes or heavy rains. In 1980, a landslide caused a small tsunami, and in 2010 and 2012 the parish was again severely affected by landslides. These events reveal the natural instability of the terrain and the importance of monitoring the area, especially during periods of heavy rainfall, to protect people and infrastructure.

A freguesia do Lajedo na ilha das Flores é um dos locais no arquipélago dos Açores recorrentemente afetado por movimentos de vertente, os quais são relatados desde o final do século XVIII. O evento mais antigo é relatado pelo Pe. José António Camões (1822): “*Em 1799, em uma pequena povoação chamada Lagêdo, ao Sudueste da ilha, pelas duas horas da tarde, começaram a abalarem-se varios rochedos, e terras cultivadas de trigo, sitos sobre elles, aonde andavam ceifoens na colheita dos trigos; e, em menos de uma hora, revolveo terras de inhames de tal forma que ficaram as de baixo para cima, e as de cima para baixo; foi um fenomeno que daria que faser aos naturalistas se cá os houvesse*”. João Augusto da Silveira (1848) descreve (possivelmente) o mesmo evento: “*A freguesia do Lajedo e Costa na época de 1773 sofreu no lugar chamado Campanário, no mês de Julho, um abalo de terra em parte de uma montanha: cujo abalo apenas foi sentido naquele lugar e cuja catástrofe se diminui a altura desta montanha mais de 60 pés, em distância de 2 moios de terreno*”. Quanto ao ano, é possível tratar-se de um *lapsus calami*, uma vez que Ferreira Drummond (1856) transcreve integralmente o relato de Camões, e António Macedo (1871) descreve o mesmo evento, dando um ano diferente e a informação (provavelmente mal interpretada na fonte) de que o fator desencadeante terá sido um sismo: “*Em julho deste anno [1793] sentio-se pela primeira vez na ilha das Flores depois della descoberta um terramoto que abateu na freguesia do Lagedo no lugar da Ribeira do Campanario uma montanha na altura de 18 metros que obstruiu uma extensão de 1161,60 ares de terreno*”.

Outro evento, em 1800, é descrito por Silveira (1848): “*...na mesma montanha [Campanário] e noutro lado (...) correu ao mar mais de um moio de terreno: e apareceu no meio deste lugar um manancial de águas minerais frias, que davam como de tinta preta, suprimindo a falta de caparrosa. Estas águas secaram no fim de três anos*”. Macedo (1871) narra o mesmo evento, relatando que: “*(...) e em 1800 por efeito d’outro terramoto (...) a 29 de dezembro (...) na ilha das Flores, no mesmo sitio da Ribeira do Campanário, correu ao mar uma montanha em grande extensão, patenteando um manancial d’águas frias, que tingiam de preto o que nelas se metia, e assim continuaram por um espaço de três annos, no fim dos quaes se secaram*”.



Figura 1 - Enquadramento geral da freguesia do Lajedo (foto: Frederico Fournier)

Silveira (1848) relata outros dois eventos de instabilidade geomorfológica desencadeados por sismos, ocorridos na noite de 16 e 17 de outubro de 1845 e a 8 de março de 1846. O autor correlaciona estes movimentos de vertente com a presença da nascente termal no sítio da Água Quente, provavelmente pretendendo enfatizar a influência e o contexto hidrológico da área na ocorrência dos movimentos de vertente.

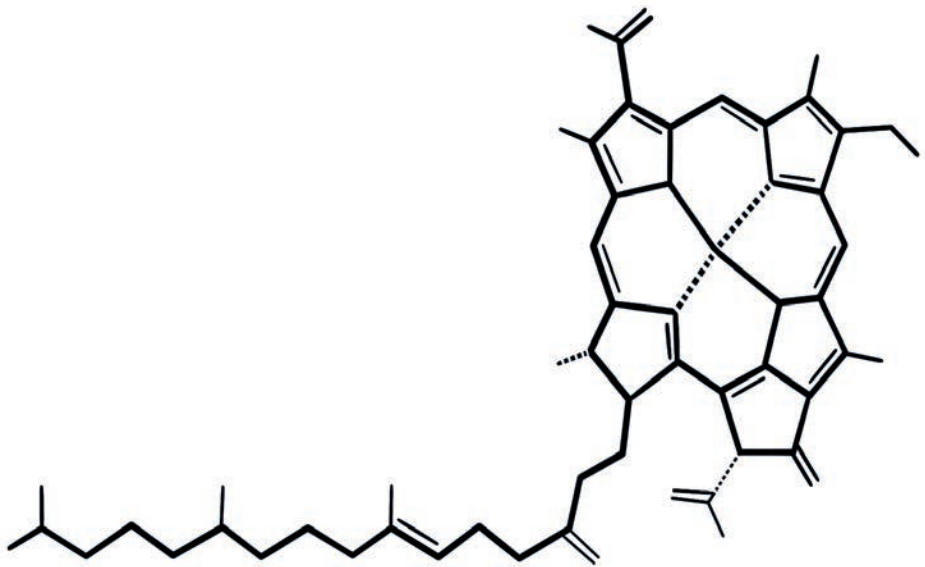
Devido a um episódio de precipitação intensa, no dia 27 de agosto de 1964 “(...) a Ribeira do Campanário saiu fora do seu leito arrastando na sua torrente árvores, terras e duas azenhas. Os caminhos municipais estão quase intransitáveis e há desabamentos de terrenos por toda a freguesia, um dos quais atingiu uma casa de habitação” (Correio dos Açores, 30/08/1964). O ‘Correio dos Açores’ noticia que durante as semanas seguintes no lugar do Campanário “(...) em todas as casas as fendas vão-se alargando progressivamente pelo que se mandou proceder à evacuação daquele local (...) o desabamento de terrenos para a ribeira são permanentes e em todo o terreno que rodeia a povoação abrem-se fendas profundas (...)”. Analisadas as evidências descritas nos vários relatos, é de supor a existência de um movimento de vertente profundo na zona do Campanário, que se movimenta com maior ou menor velocidade, influenciado pela maior ou menor quantidade de água no solo.



Figura 2 - Aspeto da zona do Campanário após os movimentos de vertente em dezembro de 2010

A 22 de maio de 1980, um desabamento desencadeado no sítio da Rocha Alta provocou um tsunami com *run-up* de 5 metros. O jornal ‘As Flores’ noticia que o desabamento terá ocorrido ao anoitecer, altura em que muitos pescadores no cais das Lajes, perplexos, viram o mar subir acima dos seus limites habituais, submergindo os barcos que se encontravam varados.

Mais recentemente, a 3 de dezembro de 2010, episódios de precipitação intensa e prolongada desencadearam dezenas de movimentos de vertente que provocaram danos em habitações, interrupção de estradas e retirada de pessoas nas freguesias do Lajedo e Fajãzinha. O lugar do Campanário (embora já desabitado) foi de novo o local mais afectado, onde foi possível verificar fendas na estrada, casas e muros. A 30 de outubro de 2012, devido igualmente à precipitação intensa foram desencadeados movimentos de vertente, alguns deles reativados, que provocaram interrupções e danos em estradas.



Matemática, Física e Química

Aplicada, pura, fundamental, discreta

Margarida Raposo, Ana P. Garrão

3 de maio de 2020

Pure mathematics is dedicated to the pursuit of knowledge for knowledge's sake, exploring abstract structures without aiming for immediate applications. However, many discoveries end up having practical impact, as is the case with number theory, the basis of modern cryptography. Category Theory, created in 1945, exemplifies this evolution well, offering a unifying framework for various areas of mathematics and applications even in computing. Researchers at the University of the Azores are studying this theory in collaboration with the University of Coimbra, showing how fundamental research can directly or indirectly fuel innovation and scientific progress.

A distinção entre investigação em Matemática fundamental (comummente designada por Matemática pura) e em Matemática aplicada suscita, desde sempre, opiniões divergentes, quer entre os matemáticos quer na sociedade em geral. No que respeita à Matemática



Figura 1 - Godfrey Harold Hardy (1887-1947)

pura, o conceito central está na ideia de generalidade, sendo a busca desinteressada do saber a principal motivação para a sua investigação, não havendo, necessariamente, uma preocupação com uma possível aplicação quer em outras áreas do conhecimento quer em produtos de grande alcance social. No entanto, muitas destas aplicações e produtos empregam resultados da investigação pura, não raras vezes, passadas décadas, ou mesmo séculos.

Um exemplo interessante é o do matemático Godfrey Harold Hardy (1887-1947) (Figura 1), grande defensor da matemática pura, que considerava que todo o valor de um resultado matemático é interno à própria matemática, independentemente de eventuais aplicações, tendo uma visão restritiva da utilidade da Ciência centrada na sua aplicabilidade a questões práticas da vida corrente, chegando mesmo a afirmar no seu livro “A mathematician’s apology”, originalmente publicado em 1940, altura em que a sua criatividade diminuía bastante devido a ter problemas de saúde:

“Nunca fiz nada de “útil”. Nenhuma descoberta minha fez, ou é suscetível de vir a fazer, direta ou indiretamente, para o bem ou para o mal, a menor diferença para a amenidade do mundo.”

Curiosamente, Hardy, tendo-se dedicado sobretudo à Análise Matemática, trabalhou também em Teoria dos Números, que considerava tão “inútil” como, por exemplo, a Relatividade e a Mecânica Quântica, que, como todos sabemos, têm significativas aplicações hoje em dia. Em particular, a Teoria dos Números está na base do sistema de criptografia de chave pública RSA, descrito em 1978, que é amplamente utilizado para a transmissão segura de dados.

O processo de criação matemática consiste na investigação de diferentes estruturas abstratas, definidas axiomaticamente, descobrindo relações entre objetos matemáticos conhecidos ou desconhecidos.

A Matemática pode, em linhas gerais, ser subdivida em subáreas, sendo a aritmética, a álgebra, a geometria e a análise as mais conhecidas pelo público em geral. Em 1945 foi apresentada, pela primeira vez, por Samuel Eilenberg e Saunders Mac Lane (carinhosamente apelidado como o “pai das categorias”), a Teoria das Categorias, teoria matemática que lida de uma maneira abstrata com as estruturas matemáticas e as relações entre elas.

Esta teoria fornece mecanismos abstratos para representar várias estruturas matemáticas, isto é, muitas das suas propriedades podem ser unificadas e simplificadas pela utilização de diagramas e setas (Figura 2). O diagrama em si é uma estrutura matemática chamada de grafo e os nós são objetos matemáticos, como conjuntos, grupos, semigrupos, etc., as setas podem representar funções, morfismos, homomorfismos etc., e são designados por functores. Estes mecanismos tornam possível provar muitos resultados matemáticos de uma maneira mais simples, constituindo, assim, um ambiente consistente para o estudo de diversas áreas da Matemática. A capacidade de generalização, abstração e unificação de teorias é o grande mérito da teoria das categorias.

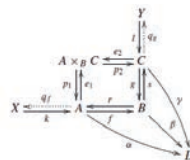


Figura 2 - Exemplo de um Diagrama usado em Teoria das Categorias

Recentemente, publicámos, em conjunto com investigadores do Centro de Matemática da Universidade de Coimbra, o artigo *Cancellative conjugation semigroups and monoids*, na Semigroup



Figura 3 – Foto de grupo Category Theory Conference que decorreu em Ponta Delgada

Forum, revista internacional de investigação matemática com arbitragem científica (Figura 3).

Nessa publicação introduzimos a categoria *Cancellative conjugation semigroups* (S), que consiste em todos os semigrupos equipados com uma operação unária, que designamos por conjugação. Mostramos que esta categoria é *weakly Mal'tsev* e damos uma caracterização para a admissibilidade de todos os seus diagramas. Consideramos, ainda, a subcategoria *Cancellative conjugation monoids* de S . Para esta categoria, caracterizamos os morfismos que

induzem algumas estruturas internas, tais como *internal reflexive graph*, *internal category* e *internal grupoid*.

Este trabalho foi dado a conhecer à comunidade científica da área, na Universidade dos Açores, que teve o privilégio de participar na organização da edição 2018 da *International Conference on Category Theory*, conferência que se realiza, anualmente, em diferentes países. Esta conferência reuniu, em Ponta Delgada, 107 especialistas, de várias nacionalidades, em Teoria das Categorias onde foram apresentados e discutidos resultados recentes da investigação científica neste domínio (Figura 4).

A investigação que temos vindo a desenvolver incide na aplicação da Teoria das Categorias, principalmente na Álgebra; no entanto, podemos referir que a Teoria das Categorias também tem aplicações práticas como, por exemplo, nas ciências da Computação.

Pelo que acabámos de expor, facilmente se concluirá que, tal como as descobertas da investigação fundamental levam à investigação aplicada, por vezes também esta incentiva a investigação fundamental a explorar outros domínios.

O deus romano que inspirou um nobel da Física e levou à invenção de novos materiais

As nanopartículas Janus

Helena C. Vasconcelos

28 de junho de 2020

Inspired by the two-faced Roman god, Janus nanoparticles stand out for combining opposite properties in a single body, such as surfaces that repel and attract water. This duality makes them multifunctional and innovative in creating materials with unique behaviours at the nanoscale. Recent studies show that, when interacting with light, these particles can bend light beams — so-called “photon hooks” — paving the way for new ways to manipulate microscopic objects with optical tweezers. Thus, Janus science unites art, physics and ingenuity at the frontier between the invisible and the extraordinary.

Janus é o deus da mitologia romana que tem duas caras, que contempla, simultaneamente, o início e o fim, o passado e o futuro e por isso tem um rosto voltado para a frente e outro para trás (Figura 1a). Janus é o deus das partidas e chegadas, dos inícios e dos fins. O seu nome levou à definição do caráter da “pessoa de duas caras” (não confiável) e também serviu de inspiração para designar o mês de janeiro, o primeiro do ano, que representa o futuro, enquanto encerra o passado. As nanopartículas de Janus (NPJs), assim designadas em homenagem a este deus romano, têm duas faces opostas e de natureza distinta, representadas na Figura 1b (a verde e a azul): “Pequenos seres, com grande potencial de aplicação”. Foi desta forma que Pierre-Gilles de Gennes apresentou as NPJs na cerimônia que lhe atribuiu o Prêmio Nobel de Física (PNobF), em 1991, pelo seu contributo para a Física dos Materiais com dualidade de comportamento – i.e., compreendidos entre o estado líquido e o sólido. Essa dualidade é a principal característica das NPJs. Ao contrário das nanopartículas (NP) normais, que são feitas de um único material, as NPJs são constituídas por duas ou mais substâncias distribuídas assimetricamente, exibindo propriedades antagônicas, como p.e. uma parte hidrofóbica (repele água) versus outra hidrofílica (absorve água) ou uma face de carga positiva versus outra de carga negativa. São, por isso, multifuncionais, pois combinam diversas propriedades, óticas, elétricas ou magnéticas etc., em diferentes áreas da mesma partícula. Devido à minimização da energia de superfície, as NPJs são preparadas em forma esférica, porém um dos grandes desafios atuais é a síntese de formas não esféricas, tais como cilindros ou discos, etc. (Figura 1b). O potencial de aplicação das NPJs cresceu significativamente na última década e levou à invenção de novos materiais multifuncionais partir das dimensões e morfologias únicas das NPJs à nanoescala. Destaca-se, p.e. as suas capacidades de auto-organização. Se as faces positivas de duas partículas estiverem frente a frente, o efeito resultante é a repulsão eletrostática; mas, havendo outras partículas nas proximidades, ao efeito de repulsão junta-se o efeito de rotação, na tentativa de levar o sistema a fazer com que as faces das NP com cargas opostas se coloquem frente a frente. Dependendo dos processos de auto-organização é possível formarem-se diferentes estruturas (Figura 1c). A geometria das NPJs e a direccionalidade das interações podem ser usadas para controlar as propriedades físicas dessas estruturas e definir estratégias para explorar outras, como p.e. a autopropulsão como uma força motriz ajustável para promover a auto-organização.

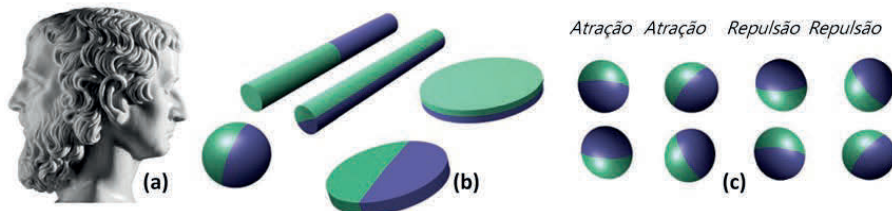


Figura 1 - (a) Deus Janus; (b) Nanopartículas Janus de diversas morfologias? (c) Pares de nanopartículas de Janus. O potencial de interação muda de atração para repulsão em diferentes orientações relativas.

O PNOBF de 1991 deveu-se precisamente à descoberta de que os métodos desenvolvidos para estudar a auto-organização (ou a ordem) em sistemas simples podem ser generalizados a formas mais complexas da matéria, em particular aos cristais líquidos e aos polímeros líquidos (levando à descrição dos sistemas da chamada física da matéria condensada macia). Pierre-Gilles de Gennes visitou Lisboa em 2004 (Figura 2a), três anos antes de falecer, em 2007. Os seus trabalhos inspiraram diversos estudos relacionados com aplicações das NPJs. Em particular, no campo da fotónica, foi recentemente demonstrado que as propriedades únicas das NPJs podem fazer curvar um feixe de luz, trazendo um novo conhecimento à geração de feixes curvos de luz, designados por “ganchos fotónicos”. Ao fazer incidir uma onda de luz plana sobre uma partícula “normal”, esta funciona como uma lente, focalizando o feixe numa região estreita e alongada de alta intensidade, localizada no seu lado não iluminado (jato fotónico) (Figura 2b). Embora se saiba que os raios de luz se deslocam em linha reta, diversos estudos demonstraram que é possível fazer curvar o jato fotónico se direcionamos uma onda de luz plana para uma NPJs, obtendo-se um “gancho fotónico” (Figura 2c). Isto prova a existência de um novo tipo de feixe de luz curvo, além do feixe curvo Airy, que explica, p.e., o arco-íris.

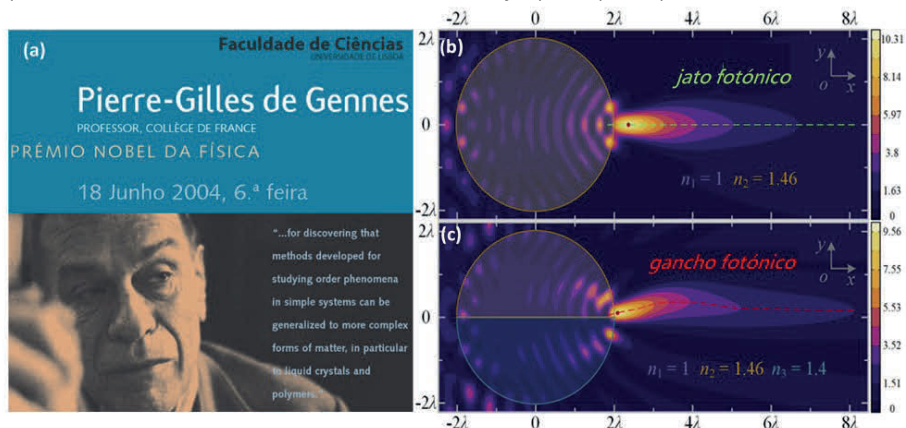


Figura 2 - (a) Cartaz alusivo à presença de Pierre-Gilles de Gennes em Lisboa (2004)3; (b) Jato Fotónico e (c) Gancho Fotónico*, formados, respetivamente, por iluminação de uma partícula dielétrica e por uma partícula Janus.

Os graus de curvatura e os comprimentos dos ganchos fotónicos podem ser modulados variando os índices de refração (n_1, n_2, \dots) do sistema. Estes feixes curvos poderão ser usados para manipular objetos à nanoescala, melhorando o desempenho das pinças óticas. Estes instrumentos usam um feixe de laser altamente focado, que gera forças que podem ser usadas para segurar e mover objetos microscópicos de maneira semelhante às pinças, mas acionados a luz. As pinças óticas têm sido bem-sucedidas no estudo de uma variedade de sistemas biológicos.

A importância do som na nossa vida diária

Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos

26 de julho de 2020

Since the dawn of humanity, sound has influenced how we relate to the world and to ourselves. It is energy in motion, capable of communicating emotions and connecting the material to the spiritual, but also of causing imbalance when in excess. Noise pollution is now the second largest form of environmental pollution, affecting young people exposed to high noise levels in particular. UNESCO warns of the importance of preserving healthy sound environments and valuing the transformative power of music, which stimulates the mind, memory and harmony between people.

Desde o início dos tempos as primeiras comunidades humanas atribuíram significados específicos à diversificada paisagem sonora que as rodeavam, atribuindo-lhes um significado cultural ao que, até ali, fora apenas natural. O som desempenha um papel importante em todas as atividades humanas e as aplicações da acústica são encontradas em praticamente todos os aspectos da sociedade. O ambiente sonoro é um componente essencial do nosso equilíbrio, moldando o nosso comportamento individual e coletivo. No livro “O Som e o Sentido”, Winick refere que, *o som é impalpável e invisível, características que permitem a atribuição das propriedades do espírito à música. O som torna-se o elo comunicante do mundo material com o espiritual e invisível. Daí o uso mágico do som em diversas culturas*”. Presentemente, no entanto, há uma preocupação com o excesso de som, que se transforma em ruído ou poluição sonora, e necessita ser controlado para garantir ambientes de vida e trabalho saudáveis.

A relevância do som nas nossas vidas é mais importante do que muitas vezes julgamos. Este é uma forma de energia que se propaga através da matéria, apresentando um comportamento ondulatório. Existe uma enorme variedade de sons que nos rodeiam, desde os sons da natureza aos sons dos animais, e à sonoridade dos instrumentos musicais. Embora, a música não seja um fenómeno exclusivamente acústico, pois, ela é pensada e gerada por pessoas, expressando um determinado comportamento destas pessoas, para a comunicação com outras pessoas. As ondas têm parâmetros físicos associados, como a frequência (número de oscilações completas geradas por unidade de tempo) e o comprimento de onda (distância entre duas cristas sucessivas ou dois vales sucessivos) (Figura 1). Com base na variação destes dois tipos de parâmetros mensuráveis, a qualidade do som altera-se.

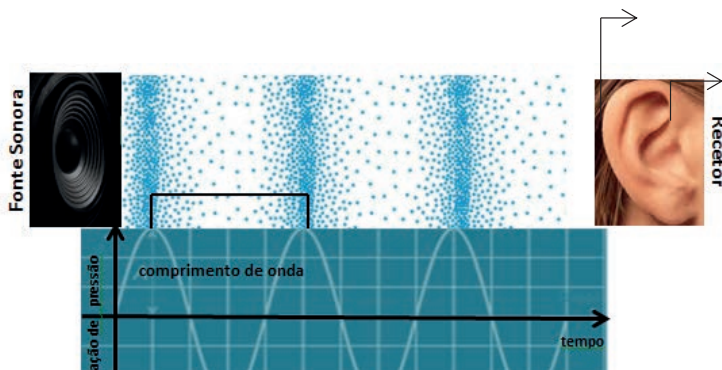


Figura 1 - Propagação de uma onda sonora.

Sob determinados estímulos, sabemos que os corpos vibram e que essa vibração se transmite para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, gerando zonas de maior pressão ou compressão do ar e zonas de menor pressão ou zonas de rarefação do ar. O nosso ouvido é capaz de captar esta vibração e o cérebro faz a sua interpretação.

Porém, nem todos os sons são audíveis para o ser humano, este apenas consegue captar vibrações com frequências compreendidas entre os 20 e os 20.000Hz.

No sentido de promover boas práticas e aumentar a conscientização e o respeito pela importância do som no nosso ambiente, a UNESCO elaborou a Carta do Som, na qual refere que,

“ ... o ambiente sonoro é um espelho e uma porta de entrada para o mundo; reflete e molda o nosso comportamento individual e coletivo, e a nossa produtividade e capacidade de convivermos em harmonia”.

Os setores da sonoridade ambiental, da saúde, gravação e transmissão do som, relação entre imagem e som e a expressão musical e sonora, necessitam, por conseguinte, de ser acompanhados. A dimensão das cidades e o crescimento não sustentável das mesmas têm contribuído para um aumento do ambiente sonoro urbano. Os limites da percepção auditiva não podem ser quaisquer, dada a capacidade auditiva humana. O ouvido humano não pode filtrar sons. No entanto, estamos expostos a um ambiente sonoro que faz uso crescente do som, através de equipamentos audiovisuais e de audição com níveis de ruído cada vez mais altos e frequentemente contínuos. Cerca de 1,1 bilhão de jovens com idades entre 12 e 35 anos correm o risco de sofrerem perda de audição, devido à exposição a ruídos nos telefones, em ambientes recreativos, em festivais, etc. A poluição sonora já é a segunda maior poluição ambiental do planeta, tanto em ambientes internos como em ambientes externos, ultrapassando a poluição da água e apenas perdendo para a poluição do ar. Por outro lado, a pesquisa científica demonstrou que a prática da música ajuda a desenvolver e manter o desempenho cognitivo em todas as idades da vida. Aumenta a capacidade de aprendizagem e memorização e contribui para a aquisição de outras habilidades, principalmente em crianças. Alguns autores defendem que a música é a combinação de sons e silêncios de uma maneira organizada. Porém, utilizando os resultados de um questionário, com um universo maioritariamente açoriano de 411 inquiridos com idades compreendidas entre os 18 e os 25 anos, 14,1% consideram “triste” viver num mundo sem música, e 2% consideram que o som não tem um papel importante na sua vida.

No ano de 2020, com extensão a 2021, comemora-se o Ano Internacional do Som. Esta é uma iniciativa de algumas organizações internacionais apoiadas pela UNESCO, para aumentar a consciência sobre a relevância do som no dia-a-dia. Importa, porém, sublinhar que na altura em que se iniciaram as comemorações do Ano Internacional do Som, estávamos a viver em um mundo mais silencioso, devido ao confinamento da população imposto pela pandemia da Covid_19. Durante este período sobressaíram os sons ambientais.

Os primórdios da informática na agropecuária Açoriana

João Porto

1 de novembro de 2020

In the 1980s, when agricultural computing was still in its infancy in Portugal, the Azores stood out with the pioneering Inforlacto System, created in 1982 in São Miguel. Designed as part of the Dairy Farm Management Programme (PMEL), this system integrated technical, economic and zootechnical management of farms, supporting local producers with technology that was innovative for the time. Initially operated on ZX Spectrum computers and later on PCs, Inforlacto eventually covered more than 200 farms. Awarded at national level, it marked the beginning of the digitisation of Azorean agriculture and the modernisation of the regional dairy sector.

Em 1981 a existência de aplicações informáticas destinadas à agricultura e à pecuária em Portugal resumiam-se ao sector industrial da CUF e da Quimigal e visavam a gestão das unidades fabris nas suas componentes produtivas de fertilizantes e rações. No horizonte dos apoios directos aos produtores nada constava. Em alguns países europeus já a situação era oposta, com grandes desenvolvimentos na denominada extensão rural estatal e na consultadoria privada ou de instituições cooperativas. Em França surgiam as primeiras aplicações informáticas com o *Institute National de Recherche Agricole* e a edição da primeira revista dedicada ao assunto, a *Agromatique*. Em Inglaterra, o *Milk Marketing Board* dava passos de gigante com a informatização de serviços introduzindo "main frames" da Digital DEC PDP-11 no seu centro em Thames Ditton. Os seus serviços de apoio técnico aos produtores constituíam uma fonte de crescimento e evolução ímpares na Europa. Mais tarde os Irlandeses do "An Foras Taluntais" iriam seguir o sistema inglês.

Em Portugal, apenas a Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, através do Laboratório de Epidemiologia Económica, gerido pelo Dr. Tilak Viegas, experimentava introduzir métodos de trabalho mais avançados, utilizando folhas de cálculo e bases de dados em *DBase* para implementar um programa de apoio a um pequeno grupo de explorações leiteiras em torno da região de Lisboa. Nos Açores, o então designado por nós **Sistema Inforlacto** que era considerado pioneiro no país e na Península Ibérica, iniciava a sua actividade em Setembro de 1982, na ilha de São Miguel (mais tarde viria a estender-se à ilha Terceira). O projecto foi apresentado no Seminário de Epidemiologia Económica do II Congresso de Veterinária realizado em Lisboa, de 21 a 25 de Novembro de 1983. Viria, mais tarde, a proporcionar à Associação de Jovens Agricultores Micaelenses, o Primeiro Prémio Nacional, estabelecido pela Caixa Geral de Depósitos a projectos apresentados por organizações de produtores.



Figura 1 - Primeira apresentação pública do Programa de Maneio das Explorações Leiteiras na Feira Agrícola de 1985, com a presença do Ministro da República, general Conceição e Silva, Secretário das Finanças, Dr. Álvaro Dâmaso, Secretário Regional do Comércio e Indústria, Eng^o Costa Santos, Director dos Serviços Veterinários da ilha de S. Miguel, Dr. Luís Sequeira de Medeiros, Eng^o António Carvão, Director Regional da Agricultura e o técnico responsável pelo programa, Eng^o Zootécnico João Gabriel Fonseca Porto. Sobre a bancada um microcomputador de 8 bits Sinclair ZX Spectrum 48K com um monitor de televisão e uma impressora de agulhas.

O referido Projecto, e toda a programação foram concretizados no denominado Programa de Maneio das Explorações Leiteiras - PMEL, desenvolvido sob o patrocínio da Secretaria

Regional da Agricultura e Pescas, sob a orientação do então Secretário Regional Adolfo Ribeiro Lima e do Director Regional Luís Henrique Sequeira de Medeiros. Este projecto foi também conhecido nos finais dos anos 90 sob a designação de Programa de Melhoramento da Agro-Pecuária. A actividade do PMEL, como programa piloto na introdução de Novas Tecnologias da Informação, arrancou com a consultadoria técnica a 30 explorações leiteiras da ilha de São Miguel, distribuídas pela Bacia Leiteira de Ponta Delgada, Região Norte da Ribeira Grande e Bacia Leiteira da Povoação, chegando na sua fase final a abranger mais de 200 explorações leiteiras.

Os programas informáticos do PMEL visavam implementar indicadores para a gestão das explorações nos seus aspectos económicos e de manejo. Foi assim concebido um Sistema Integrado de Gestão, denominado INFORLACTO que incluía duas vertentes: um suporte central de informação, onde constavam a Gestão Técnica e Económica, a Contabilidade Simplificada por Margens Brutas, o Controlo de Fecundidade e Fertilidade, o Contraste Leiteiro Privado e a Previsão da Produção Leiteira; um suporte portátil para trabalho no campo, designado LACTOPLAN e do qual constavam Arraçamentos para Bovinos Leiteiros, Economia de Controlo de Mamites, Fertilizações de Culturas Forrageiras e seu planeamento e programas periciais "*What if*", Gestão de Quota Leiteira, Previsão de Produção Leiteira e Gerador de Fluxos de Caixa.

A portabilidade do referido programa iniciou-se com um *ZX Spectrum* com 64 Kb. A leitura dos programas em *BASIC* fazia-se num leitor de cassetes e a impressão numa impressora térmica de agulhas extremamente barulhenta. A componente de apoio ao trabalho de consultadoria no campo beneficiava ainda de um pequeno televisor Philips, onde era possível visualizar os resultados.



Figura 2 - Reunião de trabalho em 1984 do Programa de Maneio das Explorações Leiteiras com um grupo de lavradores da freguesia da Lomba da Maia na Casa do Povo

Em 1990 já se operava com um PC com Sistema Operativo MS-DOS, versão 2.10, com um mínimo de 320 Kb de memória, um disco rígido de 1 Mb e uma unidade de disquetes. O projecto, evoluiu mais tarde com o primeiro hardware portátil conhecido na época - um Epson HX20 com leitor de microcassetes e impressora incorporada.

Após 1998, a então crise financeira em que se encontrava a Região Autónoma dos Açores, conduziu à reavaliação de todos os projectos e programas dos serviços oficiais e à reestruturação minimalista dos recursos alocados ou mesmo ao seu término, encerrando este episódio.

O maravilhoso mundo dos metais

Ana M. Seca

29 de novembro de 2020

Metals, which make up most chemical elements, are fundamental to nature and human life. Shiny, conductive and versatile, they range from gleaming gold to tough tungsten, used in light bulbs and rocket engines. Some, such as aluminium, form protective layers against corrosion, while others, such as iron, rust over time. In addition to being essential to modern technology, metals also play a vital biological role: iron transports oxygen in the blood, magnesium participates in photosynthesis, and cobalt is part of vitamin B12, demonstrating their value on multiple scales.

A grande maioria dos elementos químicos existentes na natureza correspondem à categoria dos metais. São elementos muito heterogêneos, mas com propriedades comuns: tonalidade prateada (a maioria), brilhantes (brilho metálico), suaves ao toque, mais densos que a água e bons condutores de eletricidade. A maioria são sólidos à temperatura ambiente, mas o metal mercúrio é líquido e tão denso que o chumbo flutua sobre a sua superfície. São de uma versatilidade estonteante. Por exemplo o cobre, exibe aplicações de grande valor econômico quer na sua forma pura (como um dos melhores condutores de eletricidade) quer combinado com estanho dando origem ao bronze a partir do qual se fazem grandes obras de arte que perduram no tempo. Alguns metais puros resistem estoicamente à ação do tempo sem sofrerem qualquer reação de degradação como o ouro e a platina cujo brilho permanece indefinidamente, enquanto outros, como o ferro, reagem espontaneamente com o oxigênio do ar, na presença de água, mesmo vestigial, originando a ferrugem, uma reação praticamente impossível de parar e que acarreta perdas econômicas imensas, como por exemplo, o desgaste de estruturas de portos, carros, barcos, pontes, etc.

Alguns elementos metálicos são sobejamente conhecidos como os já referidos cobre, ferro ou ouro, mas outros, têm nomes mais estranhos como tântalo, ósmio, rênio, irídio ou tungstênio. O tungstênio é um elemento metálico 19,3 vezes mais denso que a água, inclusive mais denso que o mercúrio, e por isso afunda rapidamente neste último. O ponto de fusão é o mais elevado entre todos os metais (3422 °C), e o 2º mais elevado entre todos os elementos, apenas ultrapassado pelo carbono. É mais duro que a maioria dos aços, e mantém a sua forma a temperaturas extremamente elevadas, pelo que tem as características ideais para ser usado como filamento nas lâmpadas de incandescência, soldagem TIG, aplicações de alta temperatura como bocal do motor de foguetes, e em ligas pesadas com aço rápido.



Figura 1 - Tungstênio: metal com alta pureza extraído da volframite e com aplicação na soldadura TIG e nas lâmpadas de filamento

Existem metais bastante estáveis e pouco reativos que por isso existem na natureza em formas não combinadas, ou seja, existem como metais no estado puro. São exemplos a platina, o ouro, a prata e o cobre. Ao contrário destes, a maioria dos metais tem uma tremenda “fome” de oxigênio que resulta na tendência para sofrerem oxidação. Por isso,

existem na natureza na forma de óxidos, muitas vezes misturados com óxidos de outros metais, originando os minerais, muitos deles de composição química complexa.

O tungstênio é extraído maioritariamente por tratamento químico dos minérios scheelite e volframite (este último é obtido nas minas Portuguesas da Panasqueira, Covilhã), enquanto o cobre e o zinco são obtidos a partir do tratamento químico dos minérios calcopirite e esfalerite, respetivamente, por exemplo na Mina de Neves-Corvo em Castro verde, Beja.

Alguns metais são ilusoriamente resistentes ao tempo, como por exemplo o alumínio. Este metal, um dos mais abundantes na crosta terrestre, reage energeticamente com a água dissolvendo-se nela, embora não seja essa a percepção que temos. Na realidade, o que se passa é que o alumínio puro quando exposto ao ar, e à semelhança de outros metais, reage com o oxigénio formando na sua superfície uma fina camada do respetivo óxido, óxido de alumínio. No entanto este óxido, ao contrário de outros como o óxido de ferro, é fortemente aderente à superfície metálica, é não poroso e inerte, além de ser transparente, pelo que visualizamos sempre a superfície metálica com aspeto “novinho”. Assim, o óxido de alumínio funciona como camada protetora do próprio metal, resistente à ação de outros agentes químicos, conferindo-lhe uma “aura” de duradouro.

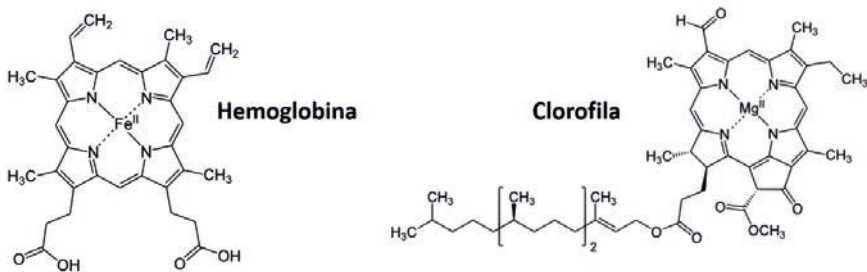


Figura 2 - Estruturas químicas dos grupos que contêm ligações a iões metálicos na hemoglobina (Fe²⁺) e no pigmento verde clorofila (Mg²⁺)

Os metais estão presentes também nos seres vivos, não na forma metálica (insolúvel nos sistemas constituídos maioritariamente por água), mas sim na forma iónica, forma em que são solúveis e se podem ligar a outras moléculas desempenhando um papel relevante em diversos processos biológicos. Por exemplo, o ferro, na forma de iões Fe²⁺ e Fe³⁺, ligado à proteína hemoglobina é responsável pelo transporte do oxigénio dos pulmões pela corrente sanguínea até aos tecidos onde a maquinaria celular o consome, no processo de produção de energia. Também o magnésio e o cobalto, na sua forma iónica, são essenciais aos seres vivos, o primeiro na clorofila, o pigmento verde vital para a realização da fotossíntese, o segundo presente na molécula designada por vitamina B₁₂. Outros metais, muito menos comuns como vanádio e molibdénio, estão também presentes no nosso corpo embora em quantidades muito baixas, mas mesmo assim relevantes. Compostos de vanádio parecem imitar e/ou potenciar a atividade da insulina enquanto o molibdénio encontra-se ligado a várias enzimas como xantina-oxidase e está envolvido na desintoxicação do fígado.

Como a física e as tecnologias dos materiais se aplicam aos desafios da medicina nuclear

Helena C. Vasconcelos, Luís F. Metello, Marina Sousa, Ana Roda, Miriam Capoulas, Francisco Ferreira, Lídia Cunha

13 de dezembro de 2020

Nuclear medicine uses small amounts of radioactive substances, called radiopharmaceuticals, to diagnose and treat diseases. These compounds are mainly produced in cyclotrons, machines that accelerate particles to generate radioactive isotopes, such as technetium-99m and gallium-68, which are essential in examinations and therapies. In the Azores, the company CYCLOTech, in partnership with the University of the Azores, is developing innovative technology to manufacture radioisotopes from solid targets, increasing production efficiency and safety. This advance places the region at the forefront of an area crucial to the future of medicine and scientific research.

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica, independente desde 1970, e relacionada com atividades de diagnóstico e/ou de terapêutica que usa pequenas quantidades de produtos radioativos, quando em procedimentos de diagnóstico, ou quantidades maiores quando em “terapia radiometabólica”. Portanto, terá de haver quantidades suficientes de radiofármacos, que são as biomoléculas emissoras de radiação com afinidades específicas aos procedimentos e efeitos pretendidos, e que são administradas previamente aos doentes antes de serem detetadas pelos equipamentos – *scanners* – e assim evidenciarem os processos biológicos em estudo. Portanto, sem radiofármacos não poderão ocorrer atividades de Medicina Nuclear. Os radiofármacos tendem – cada vez mais – a ser produzidos em unidades equipadas com ciclotrões, (1200/1500 a nível mundial – 2 em Portugal) ou por reatores nucleares, cada vez mais escassos, com menos do que 10 unidades a nível mundial (e, essencialmente, obsoletos). Existe aqui, portanto, uma grave ameaça a nível global ao mesmo tempo que a opção do uso de ciclotrões se torna numa perspetiva cada vez mais atrativa, mesmo necessitando ainda de aperfeiçoar alguns aspetos para produzir maiores quantidades de produtos cada vez mais diversos e específicos. É neste contexto de interesse global que a Física e as Tecnologias dos Materiais se revelam fundamentais para o desenvolvimento de sistemas/soluções de produção direta de radiofármacos em ciclotrões (Figura 1), particularmente através do uso de alvos sólidos.

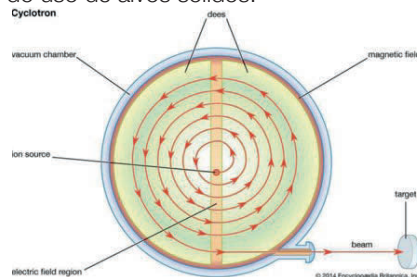


Figura 1 - Principais componentes e modo de funcionamento de um ciclotrão

Os alvos sólidos são peças determinantes na produção direta de múltiplos isótopos radioativos, como por exemplo o ^{99m}Tc - Tecnécio (usado em 80% dos procedimentos diagnósticos em Medicina Nuclear convencional), ou o ^{68}Ga – Gallium (usado num número crescente de procedimentos em Medicina Nuclear positrónica) obtidos a partir da reação entre prótons acelerados (com energias que idealmente variam entre os 15 e os 16 MeV) e, respetivamente, os núcleos de átomos de Mo ou de Zn .

Estes alvos são os consumíveis de base numa nova solução tecnológica integrada (Fig.2) desenvolvida e destinada a ser comercializada globalmente pela empresa CYCLOTech (grupo IsoPor, sediada no Parque TERINOV), apoiando-se o seu desenvolvimento em atividades conjuntas de ensino e investigação com a FCT/UAc ao longo de vários anos de colaboração formalizados por convénio em 2018.

Um ciclotrão é um tipo específico de acelerador de partículas, funcionando através da sujeição das partículas a ser aceleradas ao efeito de um campo elétrico e de um campo magnético. Uma vez atingidas as velocidades/energias adequadas, após um determinado

tempo/distância de aceleração, o feixe de partículas irá ser usado como fonte de projéteis, bombardeando alvos preconcebidos e estudados de forma a que, ao sofrerem o bombardeamento das partículas aceleradas durante um período de tempo adequado para o efeito pretendido, irão facilitar a ocorrência de reações nucleares, transformando-se substâncias preexistentes no alvo em substâncias distintas das iniciais, agora instáveis (radioactivas) e que a seguir serão utilizadas como componentes fundamentais de radiofármacos.

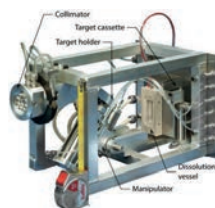


Figura 2 - Sistema integrado para a irradiação e dissolução de alvos sólidos

Trata-se de uma área complexa e tecnicamente muito exigente, incluindo desafios difíceis de gerir, razões pelas quais, pelo mundo fora, são ainda muito poucos os grupos de investigação que realizam atividades nesta área específica, sendo que quase todas as companhias comerciais atuais usam essencialmente alvos líquidos e/ou gasosos na produção de quantidades muitas vezes insuficientes de um número restrito de isótopos distintos, limitando as expectativas dos médicos e dos doentes, que anseiam por produtos cada vez mais eficazes.

Na produção de radioisótopos em alvos sólidos, os materiais originais são depositados numa peça metálica, designada de base do alvo (Figura 3), antes de serem bombardeados por um feixe de prótons acelerados durante o tempo necessário para a produção efetiva de uma quantidade adequada de radioisótopos, gerando-se uma quantidade de calor muito elevada, concentrada numa pequena área, o que cria problemas que têm que ser mitigados em tempo real, revelando uma relação direta entre a energia térmica produzida e a eficácia do arrefecimento para a continuação do bombardeamento – possível apenas se não houver alterações estruturais do material do alvo.

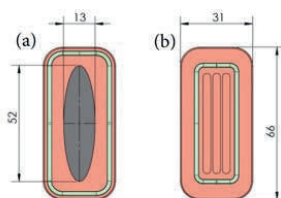


Figura 3 - Alvo sólido, frente e verso; (a) mostra a área irradiada frontal a cinzento e o substrato a laranja; (b) mostra os canais de arrefecimento. As dimensões estão em mm.

A caracterização dos processos de irradiação/aquecimento e arrefecimento dos alvos, está integrado num projeto de âmbito internacional, que envolve para além da FCT/UAC e da IsoPor, outras instituições de investigação e empresas.

Ciclones tropicais 2020

Hiperatividade no Atlântico

Maria G. Meirelles

27 de dezembro de 2020

The 2020 Atlantic tropical cyclone season was historic in terms of the number and intensity of storms: by mid-November, 31 systems had formed, including 13 hurricanes. Global warming, which has already increased the average sea water temperature by around 1.5°C since the beginning of the 20th century, provides more energy and moisture to the atmosphere, favouring stronger and more frequent hurricanes. Studies also indicate that these cyclones move more slowly, prolonging their destructive effects. In 2020, the 21 names predicted were exhausted, making it necessary to use the Greek alphabet to name the remaining storms.

A temporada 2020 de ciclones tropicais no Atlântico continua a surpreender os cientistas, principalmente devido à intensidade e à frequência dos eventos. Até ao dia 17 de novembro foram registados 13 furacões, 17 tempestades tropicais e uma tempestade subtropical. Considerando as últimas 23 temporadas (1998/2020), verifica-se que a temporada 2020 pode considerada histórica, Figura 1.

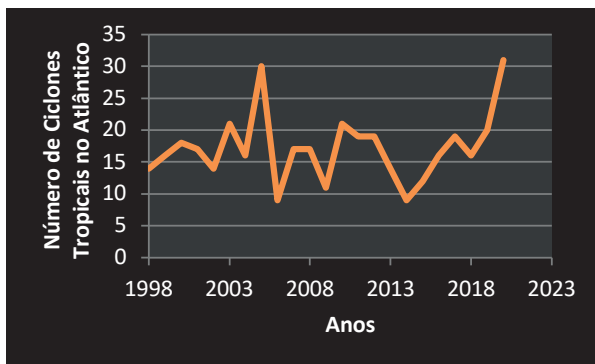


Figura 1 - Número de ciclones tropicais no Atlântico para o período entre 1998 e novembro de 2020

Ciclone tropical é o termo genérico atribuído a um sistema de baixa pressão à escala sinótica (dias a semanas), não frontal, que se origina em águas tropicais ou subtropicais com convecção organizada e vento ciclónico à superfície, apresentando uma trajetória de difícil previsão Figura 2. Aos ciclones tropicais estão associados os mais devastadores desastres naturais, tanto por causa da perda de vidas humanas, como pelas perdas económicas induzidas. A vulnerabilidade a estes fenómenos está sendo agravada, em parte, pelo aumento da população a viver em zonas costeiras. Contudo, a probabilidade de ocorrência de ciclones tropicais de grande intensidade/furacões no Atlântico, tornou-se cinco vezes maior nas últimas décadas. Com a temperatura da água do oceano a aumentar em consequência das alterações climáticas; em média ela já é neste momento 1,5 graus superior, em relação ao início do século XX e como a humidade na atmosfera, também está aumentando, devido a uma maior evaporação da água, estão reunidas as condições propícias para que os furacões venham ao longo do tempo ganhando mais energia, tornando -se mais fortes.

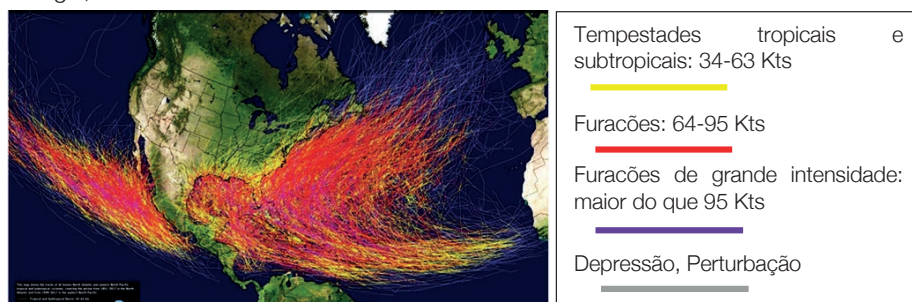


Figura 2 - Trajetórias dos ciclones tropicais – Desde 1949 no Pacífico e desde 1851 no Atlântico Norte. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Em suma, a intensificação dos fenómenos ocorre devido ao facto de estarmos a viver em um clima globalmente mais quente, como resultado da alteração antropogénica da composição da atmosfera.

O conhecimento da velocidade de translação destes fenómenos é um recurso importante para as medidas de prevenção, porque quanto mais lentos os ciclones tropicais se movem, maior será o tempo de influência sobre uma determinada área, resultando em um impacto mais severo. Segundo um artigo publicado na Nature (2020), Kossin refere que, a velocidade de translação dos ciclones tropicais diminuiu globalmente em torno de 10%, quando considerado o intervalo temporal 1949-2016, possivelmente devido ao aquecimento global. Compreender a resposta dos ciclones tropicais às mudanças climáticas tornou-se um tópico de grande interesse e pesquisa.

Para o período 1981-2010 ocorreram em média por temporada 12 ciclones tropicais, 6 furacões e 3 furacões de grande intensidade. A atividade dos ciclones tropicais de cada temporada (01 de junho a 30 de novembro) pode ser avaliada, com base nas projeções do Índice ACE (Accumulated Cyclone Energy), o qual se baseia na intensidade e na duração de todas as tempestades nomeadas em cada estação. A 06 de agosto deste ano, o

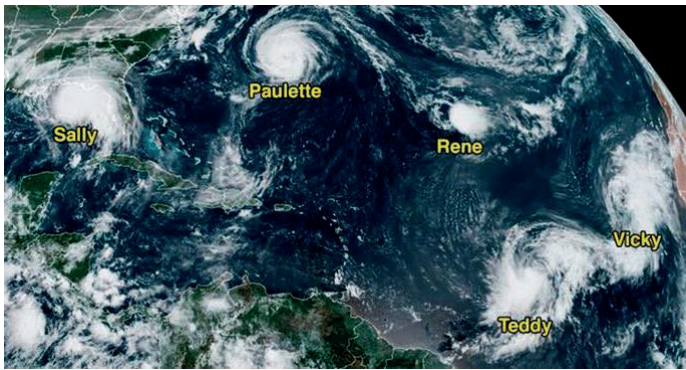


Figura 3 - Atividade verificada em número de ciclones tropicais no Atlântico – 15/09/2020. Fonte: Satélite GOES-16 – NOAA, a 15 de setembro

National Hurricane Center (NHC) divulgou que segundo o Índice ACE, prevê-se uma probabilidade de 85% da presente temporada de furacões ser acima do normal, 10% próximo ao normal e 5% abaixo do normal. Neste ano

de 2020, a época dos ciclones tropicais foi iniciada mais cedo com a formação do “Arthur” a 16 de maio.

A Figura 3 documenta uma imagem de satélite gerada pelo GOES-16 da NOAA a 15 de setembro. No Atlântico havia 5 sistemas meteorológicos ativos, sendo 3 furacões (Sally, Paulette e Teddy) e, duas tempestades tropicais; Vicky e Rene.

A lista com os 21 nomes a serem atribuídos aos ciclones tropicais nesta época não foi suficiente. Houve a necessidade de recorrer ao alfabeto grego para nomear os restantes e, a época de furacões no Atlântico ainda não terminou. Até à primeira quinzena de novembro já se tinham formado 31 ciclones tropicais no Atlântico

Gigantes no Universo

Cláudio Gomes

10 de janeiro de 2021

Black holes are one of the most fascinating mysteries in the universe. Formed when massive stars collapse, they have such intense gravity that not even light can escape. At their centre lies a singularity, where the laws of physics no longer apply, surrounded by an event horizon and other structures such as the ergosphere. Recent studies, which have won Nobel Prizes, have confirmed their existence and revealed gravitational waves generated by the merger of these cosmic giants. Exploring black holes means unravelling the limits of space, time and human knowledge itself.

Desde tempos imemoriais que a Humanidade se depara com questões ontológicas fundamentais: quem somos, de onde vimos, para onde vamos? Mas estas promovem outras indagações igualmente vitais, como por exemplo: o que é a vida, de que é constituída a Terra, o que é este Universo que nos rodeia? A ciência procura precisamente dar resposta a estas e outras questões!

Um dos mais conhecidos mistérios no ramo da Física e da Astronomia trata-se dos buracos negros. Estes objetos correspondem a soluções das equações de campo da Relatividade Geral de Einstein, que se traduzem em objetos extremamente complexos no Universo, onde necessariamente se cruzam fenómenos relativistas e quânticos simultaneamente. Ora, é bem sabido que a Relatividade Geral não é compatível com a Física Quântica, o que nos leva a um laboratório perfeito para testar modelos e entender a natureza última das leis da Física.

Os desenvolvimentos científicos aliados aos avanços tecnológicos ao longo de décadas têm levado a Humanidade a passos cada vez mais próximos de um entendimento destes objetos. Mas aqueles requereram e requerem muito trabalho e dedicação de muitos investigadores, resultando em soluções exatas de buracos negros obtidas por Schwarzschild, Reissner e Nordström, Kerr, Newman, até entendimentos sobre entropia, evaporação de buracos negros, paradoxo da informação, definição de superfícies “presas”, de Hawking ou Penrose. Ou até trabalhos de mais de dez anos de observações de Ghez e Genzel com vista ao estudo do objeto central da nossa galáxia: um buraco negro supermaciço; ou ainda a deteção de ondas gravitacionais resultantes da colisão de dois objetos compactos como buracos negros pelas colaborações LIGO e Virgo. Alguns destes trabalhos valeram Prémios Nobel da Física.



Figura 1 - Visão artística de um Buraco Negro, com um disco de acreção e emissão de jatos de partículas energéticas. Créditos: ESO

De facto, a natureza destes Gigantes Cósmicos é extremamente interessante! Estudemos agora um pouco da sua anatomia. Em geral, um buraco negro tem massa e pode ser estático ou ter rotação em torno de um eixo, e pode também ter carga elétrica. Mas o que é pictoricamente um buraco negro? Ele não é apenas uma região escura onde nem a luz conseguiu escapar, mas, sim, um conjunto complexo de estruturas: no seu interior existe a singularidade (região onde as leis da física como as conhecemos deixam de ser válidas) que pode ser um ponto ou um anel, consoante é estático ou tem rotação, respetivamente; aquela é rodeada por um horizonte de eventos que corresponde a uma superfície em que as noções de tempo e de espaço são invertidas, isto é, se entrássemos

num buraco negro, o que medimos como tempo seria espaço, e vice-versa; ainda fora desse horizonte existem outras estruturas como a ergosfera, que é uma região onde nada consegue ficar estacionário, e subestruturas como um anel de fótons, no qual a luz pode ficar presa, e onde, se lá estivéssemos, veríamos a nossa nuca, tais são os efeitos gravitacionais.

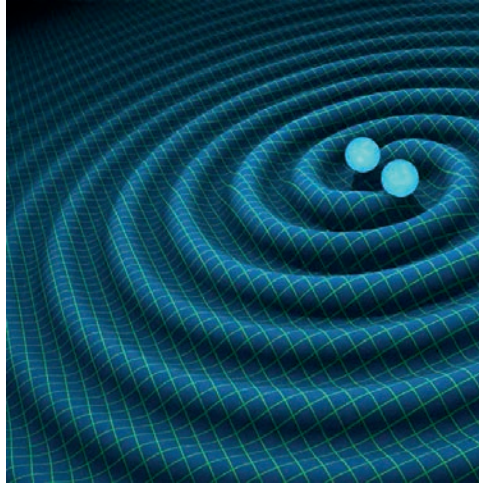


Figura 2 - Visão artística de onda gravitacional criada pela colisão iminente de dois objetos compactos. Créditos: LIGO

Como se não bastasse, imaginemos agora que estes objetos tão compactos, que podem resultar da morte de estrelas muito maciças com massas maiores de 5 vezes a do nosso Sol, através de colapso gravitacional, e que distorcem de tal maneira o espaço-tempo que o “rompem” nas suas singularidades, podem ser vizinhos uns de outros! Ora, dois buracos negros próximos vão iniciar um ritual de dança espiral em torno de um centro de massa comum até se fundirem num novo buraco negro. Desta dança tão energética, resultam ondas no espaço-tempo que se propagam até nós: as ondas gravitacionais! Só em 2015 se conseguiu observar diretamente os efeitos de ondas gravitacionais na Terra! Que fenômenos espetaculares! E ainda há mais: o que acontecerá se alguém atingisse a singularidade de um buraco negro? Bem, não há certezas, pois seria necessária uma teoria quântica da gravidade. Todavia, são estudados alguns cenários como a ponte de Einstein-Rosen, um estilo de túnel para outro lugar no Universo ou até outro Universo, através de um objeto designado por buraco branco, que é o inverso do buraco negro: só expele matéria.

Estes gigantes no Universo são de facto objetos curiosos e extremamente interessantes de serem estudados! Nesse sentido, e para todas as outras áreas do conhecimento, uma aposta clara em ciência tem de ser feita, e um compromisso intra e inter-nações encontrado, pois o conhecimento científico de hoje será a origem da tecnologia do amanhã!

Teoria Ergódica

Caos e a aplicação no estudo dos líquenes da espécie
Cladonia

João Cabral

24 de janeiro de 2021

Nature appears to be chaotic, but mathematics helps reveal its hidden patterns through modelling and ergodic theory. This theory analyses complex and unpredictable systems, studying how small initial variations can generate large differences in their behaviour. Applied to various fields, it shows that even in chaos there are regularities and dynamic equilibria, such as fractals — figures where the whole is repeated in the parts. As in the growth of lichens or the evolution of ecosystems, nature balances disorder and harmony, disguising chaos under surprising mathematical elegance.

A natureza é tendencialmente caótica. Esta é uma frase que certamente desperta logo ódios e paixões aos olhos de quem a lê, pela sua força e abrangência. Para comprovar ou refutar a sua veracidade podemos usar a Matemática. Esta ciência possui ferramentas de análise conhecidas como modelos matemáticos. Os modelos são usados principalmente porque o ser humano tem a percepção de que, seja qual for a razão da existência de toda esta obra, que conhecemos como Natureza, esta deve ter um propósito, logo a sua construção deve assentar em padrões, que embora possam ser, na sua maioria, desconhecidos à intelectualidade humana, eles devem estar presentes.

Na construção de um modelo diferenciaram-se ao longo do tempo vários processos de construção, distinguindo-se no geral os processos que defendem um uso mais próximo da matemática pura e aqueles que permitem a articulação de vários saberes organizados, sob os auspícios do método científico. Assim, consoante o grau de complexidade do pedaço da Natureza a modelar, os modelos matemáticos variam de simples equações, a outras cujo tratamento matemático requer avançados conhecimentos na sua manipulação.

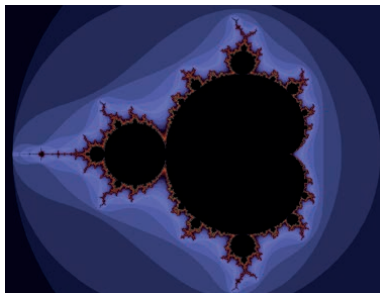


Figura 1 - Conjunto de Mandelbrot. Um fractal cuja propriedade de autossimilaridade é facilmente reconhecível

Um dos riscos da modelação é a perda de certas qualidades que acontecem no fenómeno a modelar, devido à simplificação dos processos, desviando-se da sua forma original e beleza real. Para contrariar este efeito, a modelação matemática, nos tempos modernos, aproxima-se de estruturas tendencialmente caóticas, que são, de certa forma, próximas do comportamento natural dos eventos, mas assentes em regras que são construídas depois de estudar os padrões existentes. Tradicionalmente, o reconhecimento de um fenómeno caótico natural é feito através da leitura das suas características, tendo estas que ser semelhantes à definição matemática do caos. Na matemática, uma estrutura caótica é aquela que apresenta três condições elementares: Sensibilidade, Transitividade e Densidade. Um sistema sensível, para a Matemática, é quando uma pequena alteração nas condições iniciais, quando este começa a ocorrer, por mais insignificante que seja, provoca uma grande alteração na evolução do mesmo. A transitividade garante a perpetuidade dos eventos, mas cujos efeitos futuros herdaram características dos que já ocorreram, numa espécie de corrente. A densidade mostra que o evento é indecomponível em partes distintas, sendo visto como um todo quando estes ocorrem em simultâneo. Desta forma, estudar um sistema caótico converte-se numa tarefa hercúlea, sendo impossível distinguir, devido à sua sensibilidade, as suas componentes

para que se consiga construir padrões. Para combater esta dificuldade nasceu a Teoria Ergódica, que é uma teoria matemática que estuda o comportamento a longo prazo de um sistema, analisando o comportamento resultante das iterações entre as várias componentes que formam um sistema natural. Uma das formas de compreender os efeitos desta teoria é imaginando um rio, que flui numa determinada direção e cujo estudo do mesmo é efetuado através da análise do desgaste que este provoca nas suas margens, na força do seu caudal, na quantidade de materiais que este transporta ou tem de contornar, etc. O termo “Ergódico” deriva das palavras gregas “ergon” (trabalho) e “odos” (caminho). A Teoria Ergódica estuda as propriedades, de forma probabilística, das relações entre as várias componentes de um sistema, construindo o que se designa na Matemática de Espaço de Eventos para que seja possível identificar componentes que se mantêm invariantes ao longo da ocorrência do fenómeno. Esta invariância assume o papel da padronização de eventos que não são caóticos, tornando-se possível a criação de regras que permitem estudar, de uma forma organizada, o caos.

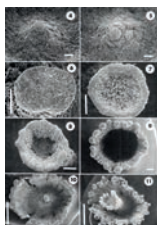


Figura 2 - Crescimento modular do líquen da espécie *Cladonia brownie*. Imagem reproduzida com autorização do autor, que pode ser vista em Samuel Hammer (1996) Modular growth in verticillate podetia of *Cladonia*, *Mycologia*, 88:4, 533-538.

A Teoria Ergódica tem aplicações em vários ramos da ciência, variando desde o entendimento do comportamento de figuras matemáticas complexas, como os fractais, representado na figura 1, para puro divertimento humano, até à aplicação prática do entendimento de como uma espécie se desenvolve num determinado habitat. Enquanto num fractal os invariantes provocam o efeito óbvio, a nível visual, de autossimilaridade, em que cada uma das pequenas partes que constituem o todo são semelhantes ao todo em si, nas estruturas naturais este efeito não é assim tão óbvio quando ocorre. Por exemplo, podemos observar na imagem 2, que mostra o desenvolvimento de um líquen da espécie *Cladonia brownie*, proliferações verticiladas que se formam a partir do centro, do “scyphus”, dando origem a outras camadas de proliferações centrais, provocando o efeito de autossimilaridade, como de um fractal se tratasse. Na prática, para um Biólogo será importante reconhecer este crescimento como sendo “o natural” desta espécie. Este forma um padrão que será visto como referência em futuros estudos desta espécie, mesmo que este crescimento seja controlado por processos que, no seu todo, tendem para o caos, existindo uma entropia natural que a natureza disfarça de uma forma tão elegante, de modo que para os cientistas que estudam o sistema existe um equilíbrio dinâmico de iterações, governado por um conjunto de regras que a ciência designa por homeostasia.

Isómeros

Compostos iguais com diferenças

Ana M. Seca

21 de março de 2021

Isomers are compounds with the same chemical formula but different structures, which gives them distinct properties. Discovered in 1831 by Berzelius, they illustrate how small molecular variations can have large effects. Ethanol and methyl ether, for example, share the same composition but differ in boiling point and solubility. Among fatty acids, oleic acid (cis) is beneficial to health, unlike elaidic acid (trans). Other curious cases, such as limonene in oranges and lemons, show that even aroma depends on the molecular “hand” — a fascinating symmetry of nature.

Em 1831, o prestigiado químico Jacob Berzelius introduziu o conceito de isómeros: Compostos que possuem os mesmos átomos nas mesmas proporções, mas em que esses átomos se ligam uns aos outros de diferentes formas (diferentes arranjos entre eles). O exemplo discutido à época foi o ácido fulmínico ($\text{H}-\text{C}=\text{N}-\text{O}$) (sais deste ácido são usados como detonadores primários) e o ácido cianico ($\text{H}-\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}$) (líquido incolor e venenoso). O conceito de isomeria permanece como essencial em química tendo ao longo dos anos sido aprofundado e alargado, sendo possível encontrar na natureza e no laboratório um largo conjunto de exemplos de compostos isómeros com propriedades e aplicações práticas muito distintas.

O álcool etílico, cujo nome segundo as regras internacionais da nomenclatura química é etanol, possui a fórmula química $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, e a fórmula estrutural apresentada na Figura 1 (A). É um líquido à temperatura ambiente, entra em ebulição a $78,25\text{ }^\circ\text{C}$, forma-se por exemplo durante a fermentação de açúcares e 1 mL deste líquido tem a massa de 0,789 g (densidade 0,789). O éter metílico (nome químico éter dimetílico), é um isómero do etanol pois possui exatamente a mesma fórmula química, mas sua fórmula estrutural é diferente (ver Figura 1 (B)). Como consequência dessa diferença estrutural, o éter metílico é um composto muito menos polar que o etanol (e por isso menos solúvel em água), tem o ponto de ebulição a $-23\text{ }^\circ\text{C}$ (é um gás à temperatura ambiente) e é ainda menos denso do que o etanol. A este tipo de isómeros dá-se o nome de isómeros funcionais pois cada composto possui o grupo funcional característicos de uma família de compostos orgânicos específica, C-OH característico dos álcoois e C-O-C característico dos éteres (assinalados a vermelho nas Figuras 1 (A) e 1 (B), respetivamente).

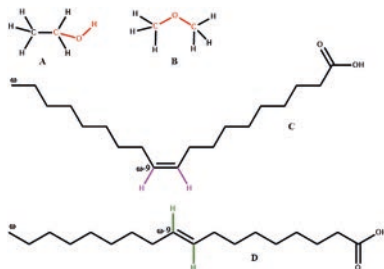


Figura 1 - Fórmula estrutural do etanol (A), do éter metílico (B), do ácido oleico (C) e do ácido eláidico (D)

Mas existem outros tipos de isómeros. Por exemplo, o ácido octadec-9-enóico é um ácido gordo com a fórmula química $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$, e que possui uma ligação dupla localizada entre o nono e o décimo carbonos a contar do último da cadeia, e por isso, é classificado como ácido gordo insaturado w-9. A existência desta ligação dupla que não exhibe rotação livre, ou seja, é "rígida", implica que podem existir 2 arranjos possíveis, isto é, 2 isómeros. O isómero indicado na Figura 1 C em que os hidrogénios dos carbonos da ligação dupla (assinalados a rosa) estão para o mesmo lado, designado por isómero *cis*. Neste caso o composto é o ácido *cis*-octadec-9-enóico (fórmula estrutural na Figura 1 C), sendo mais comumente designado por ácido oleico ou C18:1 *cis*-9, e a sua longa cadeia de carbonos

apresenta uma forma curva. Ele ocorre naturalmente em vegetais e peixes, e é muito abundante em vários óleos vegetais tais como azeite, óleo de amendoim e girassol. O consumo de ácido oleico é associado a vários efeitos benéficos para saúde entre eles a redução da tensão arterial e a diminuição de LDL (conhecido como “colesterol mau”). Por seu lado, o outro isómero, designado por isómero *trans*, possui os hidrogénios dos carbonos da ligação dupla para lados opostos (assinalados a verde na Figura 1 D), e a cadeia do ácido gordo tem uma forma em “linha reta”. Trata-se do ácido eláidico, quimicamente semelhante em tudo ao ácido oleico exceto na configuração da ligação dupla. São os chamados isómeros configuracionais ou isómeros *cis-trans* (na nomenclatura mais antiga designados por isómeros geométricos). No entanto, as semelhanças ficam por aqui. O ácido eláidico é muito mais raro na natureza, mas é um dos produtos do processo industrial de hidrogenação parcial de gorduras vegetais, estando o seu consumo associado ao aumento de doenças cardiovasculares.

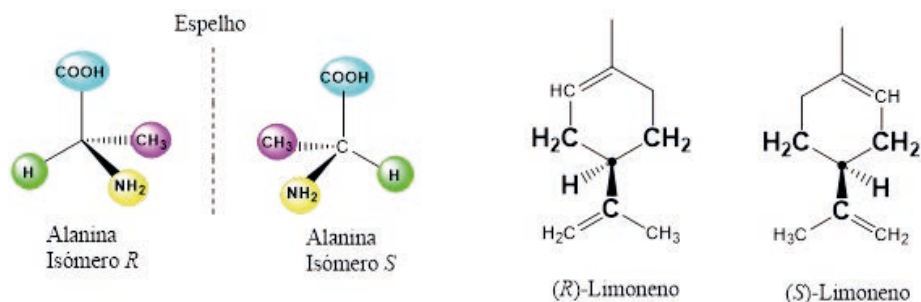


Figura 2 - Estrutura dos 2 isómeros possíveis para o aminoácido alanina e para o monoterpeneo limoneno

Existem outros tipos de isomerismo cujas diferenças na fórmula estrutural são ainda mais subtis, enquanto as diferenças nas propriedades exibidas são evidentes. Vejamos, por exemplo, os compostos isómeros em que estes estão um para o outro como a nossa mão direita está para a nossa mão esquerda: são em tudo iguais, exceto não serem sobreponíveis e serem a imagem um do outro num espelho. É o que acontece em qualquer composto que possua pelo menos um carbono ligado a 4 grupos substituintes diferentes, chamado carbono quiral. O aminoácido alanina é um desses casos (Figura 2), e é extraordinário que, embora possam existir os 2 isómeros, a síntese de proteínas inclui apenas o isómero *S* (mais conhecido por L-alanina). O limoneno é um composto natural responsável pelo aroma típico dos citrinos e possui um carbono quiral, ou seja, tem 2 isómeros possíveis. Na laranja existe maioritariamente o isómero *R* (Figura 2) enquanto no limão o isómero *S* é maioritário (Figura 2) sendo esta diferença a responsável pelo distinto aroma destes 2 frutos.

Uso de ontologias num repositório de OAs sobre o mar

Armando B. Mendes, José Cascalho, André Behr

4 de abril de 2021

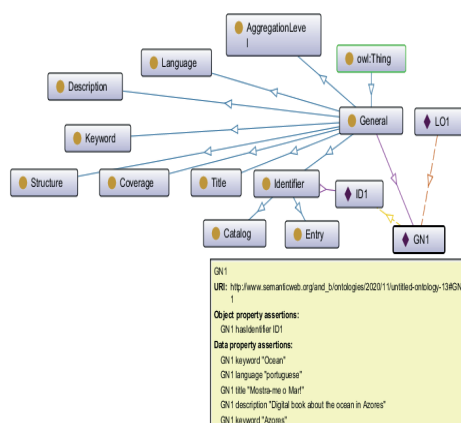
Digital learning has brought new ways of teaching and learning through Learning Objects — reusable digital resources such as videos, games, or lesson plans. Repositories such as REDA or Re-Mar facilitate their sharing and discovery, promoting a culture of open collaboration. In the case of Re-Mar, dedicated to the theme of the sea, **ontologies** are used, intelligent structures that organise concepts and relationships, allowing humans and machines to understand the data. Thus, technologies such as artificial intelligence help to find, combine and improve educational content about the sea and other areas of knowledge.

A aprendizagem digital, apoiada em diferentes tecnologias e metodologias, permite o uso e reuso de elementos de ensino ou recursos de aprendizagem a que chamamos Objetos de Aprendizagem (OAs). Este tipo de recursos digitais tem tido um aumento de procura e utilização ao longo dos anos, em consequência de um aumento de visibilidade ocorrido em tempos de pandemia e de ensino à distância. Os OAs podem ser usados em vários contextos e combinados ou modificados para gerar um OA totalmente novo.

Para que estejam acessíveis e facilmente pesquisáveis, são geralmente catalogados em Repositórios de Objetos de Aprendizagem (ROAs) como é exemplo o REDA (reda.azores.gov.pt), desenvolvido pelo governo regional, ou a escola digital (escoladigital.org.br), uma federação de repositórios no Brasil.

Este movimento de partilha de elementos de aprendizagem digitais que podem ser criados e utilizados por todos baseia-se nos velhos conceitos de código aberto e desenvolvimento colaborativo.

Com a intenção de ir mais longe nesse processo colaborativo, fornecendo novas ferramentas para pesquisar, alterar e combinar OAs, nasceu o repositório Re-Mar (re-mar.uac.pt), especificamente dedicado à literacia sobre o mar, permitindo aos docentes



e educadores dispor de OAs em vários formatos, como vídeos, jogos, planos de aula e muitos outros, para introduzir o tema do mar nas suas unidades curriculares.

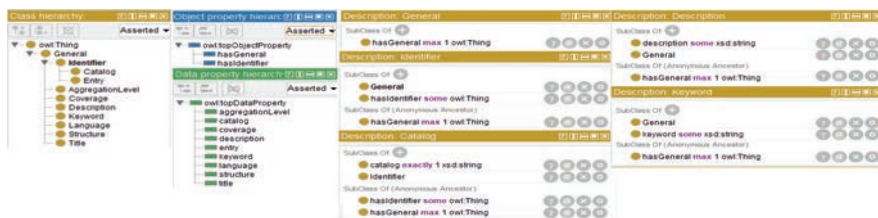
As ontologias desempenham um papel essencial na evolução da Web atual, denominada Web Semântica ou Web dos Dados, uma Web compreensível por humanos e máquinas. Uma ontologia pode ser definida como “uma especificação formal e explícita de um conjunto de conceitos e das relações entre eles”. Na prática funciona como um dicionário organizado de forma a ser fácil de utilizar por máquinas. É uma área de investigação da Inteligência Artificial desde o seu início nos anos 70 do século passado.

Construir uma ontologia a partir dos metadados recolhidos quando os autores preenchem o formulário de registo de um novo OA, é a aplicação mais comum de ontologias em repositórios. Os metadados podem ser definidos como “dados sobre os dados”, neste caso, toda a informação que seja possível recolher sobre os dados propriamente ditos que correspondem aos OAs nesta situação particular.

A principal questão para as aplicações é como correlacionar metadados de OAs armazenados no repositório com outras ontologias educacionais, que representam, por exemplo, os domínios de aprendizagem (no caso do Re-Mar, todos os aspetos relacionados com o mar), estratégias de ensino e outros tópicos educacionais. O estabelecimento de relações entre metadados e ontologias educacionais, ou entre ontologias educacionais distintas, mas geralmente heterogéneas, pode ser muito complexo.

Num artigo recentemente aceite para publicação, a equipa do seaThings discute alguns aspetos da utilização de ontologias no repositório Re-Mar e o estado da arte no uso de ontologias em ROAs. Descreve-se ainda o sistema Cognix implementado no Re-Mar e que usa um padrão de metadados conhecido por OBAA (OAs baseados em agentes artificiais) desenvolvido pela equipa da Prof.^a Rosa Viccari.

O OBAA é um padrão de metadados hierárquico. Permite construir conjuntos de ontologias modularizadas que podem facilmente compor uma estrutura complexa. As categorias e subcategorias podem dividir-se em pequenas ontologias com as respetivas classes, propriedades de objetos e de dados.



As ontologias são constituídas por relações de dois tipos conhecidas por ABox e TBox. As TBox estabelecem relações gerais entre classes de conceitos, definindo um domínio. Correspondem a afirmações como “os peixes vivem no mar” ou “há peixes cartilagíneos e ósseos”. Por seu lado, as ABox dão exemplos de classes, correspondendo a afirmações como “o mero é um peixe ósseo”. O trabalho de descrição das TBox do OBAA foi feito anteriormente com OWL (Web Ontology Language) por André Behr.

A primeira ilustração descreve as TBox dos metadados de OAs para a categoria Geral. Outras categorias seguem a mesma abordagem. Na segunda ilustração mostram-se algumas ABox usada para armazenar metadados.

O projeto seaThings pretende criar ABox e TBox, como as exemplificadas nas ilustrações, complementando ontologias atualmente existentes com termos e conceitos específicos do mar dos Açores, a partir dos metadados recolhidos pelo repositório Re-Mar e usá-las para pesquisas mais completas, mas também para criar aplicações que utilizem tecnologias de inteligência artificial como os agentes artificiais para sugerir melhorias e combinações de OAs.

O mundo das partículas

Cláudio Gomes, Nuno Sá

18 de abril de 2021

Everything that exists, including us, is made of matter formed by atoms and, ultimately, by elementary particles. Modern physics explains this structure through the Standard Model, which describes quarks, leptons and bosons — the particles that make up and interconnect the universe. Discoveries such as the Higgs boson and antimatter confirm the accuracy of this model, although enigmas such as the origin of dark matter still remain. Thus, science seeks to better understand our essential nature, reminding us that we are, in fact, made of stardust.

Somos poeira das estrelas. Esta é a súmula da origem da nossa composição. Somos seres biológicos constituídos por células (as unidades básicas, funcionais e estruturais da vida), e estas por organelos, que por sua vez resultam de organizações de moléculas. Estas, por seu turno, são constituídas por átomos ligados quimicamente. E o átomo de um núcleo com protões e neutrões, e uma nuvem eletrnica envolvente. E será este o resultado final? Ou existirão partículas ainda mais fundamentais ditas elementares?

Estas perguntas orientam os físicos e os pensadores desde há muito anos. O modelo mais simples de átomo resulta de Demócrito que considerava aquele como a menor divisão da matéria, posteriormente melhorado com o modelo do pudim de passas de Thomson após a descoberta do eletrão (passa), e com o modelo das camadas de Bohr devido às experiências de Rutherford. Com os avanços da Mecânica Quântica foi possível o entendimento do modelo atmico atual composto por neutrões e protões e nuvens de probabilidade eletrnica. Mas a Teoria Quântica dos Campos, que resulta da fusão da Mecânica Quântica com a Relatividade Restrita, permitiu um avanço enorme: o Modelo Padrão da Física de Partículas, com diversos contributos como a teoria eletrofraca de Salam, Glashow e Weinberg. É um facto curioso que o trabalho destes investigadores lhes valeu o Prmio Nobel da Física em 1979, embora a descoberta dos bosões W e Z só foi feita em 1983. Imagine-se que nunca tinham sido descobertos, mas o Prmio já havia sido atribuído!

Modelo Padrão das Partículas Elementares

	trs famílias de matéria (fermiões)			partículas das interações (bosões)	
	I	II	III		
massa	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
carga	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spn	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
QUARKS	u up	c charm	t top	g 8 gles	H higgs
	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1
	d down	s strange	b bottom	γ fto	
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1
LEPTÕES	e eletrão	μ muo	τ tauo	Z bosão Z	
	$\approx 1.0 \text{ eV}/c^2$	$\approx 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e neutrno eletrnico	ν_μ neutrno munico	ν_τ neutrno taunico	W bosão W	
				BOSÕES DE GAUGE (VETORIAIS)	BOSÕES ESCALARES

Figura 1 - Tabela de partículas elementares

Outra descoberta fantástica experimental teve que ver com a antimatéria. Cada partícula do Modelo Padrão apresenta uma antipartícula, que é essencialmente uma partícula com a mesma massa, mas com carga elétrica oposta, e que pode ser encarada como uma partícula a andar para trs no tempo. Existem casos em que a partícula é a anti-partícula de si própria, como o fto ou o bosão Z que não têm carga elétrica. Inclusive, pode criar-se em laboratório anti-átomos como um anti-hidrognio, que é composto por um antiproto nuclear e um positrão (anti-eletrão) na nuvem.

Hoje sabemos muito da Física de Partículas e com grande precisão! O Modelo Padrão é testado em diversas experiências nos aceleradores de partículas como os existentes no CERN ou o norte-americano TEVATRON, as câmaras subterrâneas do Super-Kamiokande no Japão para neutrinos, ou ainda o Observatório Pierre Auger para raios cósmicos. Prevê valores para propriedades das partículas elementares que são encontradas experimentalmente a várias ordens de grandeza de concordância. Por isso, sabemos existirem dois tipos fundamentais de partículas que se distinguem pelo tipo de spin (uma espécie de “rotação” intrínseca da partícula): os fermiões, com spin semi-inteiro, e os bosões, com spin inteiro. Os primeiros a que vulgarmente chamamos “matéria” podem ainda subdividir-se em quarks ou leptões, consoante sejam sensíveis à interação nuclear forte ou não; ao passo que os bosões podem ser responsáveis por interações fundamentais (gluões para a nuclear forte, fóton para a eletromagnética, bosões Z e W para a nuclear fraca, ou o hipotético gravitão para a interação gravitacional) ou por conferir massa às partículas como o bosão de Higgs.

Apesar de o Modelo Padrão da Física de Partículas ser robusto, existem ainda indagações, como, por exemplo, porque existem apenas três famílias de fermiões elementares (Figura 1), ou qual a massa real de cada um dos neutrinos, ou se existem outras partículas além do Modelo Padrão? Esta última questão é um problema central da Gravitação e Cosmologia uma vez que se desconhece a natureza da matéria escura, sabendo-se apenas ser responsável por efeitos gravitacionais astrofísicos e cosmológicos observados. Diversos modelos para a matéria escura procuram extensões do Modelo Padrão, isto é, partículas exóticas como a hipotética partícula Adamastor proposta por investigadores nacionais.

Na verdade, a composição do nosso mundo, não a sua estabilidade e leis fundamentais,

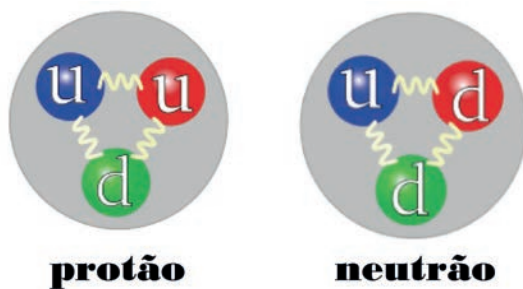


Figura 2 - Constituição do próton e neutrão segundo os seus quarks de valência

pode ser explicada por apenas quatro destas partículas: os quarks up e down (Figura 2), o eletrão e o fóton. Uma quinta partícula, o neutrino eletrónico, embora também muito abundante, interage tão fracamente com a matéria que pode ser dispensada para a nossa explicação. As restantes partículas completam a composição da natureza, mas na

verdade só conseguimos contactar com elas nos aceleradores ou detetores de partículas.

Como as nanopartículas nos defendem da COVID-19

Entregas da vacina de RNAm diretamente às células

Maria C. Barreto, Helena C. Vasconcelos

2 de maio de 2021

In 2020, the WHO announced the discovery of the SARS-CoV-2 virus, which causes COVID-19, driving the development of innovative vaccines based on nanotechnology. These use silica (SiO₂) nanoparticles to transport messenger RNA to cells, where virus proteins are produced that trigger the immune response. Thanks to their tiny size and biocompatibility, the nanoparticles easily cross cell membranes and release the material safely. This technology, foreseeable since Richard Feynman's visionary ideas, represents a milestone in modern medicine and a powerful ally in protecting public health.

Em janeiro de 2020 a Organização Mundial de Saúde (OMS) comunicava ao mundo a detecção de uma "nova doença misteriosa", em Wuhan, na China, provocada pelo vírus (SARS-CoV-2), a que deu o nome de COVID-19. Até à data já morreram com a doença centenas de milhares de pessoas. Embora alguns tratamentos com medicamentos pareçam reduzir os sintomas, a vacinação foi a estratégia que a OMS considerou mais adequada para controlar a transmissão deste vírus na comunidade. Esta vacina, como qualquer outra, tem a função de estimular o nosso organismo a produzir anticorpos contra a doença. Em alternativa à estratégia mais comum de usar vírus atenuados ou inativados como vacina, ou mesmo proteínas do agente infeccioso, surgiram mais recentemente as vacinas à base de RNA ou DNA, inseridas em nanopartículas (NPs). O prefixo "nano" indica pequeníssimo tamanho, tão pequeno, que permite às NPs atravessarem facilmente as membranas dos tecidos biológicas e chegar aos locais-chave, podendo ser administradas por injeções intramusculares. Há cerca de 60 anos, o físico Richard Feynman (Prémio Nobel da Física em 1965), falou pela primeira vez na possibilidade de "manipular e controlar objetos à escala atómica" e "dispor os átomos da forma que queremos", procedimentos que atualmente fazem parte da atividade experimental na área dos nanomateriais. Além disso, também lançou a ideia de que nanorobots poderiam ser injetados no corpo humano para realizar procedimentos médicos, tal como se pudessemos "engolir o médico" (um conceito inovador! e arrojado para a época; esta e outras ideias foram reunidas no livro da Figura 1)

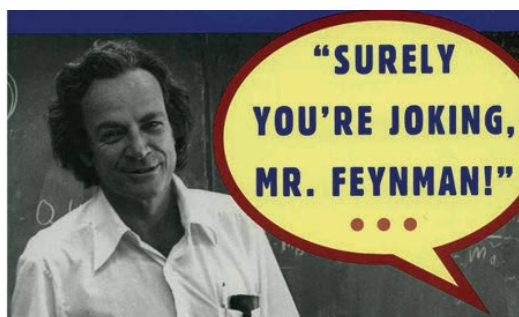


Figura 1 - Imagem da capa do livro "Surely You're Joking, Mr. Feynman!": Adventures of a Curious Character

As NPs de SiO_2 não são robots, mas têm mostrado um excelente desempenho na área da medicina, especialmente na entrega direcionada de vacinas, devido à estabilidade química, biocompatibilidade e baixa toxicidade que exibem. Os seus diâmetros variam, em média, entre 60 e 140 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), o que lhes facilita a entrada nas células para aí libertar os antigénios (o material "alienígena" que informa as nossas células da presença do "invasor"). Um exemplo disso são as NPs de SiO_2 - Nuvec®, que carregam RNA mensageiro (RNAm) do SARS-Cov-2 até ao interior das células do nosso corpo. As NPs Nuvec® têm uma estrutura de superfície irregular (espinhosa) que fixa e protege de forma eficaz o RNAm durante a sua viagem até às células (Figura 2 a)). O RNAm é depois usado pelas células para fabricar uma proteína do vírus em quantidade suficiente para

desencadear a resposta imunitária que nos permite eliminar o vírus e vencer a doença. Portanto, as estratégias usadas para combater este vírus, que são baseadas em NPs, têm um enorme potencial na proteção da saúde pública. O RNAm é normalmente adsorvido na superfície das NPs, mas também pode ser encapsulado dentro delas durante o procedimento de síntese. Este decorre a baixas temperaturas, através de uma técnica designada por sol-gel/Stöber (Figura 2 b)). No decorrer das reações de hidrólise e condensação de alcóxidos de Si (p.e. TEOS), as NPs são carregadas com o material antigénico.

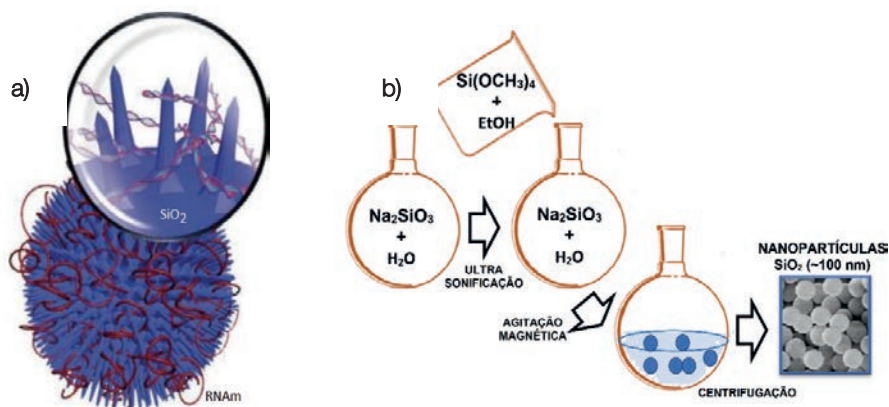


Figura 2 - a) NPs Nuvec®; b) Técnica sol-gel/Stöber para a síntese de NPs

Uma vez no interior do organismo, o percurso até às células não é nada fácil; muitas NPs são logo detetadas como “intrusos” pelos mecanismos de defesa do organismo, que as eliminam através do fígado. Mas as NPs de SiO₂ têm propriedades biocompatíveis que lhes conferem características muito especiais para evitar o reconhecimento imunológico e com isso não serem eliminadas. Os mais recentes estudos mostram elevadas taxas de endocitose que garantem a melhoria da entrega de NPs transportadoras da vacina à célula-alvo. A libertação progressiva e controlada da vacina é condicionada por estímulos do meio, como a variação de pH, sendo os efeitos colaterais reduzidos. No caso da vacina para a COVID-19, as NPs transportam para dentro da célula as instruções para que as células produzam a proteína da espícula do vírus. Sendo este agente um RNAm, não vai interferir com a nossa informação genética, nem entra sequer no núcleo das nossas células, mas atua diretamente no fabrico das proteínas que o nosso sistema imunitário vai reconhecer como sendo “alvos a abater”! Os anticorpos gerados no nosso organismo como resposta à vacina são proteínas com a capacidade de se unir ao vírus e impedir a infeção. Fantástico, não?

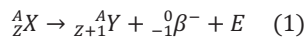
O misterioso desaparecimento de Ettore Majorana, o físico que estudava neutrinos, umas estranhas partículas geradas nas estrelas

Helena C. Vasconcelos

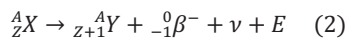
16 de maio de 2021

In 1930, Austrian physicist Wolfgang Pauli proposed the existence of an invisible, almost massless particle—the neutrino—to solve a puzzle of beta decay, where energy seemed to be missing. Named by Enrico Fermi, this particle was only detected in 1956. Although it has no charge and rarely interacts with matter, it is one of the most abundant particles in the Universe. Produced in the Sun and stars, neutrinos help us understand cosmic and quantum phenomena. Ettore Majorana, who studied their mass and mysterious nature, disappeared enigmatically, becoming himself a legend of physics.

Porque é que alguém seria levado a pensar em partículas que não pesam nada, não interagem com nada e além disso, não existia forma de as detetar? Em 1930, Pauli (físico austríaco que formulou em 1925 o conhecido princípio de exclusão de Pauli) postulou a existência de uma pequena partícula elementar, sem carga e com massa quase nula. Mas porquê? Qual o motivo deste interesse? a que se deveu afinal a necessidade da existência de tal coisa? Bem, tudo começou com o decaimento beta (β), uma forma de decaimento radioativo em que um núcleo, de número atómico Z, se transforma num outro núcleo de número atómico Z+1 e um eletrão (${}_{-1}^0\beta^{-}$) é emitido - Eq. (1). Este fenómeno começou a ser estudado no início do séc. 20 e intrigou os físicos desde logo: algo estava errado nessa equação ... estaria a matemática incorreta?



Os físicos estavam a medir menos energia (E) após o processo do decaimento β , do que antes de ele ocorrer. O espectro contínuo de energias das partículas β parecia entrar em contradição com os conhecimentos existentes acerca do núcleo e com o princípio da conservação da energia e isso gerou muita controvérsia na comunidade científica. Então, a nova partícula de Pauli surgiu como um "*remédio desesperado*", para explicar a aparente violação de energia no decaimento β e veio equilibrar a equação de energia, juntando-se ao eletrão - Eq. (2). Portanto, simultaneamente com a partícula β , outra partícula teria de ser emitida. Essa partícula foi posteriormente chamada de neutrino (ν) em 1934, pelo físico italiano Enrico Fermi.



Na altura, a existência do ν era apenas teórica e até o próprio Pauli duvidava que alguém, algum dia, pudesse comprovar experimentalmente a sua existência. Porém, os neutrinos foram registados pela primeira vez numa experiência, com um reator nuclear, em 1956 (Figura 1).



Figura 1 - Experiência que descobriu o ν em 1956

Sabe-se agora que estas partículas não possuem carga elétrica e são muito pequenas, mas em contrapartida são das mais abundantes no universo a seguir aos fótons (partículas de luz), e por isso, a cada segundo, chegam à Terra quantidades astronómicas destas pequenas partículas. A maioria delas é formada em reações nucleares que acontecem no sol e noutras estrelas. A deteção de neutrinos solares foi reconhecida com

o Prémio Nobel de Física 2002. Mas mesmo assim, apesar da sua grande abundância, são muito difíceis de detetar porque quase não interagem com a matéria, mas conseguem atravessar objetos, pessoas e até planetas. Porém, não temos que nos preocupar com elas porque são inofensivas, não se unem a nada e não interagem connosco. Mas, para os físicos são muito importantes, porque podem fornecer informações sobre os fenómenos que possam estar a acontecer dentro das estrelas. Do ponto de vista científico ainda há muito para descobrir sobre estas partículas, que à medida que viajam oscilam estranhamente entre os seus três sabores (os físicos querem dizer, tipos!) – eletrão (e), múon (μ) e tau (τ), comportando-se como camaleões ou partículas-fantasma!

Durante muito tempo julgou-se que o ν não tinha massa. Hoje sabe-se que a tem muitíssimo mais pequena do que a das outras partículas. São precisos pelo menos 250.000 neutrinos para pesar mais que um eletrão.

Ettore Majorana (Figura 2), um físico italiano, nascido na Sicília em 1906, trabalhou na investigação da massa do ν e foi colega de Enrico Fermi em Roma. Em 1937 previu a existência de partículas que são as suas próprias antipartículas; e sugeriu a possibilidade dos neutrinos e dos antineutrinos serem a mesma partícula, sendo por isso indistinguíveis. Inesperadamente, quando a Física vivia um dos seus momentos mais prósperos, Ettore Majorana desaparece misteriosamente, enquanto viajava de barco de Nápoles para Palermo, a 25 de março de 1938. O comentário de Fermi terá sido: “Ettore era demasiado inteligente. Se decidi desaparecer, ninguém será capaz de encontrá-lo”.

Ninguém até hoje sabe o que aconteceu; alguns relatos sugerem suicídio, fuga ou loucura? o caso foi arquivado recentemente. Os mais curiosos podem ler o livro “O Grande Inquisidor” (alunha por que Ettore Majorana era conhecido), da autoria do físico português João Magueijo, e que relata a história de Majorana.



Figura 2 -Foto de Ettore Major

O destino de Majorana permanece tão misterioso como o próprio. Porém, no âmbito da Física de Materiais, os neutrinos oferecem uma maior compreensão dos processos quânticos, com relevância para a computação quântica e os processadores em qubits.

Solitões fantásticos e onde os encontrar

Cláudio Gomes

11 de julho de 2021

In a blend of fantasy and science, we start with the story of *Fantastic Beasts and Where to Find Them* to reveal that, in physics too, there are curious creatures: solitons. Discovered in 1834 by John Scott Russell, they are waves that travel without losing their shape or speed, the result of a balance between non-linear and dispersive effects. From water channels to galaxies, through blood pressure and Indian smoke rings, these wave-like 'monsters' are everywhere — discreet, stubbornly stable and truly fantastic.

No livro de fantasia «Monstros Fantásticos e Onde Encontrá-los» de J. K. Rowling, autora da saga Harry Potter, e subsequentes adaptações cinematográficas, conta-se a história de um magizoologista que estuda criaturas fantásticas e as peripécias que ocorrem quando acidentalmente liberta algumas em Nova Iorque. Na Física também existem uns «monstros» fantásticos que andam por aí e que serão apresentados neste artigo: os solitões!

Para começarmos, temos de recuar até 1834, no estreito canal da União, perto de Edimburgo na Escócia, ao lado do qual o engenheiro naval John Scott Russell passeava de cavalo e observava uma ligeira elevação de água na proa de um pequeno barco que percorria aquele canal. Quando a embarcação parou, Russell verificou que aquela onda continuou a sua trajetória em frente sem alterar ou atenuar a sua forma ou velocidade! Ora, esta observação era precisamente oposta ao senso comum de quando se atira uma pedra num lago e se observa a perturbação em forma de ondas que se vão atenuando à medida que se propagam. A este novo tipo de onda chamou «onda de translação».

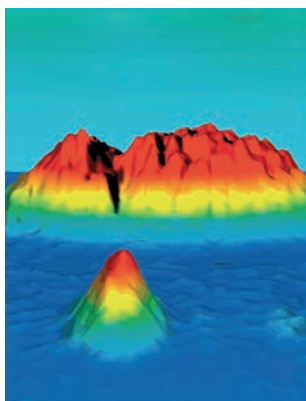


Figura 1 - Representação gráfica de solitões claro («ilha que se propaga») e escuro («depressão/ ausência de luz no continente») em condensados de Bose-Einstein

Apesar do trabalho de Russell em caracterizar esta e posteriores observações de forma rigorosa e sistemática, só surgiu realmente interesse científico neste fenómeno em 1871 por Boussineq e em 1876 por Rayleigh. Estes concluíram que essas ondas se deviam a uma compensação entre os efeitos não lineares e os efeitos de diminuição de amplitude associada à dispersão.

E somente em 1895, surgiu um modelo matemático através de uma equação diferencial não linear às derivadas parciais proposto por Diederick Korteweg e Gustav de Vries e cuja solução correspondia à onda de translação de Russell.

Surgeiram também soluções numéricas de equações diferenciais que modelavam ondas de translação em 1965 por Zabusky e Kruskal, sendo nesta altura que é inventado o termo «solitão».

Na realidade, hoje sabemos que essas ondas são ondas solitárias, e que surgem por haver uma compensação entre os efeitos não lineares e os de dispersão ou difração, o que permite a sua propagação sem alterar a sua forma ou velocidade. Se após a colisão de ondas solitárias, estas passarem uma pela outra e mantiverem as suas características iniciais então trata-se de solitões!

Agora vem a perguntar mais interessante: onde os podemos encontrar? Existem diversos exemplos destas ondas não lineares tão especiais. Começemos por apontar a Grande Mancha Vermelha de Júpiter, resultado de uma tempestade de grandes dimensões. A matéria escura nas galáxias e enxames de galáxias também pode ser vista como um solitão, ou mesmo a pressão sanguínea. Estas situações podem ser descritas pela equação de Korteweg-de Vries. Mas existem outras equações que admitem igualmente soluções solitónicas, como a equação de Bateman–Burgers que é utilizada na mecânica

de fluidos, na acústica não linear ou no fluxo de trânsito. Outro exemplo é a equação de Schrodinger não linear, que apresenta um termo potencial quadrático, e que está na base da descrição dos solitões claros e escuros que ocorrem nos condensados de Bose-Einstein.

Ondas solitárias e solitões também aparecem em Ótica Não Linear, em Topologia, na teoria de cordas quânticas e de supergravidade, e noutros domínios do conhecimento! As galáxias espirais constituem um exemplo de ondas solitárias em vértice, isto é, podemos imaginar um cone, no qual o disco galáctico assenta na sua base, e o movimento de rotação do cone em torno do eixo de revolução corresponde à rotação da galáxia, preservando as características da mesma: não vemos um braço da Via Láctea a ir mais rápido que outro ou a se «desmembrar». Na biologia também ocorrem solitões, por exemplo, quando os golfinhos produzem anéis de ar debaixo de água, que se propagam mantendo as suas características iniciais.



Figura 2 - Solitões constituídos por anéis de ar produzidos por golfinhos

De facto, estes fenómenos são ubíquos na Natureza e no nosso dia-a-dia. O leitor pode produzir ondas solitárias em canais de lava-pés ao lado de piscinas, ou observar o comportamento de tsunamis e furacões. Uma aplicação humana antiga destes fenómenos são os anéis de fumo produzidos por tribos de índios como forma de comunicação a grande distância. Já imaginaram o quão fantástico é criar e ver estes solitões a se propagarem?

Um desafio final é deixado ao leitor: procure uma zona de águas rasas (por exemplo, o canal litoral entre a Alfândega e o forte de São Brás em Ponta Delgada) e observe ondas que se propagam sem atenuação e que após colisão mantêm as suas características iniciais!

O que é o Pensamento Computacional?

Um contributo para entender uma nova competência básica

Luís M. Gomes

13 de outubro de 2021

In the 21st century, Computational Thinking has been added to the traditional skills of reading, writing and arithmetic — a new way of thinking that helps solve problems with logic and creativity. It is based on four essential practices: breaking down a problem into smaller parts, recognising patterns, abstracting what is essential and creating algorithms, i.e. sets of instructions. This approach, inspired by science and art, applies far beyond computers, making us more efficient and collaborative in the face of the challenges of the digital world and everyday life.

No século XX, saber ler, escrever e contar eram as competências básicas que adquiríamos, usávamos e consolidávamos ao longo da vida. No século XXI, adicionamos o Pensamento Computacional (PC). Mas o que é o PC? Para que serve? O PC é a utilização articulada da decomposição, do reconhecimento de padrões, da abstração e dos algoritmos para resolver problemas.

Uma melhor adaptação às mudanças exigidas pela transformação digital e a participação



Figura 1 - Autoria: Francisca Mendes Gomes

ativa e interventiva dos cidadãos na sociedade da informação e do conhecimento estimula o desenvolvimento das competências associadas ao PC. Neste contexto, o PC é uma abordagem que se pode aplicar não só ao uso das novas tecnologias digitais e ao desenvolvimento de software. Mas, e mais importante, pode ser também aplicada, com consideráveis ganhos de eficiência, à nossa capacidade de resolver problemas usando ciência, técnica e criatividade.

Decomposição

Depois de definirmos um problema, necessitamos de uma estratégia para resolvê-lo. O matemático G. Pólya (1887-1985), no seu livro *How to solve it*, sugere-nos um guia para solucionar problemas e um catálogo de soluções suficientemente boas para resolvê-los. O PC adota a decomposição como uma prática fundamental. A decomposição é uma técnica que divide um problema complexo em subproblemas mais simples de resolver. César (em *divide et impera*) e Napoleão (em *divide ut regnes*) usaram-na com muito sucesso, na longa governação dos seus impérios.

A decomposição estimula a colaboração. Se um problema é decomposto, de forma que os seus subproblemas possam ser resolvidos independentemente uns dos outros, então várias pessoas (ou máquinas) podem colaborar na sua resolução. Existem estratégias complementares à decomposição, tais como: pensamento crítico, resolução de exemplos concretos, identificação de um problema relacionado e reversão. Um exemplo para esta última é: se quisermos planear uma viagem para um destino num determinado tempo, então traçamos uma rota e, em seguida, somamos os tempos nos pontos intermédios da rota, do destino para a origem, fazendo ajustes nestes tempos para não ultrapassarmos o tempo previsto para a viagem.

Reconhecimento de padrões

A resolução de um problema envolve mais do que construir uma solução. Quando temos uma solução, questionamo-nos se é a melhor solução? É importante reconhecer e utilizar padrões na construção e melhoria de uma solução. Um padrão é uma sequência que se repete. Abstrato? M. C. Escher (1898-1972) iniciou um movimento artístico no Surrealismo que se dedica à criação de padrões de percepção, espaço e transformação. K. Devlin (1947-) considera a Matemática como a ciência dos padrões numéricos, de raciocínio, de formas, etc. Uma das atividades da Inteligência Artificial é reconhecer padrões.

Quando começamos a desenvolver uma solução para um problema, podemos observar partes que se repetem ou são muito semelhantes entre si. Esta observação que pode não ser evidente deve ser aprofundada para se perceber se existe um padrão. Caso exista, podemos reutilizá-lo, no todo ou em parte, numa oportunidade de simplificação e melhoria da solução.

Abstração

O mundo real apresentasse-nos confuso, detalhado, ruidoso e excessivamente informativo e interligado. Para conseguirmos uma solução para um problema, recorreremos muitas vezes, consciente ou inconscientemente, à abstração. Esta é uma prática (intelectual) que permite expressar uma solução através da simplificação ou eliminação de detalhes ou aspetos irrelevantes. É uma forma muito eficaz de lidar com a complexidade. Por conveniência, na vida quotidiana, usamos representações abstratas e simplificadas de uma realidade. Por exemplo, os mapas afixados numa estação de metro representam somente a informação sobre a rede do metro tais como paragens, linhas, mudanças de linhas, conexões com outros transportes, etc. numa imagem apelativa (linhas retas com cores sugestivas e pictogramas) com muito pouca relação com a área física na qual os comboios circulam. A estes mapas chamamos modelos da rede de metro que nos permitem comunicar uma informação objetiva e sugestiva. Cada modelo é um compromisso entre o problema real e uma abstração, mas que ajuda a raciocinar sobre uma solução simplificada. Não há procedimentos para construir modelos, mas existe a oportunidade para explorarmos o sentido crítico e a criatividade na sua construção. [podemos ter vários modelos que fornecem perspetivas complementares]

Algoritmos

De forma inata e intuitiva, sabemos o que é um algoritmo. Para clarificar, um algoritmo é uma sequência de instruções com início e fim que nos permite resolver um problema. Só com três tipos de instruções escrevemos um algoritmo: sequência, decisão e repetição. A execução de cada uma destas instruções leva a um estado diferente da resolução do problema. Uma receita de culinária é um exemplo elucidativo de um algoritmo. Permite-nos resolver o problema de como confeccionar determinada iguaria gastronómica. A confeção da iguaria já não é o algoritmo, mas sim a sua utilização.

E não falei sobre computadores para explicar o que é o PC! Prometo, numa próxima ocasião, dizer-vos como o PC se relaciona com os computadores e os seus programadores.

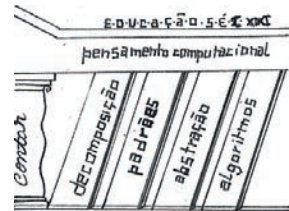


Figura 2 - Autoria: Beatriz Monteiro

Semana Mundial do Espaço

Cláudio Gomes

28 de novembro de 2021

Every year, from 4 to 10 October, the world celebrates World Space Week, created by the United Nations to highlight how space exploration improves life on Earth. Inspired by historic milestones such as the launch of Sputnik 1 and the Outer Space Treaty, this initiative brings together more than 90 countries in educational and scientific activities. In 2021, the theme 'Women in Space' recalled the role of women in scientific and technological progress. In Portugal, schools and science centres, including in the Azores, joined in the celebration of this universe of discovery.

O sucesso de programas espaciais depende em muito do entendimento e apoio da sociedade. É, pois, fundamental comunicar regularmente ao público sobre matérias do Espaço e benefícios da sua exploração e investigação. Uma dessas vias é pela comemoração anual da Semana Mundial do Espaço (SME), que no ano de 2021 teve como tema central as Mulheres no Espaço.

Em 1999, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou a semana de 4 a 10 de Outubro como a Semana Mundial do Espaço. O objetivo principal é celebrar internacionalmente as contribuições do setor espacial para a melhoria das condições de vida humana, ao nível da ciência e da tecnologia. As datas de início e término escolhidas correspondem a marcos fundamentais das Ciências Espaciais:

- No dia 4 de outubro de 1957 ocorreu o lançamento do primeiro satélite artificial criado pelo Homem, o Sputnik 1. Este foi o início da exploração espacial.
- No dia 10 de outubro de 1967 houve a assinatura do Tratado sobre os Princípios que Regem as Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Exterior, incluindo a Lua e Outros Corpos Celestiais, também conhecido como Tratado do Espaço Exterior. Este foi um importante passo para definir linhas vermelhas no que diz respeito a possíveis utilizações estratégicas bélicas, entre outros.

Assim, a coordenação deste evento está a cargo das Nações Unidas com o apoio da Associação da Semana Mundial do Espaço (WSWA – “World Space Week Association”), que até então organizava a Semana do Espaço (“Spaceweek”) de 16 a 24 de julho nos Estados Unidos da América, que celebrava a alunagem. Por seu turno, a WSWA lidera um conjunto de Coordenadores Nacionais os quais promovem a celebração da Semana Mundial do Espaço nos seus países.



Figura 1 - Tema do ano 2021 da Semana Mundial do Espaço

Com efeito, desde 2000 tem-se comemorado este importante acontecimento com crescente número de intervenientes fundamentais para se ter mais atividades e essas chegarem a mais lugares e pessoas. Diversos eventos educacionais e de divulgação científica são promovidos por agências espaciais, escolas, centros de ciência, planetários, museus, clubes e associações de astronomia, por exemplo. Hoje já são mais de 90 países participantes!

Diversos objetivos têm sido alcançados ao longo das várias edições deste evento. Em particular, a disseminação e literacia científicas nas áreas espaciais, incluindo colaborações internacionais para o efeito, no entendimento das implicações para as

melhorias das condições de vida Humana através de mecanismos como a observação da Terra, ou os sistemas de posicionamento (GPS, Galileo, ...), a promoção do interesse da utilização de tecnologias espaciais para o desenvolvimento económico sustentável, a atração de jovens para as áreas das Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática. A cada ano existe um tema em destaque, sobre o qual a maioria dos eventos vai incidir. Em 2020, o tema foi “Os Satélites melhoram a Vida”, onde se explorou as ideias de Observação da Terra através da monitorização de incêndios, de fenómenos climáticos extremos, por exemplo. Em 2021, o tema prendeu-se com “As Mulheres no Espaço”, onde se procurou mostrar o papel de mulheres na investigação científica, nas engenharias ou nas empresas ligadas ao setor espacial. No próximo ano, celebrar-se-á o “Espaço e a Sustentabilidade”, um tema importante e que merece a atenção de todos nós. E todos são bem-vindos a organizar eventos no próximo ano!



Figura 2 - Tema da Semana Mundial do Espaço em 2022

Em Portugal, houve diversos eventos reportados e alguns ainda a serem adicionados à lista oficial, sendo que os Açores estiveram muito bem representados através da Universidade dos Açores, da Escola Básica e Secundária das Flores, do Observatório Astronómico de Santana – Açores, da Associação RAEGE-Az, do Observatório do Ambiente dos Açores/Centro de Ciência de Angra da Heroísmo, e das escolas participantes em eventos organizados como Escola Secundária Antero de Quental, Escola Básica e Secundária da Povoação e Escola Básica e Secundária de Santa Maria. Também houve divulgação de cartazes da Semana Mundial do Espaço por espaços públicos reportados pelos dois municípios da Ilha das Flores.

Com efeito, a Semana Mundial do Espaço oferece oportunidades únicas de conhecimento, cultura e consciência cívica, bem como a promoção de organizações do setor e a inovação e investigação nacionais. Celebre também connosco o Espaço!

O lado escuro do Universo

Dia da matéria escura

Cláudio Gomes

12 de dezembro de 2021

Inspired by series such as Star Trek, human curiosity continues to explore the unknown of the cosmos. Today, physicists and astronomers are trying to decipher two of the greatest enigmas of the universe: dark matter and dark energy. The former explains why galaxies rotate in unexpected ways; the latter explains why the universe is expanding at an ever-increasing rate. Despite various hypotheses — from exotic particles to adjustments to the theory of gravity — the mystery remains. Discovering what they are could redefine our understanding of space, time and everything that exists.

“Espaço: a última fronteira”. Quem não se recorda de tão célebre mote da série de ficção científica Star Trek? Nesta eram contadas as histórias dos encontros dos membros da nave Enterprise com outras formas de vida no Universo, tendo em conta um pacto de não agressão/intervenção. Com esta série, e muitas outras, despertou-se ainda mais a imaginação acerca da imensidão desconhecida do Cosmos.

Hoje em dia os cientistas, em particular os Físicos e os Astrónomos, também se indagam sobre o Universo, a sua composição e evolução. Mesmo quando se pensa já conhecer bem o nosso Universo, surgem novos objetos astrofísicos, componentes cosmológicas ou questões ainda mais fundamentais. Um desses desafios da Cosmologia atual é precisamente a natureza intrínseca da matéria escura e da energia escura.

Quando se observam as curvas de rotação das galáxias em termos de velocidade como função da distância ao centro, verifica-se que estas são bastante diferentes das curvas que seriam de esperar tendo em conta a matéria visível – curvas do tipo Keplerianas (ver Figura 1). O que será responsável por este efeito? Surge então a ideia de matéria adicional fracamente interagente com a luz que deva estar distribuída no halo da galáxia, a qual poderia explicar a curvas observadas. Esta matéria designa-se matéria escura.

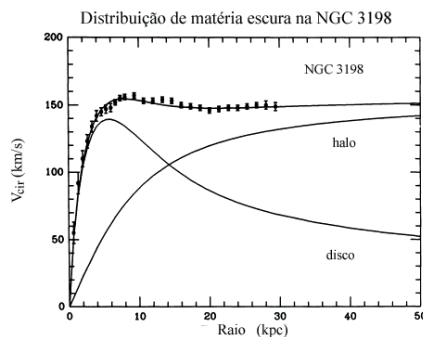


Figura 1 - Distribuição da matéria escura no halo da galáxia NGC 3198 de acordo com os dados observacionais em comparação com a curva esperada do disco que decresce com a distância ao centro (T.S. Van Aleada, et al, 1985, adaptado)

Também existem os chamados enxames-bala (“bullet clusters” na terminologia inglesa) os quais representam dois enxames de galáxias que passaram um pelo outro deixando assinaturas observacionais de duas grandes regiões: uma região da reconstrução do perfil de massa do sistema por efeitos de lente gravitacional (devidos à deformação da luz de fontes luminosas do fundo) e uma região com observação na luz visível e nos raios-X (devido à emissão de luz das colisões de matéria ordinária) no espectro eletromagnético (ver Figura 2).



Figura 2 - Enxame-bala 1E 0657-56 no qual é possível ver que resulta da colisão de dois antigos enxames com efeitos de lente gravitacional a azul e com emissão no visível e nos raios-X a vermelho (Créditos: NASA)

Relativamente à energia escura, esta diz respeito à expansão acelerada atual do Universo. De facto, desde os trabalhos de Edwin Hubble, que se começou a verificar que o Universo não estava a colapsar sobre si mesmo, algo que se esperaria se só a interação gravitacional existisse sobre a matéria do Universo. Mas com as observações de dois grupos de investigação liderados por Saul Perlmutter, e por Brian Schmidt e Adam Riess, respetivamente, e vencedores do Prémio Nobel da Física em 2011, sabe-se hoje que o Universo não só não está a colapsar como está em expansão acelerada! Mas não há um centro de expansão: cada enxame de galáxias, ou outras estruturas de grande escala, está a afastar-se em relação a qualquer outro. Isto significa que é o próprio espaço-tempo que se está a expandir. Imaginemos um balão em cuja superfície externa se pintam uns círculos, e se insufla! As pintas afastam-se umas das outras porque é a superfície do balão que está a aumentar em todos os lugares! Algo análogo ocorre no espaço-tempo do nosso Universo.

Alguns candidatos possíveis de matéria escura incluem os buracos negros primordiais, as estrelas anãs castanhas, as chamadas partículas WIMP, ou a partícula proposta por investigadores nacionais – o Adamastor. Quanto à energia escura há o candidato natural que é a constante cosmológica (introduzida por Einstein numa altura em que se pensava que o Universo era estacionário, mas que hoje se usa no contexto oposto: o da expansão acelerada), ou o campo de quinta-essência. Todavia, até ao momento, nenhuma destas componentes escuras do Universo foi diretamente observada, pelo que os Físicos começaram a indagar se não seriam evidências de que a Teoria Geral da Relatividade de Einstein falha nestas escalas maiores e de que precisa uma correção ou até alteração de maior profundidade. Assim, diversos cenários e teorias têm sido propostas como alternativas para explicar a matéria escura e a energia escura.

Mas são necessários mais estudos e mais dados observacionais para se poder entender a verdadeira natureza destas misteriosas componentes escuras do Universo, ou a verdadeira forma da gravidade!

Materiais com segundas intenções?

Geração do segundo harmónico (2ω) e outros fenómenos óticos não-lineares

Helena C. Vasconcelos

23 de janeiro de 2022

It is said that Archimedes used mirrors to set enemy ships on fire — perhaps the first example of nonlinear optics. Today, this field studies materials that, when interacting with intense laser light, alter their properties and generate new colours of light. This is what happens in second harmonic generation: light enters at one frequency and exits at twice that frequency. Special crystals, such as KTP, make this phenomenon possible — and it is thanks to them that simple laser pointers transform invisible light into bright green beams that illuminate rooms and scientific curiosities.

Conta a história que provavelmente a primeira experiência de ótica não-linear foi o uso de espelhos por Arquimedes durante o cerco de Siracusa (215 a.C.), com o objetivo de incendiar os navios inimigos da armada romana. Lenda ou realidade? não sabemos ao certo, mas o resultado permite perceber que a luz refletida por estes espelhos tinha energia suficiente para incendiar as velas dos navios! (Figura 1).



Figura 1 - O cerco de Siracusa (215 a.C.).

Pois bem, é disso que trata a ótica não-linear, de usar materiais que, p.e., ao serem submetidos a determinadas frequências de luz sejam capazes de emitir noutras frequências. Por outras palavras, as propriedades óticas desses materiais são alteradas devido a efeitos não-lineares que ocorrem durante a propagação da luz no seu interior. É como se o material tivesse segundas intenções... isso porque, a luz atravessa-o com a frequência ω e sai dele com a frequência 2ω . Na prática podem-se gerar vários efeitos não-lineares de segunda e terceira ordem (geração do segundo harmónico (SHG), amplificação paramétrica, auto-modulação da fase e efeito Kerr ótico, etc.) basta escolher o material com a estrutura adequada, normalmente vidros e cristais. Contudo, estes efeitos só acontecerem no regime das altas intensidades luminosas, e só um Laser consegue gerar luz de alta intensidade. Laser é o acrónimo formado pelas iniciais de **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission **R**adiation – um amplificador de luz (Figura 2).

Todos sabemos que a luz perde intensidade ao atravessar um material porque, se absorve parte dela ou se dispersa, mas não se espera que saia mais luz do material do que a recebida à entrada. É assim que funciona o Laser. Portanto, até à sua descoberta em 1960, os campos eléctricos (E) associados à radiação eletromagnética produzida em lâmpadas comuns eram pouco intensos (~ 1 V/cm), ficando muito abaixo dos valores correspondentes aos campos internos a que estão submetidos os eletrões de um material ($\sim 10^5$ – 10^8 V/m). Portanto, nestas condições a resposta do material à radiação (luz) é linear, ou seja, a polarização eléctrica no material (P) induzida pela luz é proporcional ao E transportado pela radiação incidente e a constante de proporcionalidade é a suscetibilidade linear $\chi^{(1)}$ do material (Eq.1):

$$P = \epsilon_0 \chi^{(1)} E^1 \quad (\text{Eq.1})$$

Isto significa que que a luz de frequência ao atravessar o material pode diminuir de amplitude (atenuar-se) ou mudar de fase, mas a sua frequência permanece inalterada. Porém, com o laser a gerar campos de maior intensidade, podem alcançar-se $E \sim 10^8$ V/cm, bastante mais próximos dos campos internos, de tal modo que a linearidade na resposta deixa de existir e a polarização induzida passa a ser dada pela Eq.2, onde aparecem novos efeitos, que designamos por efeitos óticos não-lineares.

$$P = \epsilon_0 (\chi^{(1)} E^1 + \chi^{(2)} E^2 + \chi^{(3)} E^3 + \dots) \quad (\text{Eq.2})$$



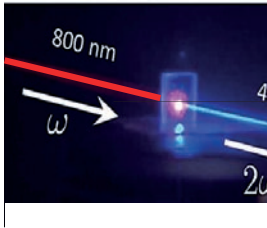
Figura 2 - Díodos Lasers no Laboratório de espectroscopia ótica da Universidade de La Laguna (ULL). Cortesia de Inocência Martín

A Eq. (2) não inclui apenas o termo linear, mas também termos de ordem superior: o quadrático, o cúbico, etc. Em particular, quando uma onda de luz de frequência ω excita o material, o termo quadrático da susceptibilidade não linear faz com que surja uma polarização de resposta com componente a 2ω , isto é, o material gera o segundo harmônico da onda incidente.

Assim, para uma onda incidente $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \text{sen} \omega t$, tem-se:

$$\begin{aligned}
 P &= \epsilon_0 (\chi^{(1)} E_0 \text{sen} \omega t + \chi^{(2)} E_0^2 \text{sen}^2 \omega t) \\
 &= \epsilon_0 (\chi^{(1)} E_0 \text{sen} \omega t + \chi^{(2)} \frac{E_0^2}{2} (1 - \cos 2\omega t)) \\
 &= \underbrace{\epsilon_0 \chi^{(1)} E_0 \text{sen} \omega t}_{\substack{\text{mesma frequência} \\ \text{de } E \\ \omega}} - \underbrace{\epsilon_0 \chi^{(2)} \frac{E_0^2}{2} (\cos 2\omega t)}_{\substack{\text{dobro da frequência} \\ \text{de } E \\ 2\omega}} + \underbrace{\epsilon_0 \chi^{(2)} \frac{E_0^2}{2}}_{\substack{\text{"polarização} \\ \text{permanente"}}}
 \end{aligned}$$

A primeira experiência de SHG foi realizada em 1961, observando-se que ao fazer incidir um laser de rubi ($\lambda = 694 \text{ nm}$) num cristal de quartzo, este emitiu radiação ultravioleta de λ



$\lambda = 347 \text{ nm}$ (o segundo harmônico do laser). Note-se que $\omega \propto 1/\lambda$. É o acontece também quando cristais SHG são usados para gerar um laser azul a partir de um laser vermelho (Figura 3).

Uma característica comum aos materiais que duplicam a frequência da luz é a de não serem centrosimétricos, ou seja, não possuem centro de simetria, caso

contrário o termo quadrático é zero. O fosfato de titânio de potássio (KTiOPO_3 ou KTP) é um material óptico não-linear usado em muitos sistemas ópticos. Uma das suas aplicações mais usuais é no fabrico de ponteiros laser, aqueles pequenos dispositivos portáteis que dão tanto jeito a quem dá aulas. São então constituídos por uma fonte de energia (uma pilha) e um diodo laser infravermelho operando a 808 nm. A luz verde é gerada em várias etapas. A luz de 808 nm fornece a energia necessária para promover a emissão de fluorescência do íon neodímio do cristal $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$, o qual vai emitir luz infravermelha a 1064 nm. De seguida, o cristal SHG de KTP vai agir como duplicador de ω , utilizado a emissão a 1064 nm para gerar a luz laser verde de saída a 532 nm (Figura 4).

Bertrand Russell e a sua requintada amplitude de interesses

Helena S. Melo, Maria C. Martins

1 de maio de 2022

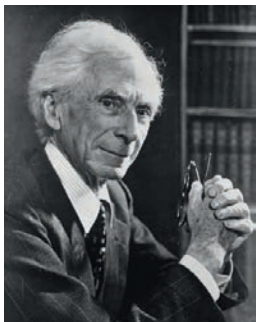
Bertrand Russell, born in 1872 in Wales, was one of the greatest philosophers and mathematicians of the 20th century. Fascinated from an early age by logic and science, he sought to show that mathematics could be reduced to logic, an idea that culminated in the monumental work *Principia Mathematica*, written with Alfred Whitehead. Author of the famous 'Russell's paradox' and passionate advocate for peace, he was even imprisoned for political reasons. He received the Nobel Prize for Literature in 1950 for his clear and humanistic style. He died in 1970, leaving an intellectual legacy that continues to inspire science and philosophy.

Bertrand Russell foi um dos mais influentes filósofos, lógicos e matemáticos do século XX. Como político liberal e divulgador da filosofia, a sua postura em diversos temas era polémica.

Bertrand Arthur William Russell nasceu no dia 18 de maio de 1872, País de Gales. Filho de aristocratas ingleses, Bertrand foi criado pelos avós paternos devido à morte da mãe, quando ele tinha dois anos, e do pai, aos quatro. Bertrand e o irmão Frank, sete anos mais velho, foram viver com o avô e depois desse morrer, ficaram com a avó. Apesar de ser uma mulher de fortes convicções morais e religiosas, com influência sobre Bertrand até à adolescência, este acabou por rejeitar muitos dos seus princípios.

Russell interessou-se pela ciência muito cedo e o seu despertar intelectual ocorreu aos 11 anos quando descobriu a Geometria de Euclides que lhe foi apresentada pelo irmão. Depois de ano e meio numa academia militar, Russell conseguiu uma bolsa para estudar no *Trinity College*, em Cambridge, aos 18 anos. Apesar de inicialmente estudar matemática, o seu interesse voltou-se para a filosofia.

Homem dado a paixões e desventuras, casou pela primeira vez aos 22 anos com a americana Allys Pearsal, depois com Dora Black, Patricia Spence e, por fim, Edith Finch em 1952. Foram quatro casamentos e três divórcios.



Em 1895 Russell obteve uma *Fellowship* no *Trinity*, com a dissertação sobre os fundamentos da Geometria, que durou até 1901. Não tendo de lecionar nem residir em Cambridge, foi estudar política e economia em Berlim, resultando na publicação de vários livros nessas áreas, bem como o *Ensaio sobre os Fundamentos da Geometria*.

Em junho de 1900, conheceu o lógico italiano Giuseppe Peano no congresso internacional de filosofia em Paris, o que causou uma grande reviravolta nos seus trabalhos sobre a filosofia matemática. No sistema de lógica matemática, desenvolvido por Peano, viu “um instrumento de análise lógica que há anos procurava”, inspirando-se para a possível redução da matemática à lógica. Russell defendia que todas as verdades matemáticas podiam ser resumidas em poucos conceitos lógicos primitivos, sendo tudo deduzido a partir desses. Assim, surgiu o Logicismo, uma das correntes filosóficas do século XX, liderada por ele. Depois de estudar e alargar os métodos de Peano, completou um rascunho do seu livro *Principles of Mathematics*, publicado em 1903.

Mais tarde, Russell percebeu que tinha de reformular a parte da lógica e teve a cooperação do seu antigo orientador Alfred North Whitehead. Os dois construíram um novo sistema de lógica que culminou no *Principia Mathematica*, com três volumes, sendo o 1.º publicado em 1910, o 2.º em 1912 e o 3.º em 1913.

Em 1910, Russell tornou-se assistente no *Trinity* e, quando foi despedido, ofereceram-lhe um lugar de professor em Harvard. Por questões políticas recusaram-lhe o passaporte. Na 1.ª Guerra Mundial desempenhou um papel ativo em movimentos pacifistas. Foi preso

durante seis meses, devido a um seu artigo num jornal, tendo nesse período acesso a livros e material de escrita, o que possibilitou a elaboração do livro *Introdução à Filosofia Matemática*, onde apresenta de forma simples as principais ideias de *Principia Mathematica*.

Personalidade associada ao mundo dos paradoxos, em 1902, propõe o famoso “paradoxo de Russell”, consistindo “no conjunto de todos os conjuntos que não possuam a si próprios como elementos”. Simbolicamente, $B = \{X : X \notin X\}$. Questiona-se, será que $B \in B$?

Ora, se $B \in B$, por definição do conjunto B ($X \notin X$), então $B \notin B$.

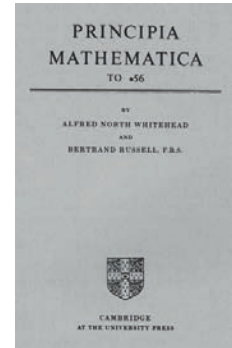
Por outro lado, se $B \notin B$, pela definição, então $B \in B$. Em ambos

os casos, obtém-se uma contradição, visto que um conjunto não pode em simultâneo pertencer e não pertencer a um conjunto.

Russell ilustra o seu paradoxo numa versão popular, conhecida por “paradoxo do barbeiro”, com o enunciado: “Numa aldeia estão em vigor duas regras. (1) O barbeiro não faz a barba a quem se barbeia sozinho. (2) O barbeiro só faz a barba a quem não se barbeia sozinho.” O paradoxo aparece quando a pessoa em causa é o próprio barbeiro.

Muito versátil nas suas atividades, Russell recebeu o Prémio Nobel de Literatura em 1950. Escreveu, a propósito da matemática poder ser uma forma de arte, que “*se corretamente observada, ela possui não somente a verdade, mas também a suprema beleza — uma beleza fria, austera, sem os belos ornamentos da pintura ou da música, mas sublimemente pura.*”

Faleceu no País de Gales em 2 de fevereiro de 1970. As suas cinzas foram dispersas sobre as montanhas galesas, mas os seus feitos perduram a nível mundial.



Magnetars

João M. Ferreira, Cláudio Gomes, Nuno Sá

29 de maio de 2022

Magnetars are neutron stars with magnetic fields so colossal that they exceed that of Earth by millions of times. They arise from the collapse of massive stars and concentrate the mass of the Sun into a sphere of only 10 kilometres. Extremely dense and active, they release bursts of X-rays and gamma rays that, at times, shine brighter than the entire galaxy. Their magnetic power and enigmatic behaviour make them candidates for the origin of mysterious fast radio bursts, turning them into true cosmic laboratories that challenge our knowledge of the physics of the Universe.

Magnetars são os objetos com o campo magnético mais intenso conhecido no Universo. São estrelas de nêutrons com um campo magnético cerca de 1000 vezes superior ao de estrelas de nêutrons comuns como os pulsares. Note-se que o campo magnético terrestre é de cerca de 1 Gauss e que, em laboratório, os mais intensos alguma vez criados são de 10 milhões de Gauss, que mesmo assim ainda são cerca de 100 milhões de vezes menos intensos que os das *magnetars*. Foram descobertas há apenas algumas décadas por ocasionalmente originarem explosões de raios X e raios gama.

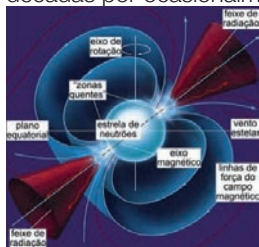


Figura 1 - Esquema duma estrela de nêutrons (© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc)

Uma estrela de nêutrons é algo extremamente exótico e resulta do colapso do interior de uma estrela de grande massa durante a fase final da sua vida. Possui uma massa pouco maior que a do Sol, mas concentrada numa esfera de apenas 10km de raio. É tão densa que a sua constituição interna não é de matéria normal, mas onde abundam os nêutrons, que exercem a pressão suficiente que equilibra o seu campo gravítico extremamente intenso. Para levantar um pequeno grão de areia de 0.1mm de diâmetro de matéria desta estrela, seriam necessárias mais de 10 mil pessoas!

Durante o colapso a estrela de nêutrons em formação não só vai aumentando de densidade, mas também de velocidade de rotação, tal como o patinador de gelo que ao girar sobre si próprio, ao juntar os braços também acelera. Neste processo o campo magnético pré-existente e de baixa intensidade ao ser comprimido também aumenta muito de intensidade. Se este mecanismo é suficiente para criar um campo tão intenso como os que existem nas *magnetars* é incerto, podendo haver também um mecanismo de dínamo durante o curto período de formação da estrela de nêutrons, em que parte da energia cinética associada a movimentos turbulentos é convertida em energia magnética. O porquê de haver uma grande variedade de tipos de estrela de nêutrons é ainda desconhecido.

As *magnetars* são muito ativas, com explosões frequentes e de diferentes magnitudes. A mãe de todas as explosões, conhecida por erupção gigante, é, durante uma curta fração de tempo, mil vezes mais luminosa que todas as estrelas da nossa galáxia junta. A fonte de energia desta atividade é certamente magnética, mas de que forma tal acontece é ainda desconhecido. Uma destas raras explosões, apesar de ter ocorrido num local distante da Via Láctea, afetou a ionosfera terrestre durante vários minutos.

Estas estrelas apresentam também fenómenos como *glitches* e sismos. *Glitches* são anomalias em que repentinamente a estrela roda mais rapidamente. Este fenómeno está possivelmente ligado às propriedades internas destas estrelas, em particular à sua superfluidez e supercondutividade. Em alternativa, pode resultar de sismos causados pela fratura da sua fina crosta. A recente descoberta de oscilações na emissão de raios X durante as erupções gigantes que ocorrem nas *magnetars* poderá permitir usar técnicas de sismologia para melhor conhecer o interior destas estrelas.

A combinação de campos magnéticos, gravidade e densidade extremamente elevados, faz destes objetos laboratórios únicos para testar teorias físicas.

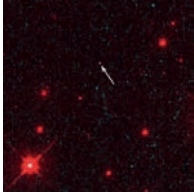


Figura 2 - Estrela de neutrões observada em raios X (NASA, 1997)

Precisamente por isso, as *magnetars* são candidatas a fontes dos ainda misteriosos *Fast Radio Bursts* (Rajadas Rápidas de Rádio, FRBs), e cujos mecanismos de produção da radiação eletromagnética detetada também precisam de ser explicados. De facto, os FRBs apresentam uma duração de apenas alguns milissegundos, e exibem comportamentos singulares (*on-off*), repetitivos não periódicos e repetitivos periódicos. Estas diferentes características podem advir de estrelas de neutrões ou de outros

objetos compactos, ou de mecanismos de produção da radiação distintos, algo semelhante ao que aconteceu com a descoberta dos *Gamma Ray Bursts* (Rajadas nos Raios Gama).

Em 2020, foi encontrado um FRB na nossa galáxia com uma assinatura simultânea e na mesma localização nos raios-X. Esta última fora produzida pela *magnetar* SGR J1935+2154. Assim, pelo menos nalguns casos, as *magnetars* podem ser responsáveis pelos FRBs. Mas o mistério não fica por aqui resolvido: eis que surge um FRB (FRB 20200120E) com luminosidade semelhante às demais, mas com uma duração dum pulso dum pulsar, e num enxame globular de

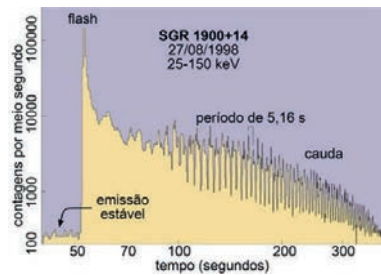


Figura 3 - Erupção gigante numa magnetar

estrelas onde não deveriam existir *magnetars*. E se fosse realmente uma *magnetar*, esta não se poderia ter formado pelos mecanismos conhecidos!

A descoberta das *magnetars* e as perguntas que levantam lembram-nos o muito que ainda temos a descobrir e entender sobre o Universo.

2022

100 anos da experiência de Stern-Gerlach (1922) e da
quantização do *spin*

Helena C. Vasconcelos, Maria G. Meirelles

26 de junho de 2022

At the end of the 19th century, it was believed that physics had nothing more to reveal. However, phenomena such as black body radiation and the photoelectric effect defied classical explanations. Max Planck and Einstein brought new ideas: energy would be quantised and light formed by photons. In the following decades, physicists such as Bohr, Schrödinger, and Heisenberg revealed that, in the world of atoms, matter and energy behave like waves and particles. This gave rise to quantum mechanics, the basis of modern technologies such as quantum computing and spintronics, which promises faster and more energy-efficient processors.

No final do séc. XIX, acreditava-se que a física tinha chegado ao fim. As leis fundamentais estavam descobertas, a maioria dos fenómenos podiam ser explicados através da mecânica (Newton), do eletromagnetismo (Maxwell) e da termodinâmica (Boltzman), ... Mas, apesar de tudo o que se tinha alcançado, ainda havia questões por esclarecer... algumas pequenas dificuldades “irritantes” eram difíceis de enquadrar à luz dos conhecimentos da época. No início do século 20, com o crescente progresso tecnológico, os físicos viram-se confrontados com novos fenómenos para os quais as previsões da física clássica discordavam de forma inequívoca com a observação. Tornou-se, portanto, necessário desenvolver uma nova área da física capaz de explicar esses fenómenos, e assim surge uma física particularmente focada no estudo do comportamento dos átomos e das partículas subatómicas. A este novo formalismo chamou-se mecânica quântica (MQ).

As questões “irritantes” relacionavam-se com a “catástrofe do ultravioleta”(radiação do corpo negro), com o efeito fotoelétrico e com os espectros atômicos. A explicação dessas questões começou a ser dada no final do séc. 19, quando Max Planck encontrou uma solução bastante ousada para a explicação da radiação emitida pelos corpos. Ele postulou que a energia, que até então era considerada uma grandeza contínua, seria na verdade quantizada, chegando-se assim ao termo (do Latim) *quantum* de energia, que quer dizer quantidade (discreta) de energia num sistema “quântico”.

Quantum e a dualidade onda-partícula



Figura 1 – Da esquerda, para a direita: De Broglie, Schrödinger e Heisenberg

Em 1905, Einstein, para explicar o efeito fotoelétrico em metais, diz que a luz, que até então era considerada de natureza ondulatória, seria formada por pequenas partículas, os “*quantum* de luz” ou, como se diz hoje em dia, os fotões.

No átomo, o movimento do eletrão em torno do núcleo não podia ser descrito pelo seu vetor posição, como acontece na mecânica clássica, precisamente porque este é, ao mesmo tempo, onda e partícula. Apenas era possível indicar a probabilidade de o encontrar, e isso é uma característica puramente quântica, assim como a existência de níveis de energia bem definidos.

Mas foi apenas na década de 1920 que se entendeu mais profundamente a questão da dualidade onda-partícula, graças aos trabalhos de De Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Bohr e de outros (Figura 1). Entre os outros cientistas, encontravam-se Otto Stern (1888-1969) e Walther Gerlach (1889-1979), dois físicos alemães da Universidade de Frankfurt.

A experiência que ambos realizaram em 1922 ficou para a história como o grande avanço que contribuiu definitivamente para a descoberta da quantização do spin. A experiência consistia na deflexão de um feixe de átomos de prata, eletricamente neutros, que passavam através de um campo magnético não uniforme, formado entre dois polos de um ímã. Verificou-se que os átomos ao atingirem a placa do alvo se posicionavam apenas em duas direções, $|+\frac{1}{2}\rangle$ e $|-\frac{1}{2}\rangle$ (Figura 2). Isto, de acordo com a expectativa clássica foi inicialmente considerado um resultado muito estranho, mas depois acabou por ser associado à propriedade, que hoje em dia conhecemos por spin. Por esta ser uma grandeza própria da física quântica, não se podendo comparar a nada existente no nosso mundo macroscópico, apenas referimos que o spin permite explicar as propriedades magnéticas dos materiais.

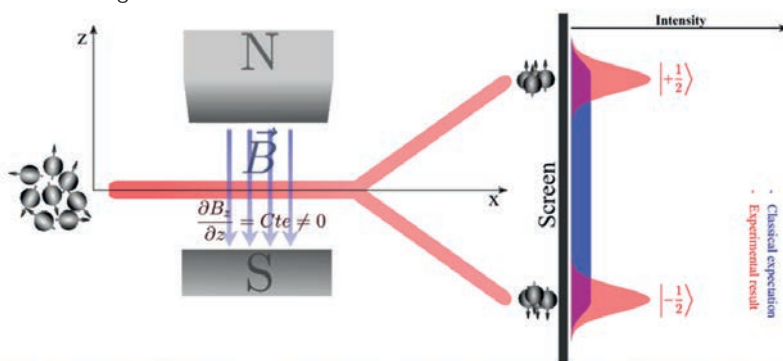


Figura 2 -Experiência de Stern-Gerlach (1922). Fonte: Ibrahim Saideh. Entanglement in high dimensional quantum systems. Quantum Physics [quant-ph]. Université Paris-Saclay, 2019. English. fNNT: 2019SACLS198ff. fftel-02187211

Atualmente as ideias base da mecânica quântica ainda não estão totalmente compreendidas, levando-nos a aceitar, pura e simplesmente, os seus postulados. De facto, as ideias base são muito estranhas (sobreposição de estados, colapso pela medida, ...), e isso tem dado origem a diversos debates, não só do ponto de vista científico, como também filosófico, acerca dos fundamentos básicos da MQ. Porém, a teoria da MQ é bastante consistente na explicação de muitos fenómenos. A abordagem *bottom-up* permite manipular sistemas quânticos individuais, como por exemplo, átomo a átomo. E isso permite desenvolver aplicações avançadas, como novas formas de computação e de processamento da informação, nomeadamente computadores que processam a informação muito mais rapidamente. Há um volume de dados produzidos no mundo que cresce exponencialmente e por isso é indispensável reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética dos circuitos eletrónicos. Os computadores atuais usam circuitos eletrónicos. A spintrónica (eletrónica de spins) é uma tecnologia emergente de processadores com capacidade de reduzir o consumo de energia e aumentar as capacidades de processamento. Explora o facto do eletrão não ser apenas uma partícula elétrica, mas ser também magnética.

O impacto da COVID-19 nos setores do alojamento turístico e restauração em São Miguel

Maria L. Rocha, Maria F. Brilhante

24 de julho de 2022

Modern tourism flourished after the Second World War and became one of the global economic drivers, but the COVID-19 pandemic abruptly halted this growth. In the Azores, where the sector accounted for 9% of GDP and almost a fifth of regional employment in 2019, the impact was profound: overnight stays fell by more than 70% in 2020. Surveys conducted in São Miguel revealed average income losses of over 70% in accommodation and 58% in catering. Despite this, the resilience of the sector and the adaptation of some establishments showed signs of hope for future recovery.

O Turismo, com as características atuais, começou um pouco depois do fim da Segunda Guerra Mundial, por volta de 1950. A Organização Mundial do Turismo (OMT) estima que, nesse ano, o número de chegadas internacionais de turistas tenha sido de 25 milhões, e decorridos 69 anos, este número subiu para 1,5 mil milhões. Antes da pandemia COVID-19, os setores do Turismo e das Viagens eram responsáveis por 1 em cada 4 novos empregos criados a nível mundial. Em 2019, os dois setores representavam 10,6% do total de empregos e 10,4% do PIB global. No entanto, com o surto da COVID-19 a ser declarado pela Organização Mundial de Saúde uma pandemia em março de 2020, vários governos viram-se obrigados a impor estados de emergência e confinamentos nos seus países, que conduziram a fortes restrições nalgumas atividades económicas e na mobilidade das pessoas. Na sequência das restrições impostas à mobilidade entre fronteiras, a OMT estima que em 2020 o número de chegadas internacionais de turistas se tenha ficado pelos 400 milhões, uma diminuição de 73,3% em relação ao ano de 2019. No que respeita aos Açores, estes têm-se tornado nos últimos anos um destino turístico mais apetecível, quer por turistas nacionais, quer por turistas estrangeiros. Em 2019, a contribuição turística direta dos Açores na quota do PIB foi de 9%, o que colocou os Açores na terceira posição do *ranking* nacional, atrás das regiões do Algarve (28%) e da Madeira (16%), e à frente da região de Lisboa (6%). Também se estima que a quota de empregos diretos ou indiretos no setor do turismo regional foi de 19%. Por outro lado, o número total de dormidas na região em 2019 foi ligeiramente superior a 3 milhões, um aumento de 17,4% em relação a 2018. No entanto, em 2020, esse número não ultrapassou um milhão, observando-se assim uma diminuição de 71,2% em relação a 2019.

Para avaliarmos o impacto da pandemia nos setores do alojamento turístico e da restauração, dois setores influenciados pela atividade turística, e após o primeiro confinamento, foram desenhados inquéritos para o efeito, tendo estes sido realizados apenas em São Miguel, por ser a ilha mais visitada dos Açores. O nosso principal objetivo foi procurar quantificar esse impacto em termos de perda média de rendimentos, em termos percentuais, tendo-se como ano de referência o ano de 2019 (pré-pandemia) e considerando o período de época alta para o turismo nos Açores, ou seja, os meses de junho a setembro.

Atendendo à realidade socioeconómica de São Miguel, recorremos a uma amostragem aleatória estratificada, tendo sido os critérios usados para definir os estratos a existência de 6 concelhos na ilha e o peso que cada setor representava em cada concelho individualmente. O inquérito realizado ao setor do alojamento local foi analisado separadamente do da hotelaria tradicional, por representarem alojamentos com características diferentes. Para o inquérito ao setor da hotelaria apenas foram elegíveis hotéis com 3 ou mais estrelas, enquanto para o setor da restauração, restaurantes, bares e cafés. Por outro lado, os inquéritos para o setor do alojamento turístico também foram desenhados para estimar a diferença média na taxa de ocupação entre 2020 e 2019 para a época alta.

Quanto aos resultados dos inquéritos, estes evidenciam que a pandemia teve de facto um impacto adverso nesses setores em São Miguel em 2020, comparativamente a 2019. Estimamos que a maior perda de rendimentos, em média, tenha sido para o setor do alojamento local ($78,7 \pm 3,6\%$), seguindo-se o setor da hotelaria ($74,7 \pm 4,6\%$) e por último o setor da restauração ($58,5 \pm 6,5\%$). A menor perda de rendimentos estimada para o setor da restauração deve ser interpretada com alguma reserva, uma vez que obtivemos uma baixa taxa de resposta ao inquérito para este setor ($33,7\%$). Porém, essa menor perda pode ser explicada pelo facto de os turistas não serem os únicos clientes do setor da restauração e de alguns estabelecimentos terem recorrido ao serviço de *take-away* ou entrega ao domicílio durante a pandemia ($27,6\%$ dos estabelecimentos inquiridos fizeram-no).

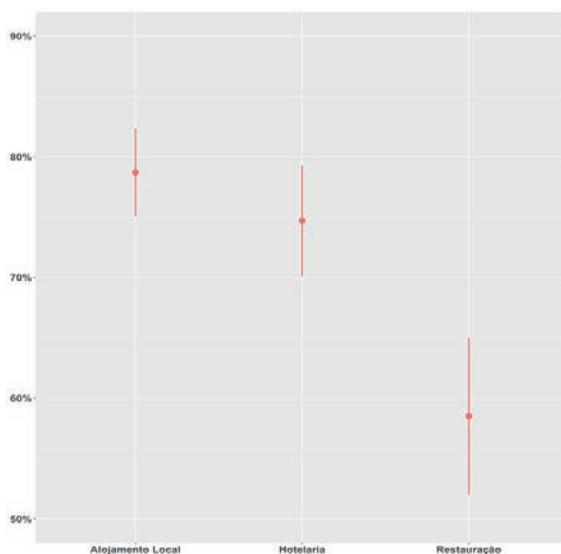


Figura 1 - Perda média de rendimentos durante os meses de junho a setembro de 2020, comparativamente a igual período de 2019

Relativamente ao setor do alojamento turístico, estimamos que, independentemente do tipo, tenha havido uma queda de quase 60% na taxa média de ocupação na época alta de 2020, mais concretamente, $58,2 \pm 3,8\%$ para o setor do alojamento local e $59,4 \pm 5,8\%$ para o setor da hotelaria. Em particular, a taxa média de ocupação em 2020 foi de $18,0 \pm 2,4\%$ para o setor do alojamento local, quando em 2019 foi de $76,2 \pm 2,9\%$. Para o setor da hotelaria, a taxa média de ocupação foi de $19,1 \pm 5,1\%$ em 2020, tendo esta sido $78,5 \pm 2,8\%$ em 2019.

Ubiratan D'Ambrósio

O professor fundador da Etnomatemática

Maria C. Martins, Helena S. Melo

27 de novembro de 2022

Ubiratan D'Ambrósio, born in 1932 in São Paulo, was a visionary mathematician who humanised the teaching of mathematics. Creator of the Ethnomathematics movement, he argued that all peoples have their own valid ways of thinking mathematically, linking knowledge to cultures and traditions. A professor at several universities and an internationally awarded scholar, he stood out as a researcher, communicator, and promoter of mathematics education. He visited the Azores in 2012, already established as a global reference. He passed away in 2021, leaving a legacy of respect for the diversity of knowledge and for mathematics as an instrument of peace and social justice.

Ubiratan D'Ambrósio nasceu em S. Paulo a 8 de dezembro de 1932. Foi um matemático e professor universitário que ficou mundialmente conhecido por defender o estudo da Matemática de forma humanizada.

Licenciou-se em Matemática pela Universidade de São Paulo em 1955 e doutorou-se em Matemática Pura, pela mesma universidade, em 1963. No ano seguinte, foi convidado para ser pesquisador associado na Universidade de *Brown*, nos EUA, onde fez pós-doutoramento na área de Matemática Pura. Era sua intenção permanecer nos EUA apenas um ano, contudo o golpe militar no Brasil fez com que permanecesse lá até 1972 sendo professor da Universidade Estadual de Nova Iorque.

Com uma notável carreira acadêmica nacional e internacional, Ubiratan foi professor Emérito da Universidade Estadual de Campinas, foi docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Anhanguera de São Paulo, professor credenciado dos Programas de Pós-Graduação em História da Ciência, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, professor em Educação, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, professor em Educação Matemática, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e professor visitante no Programa Sênior da Universidade Regional de Blumenau. Investigou em História e Filosofia da Matemática, História e Filosofia das Ciências, Etnomatemática, Etnociência, Educação Matemática e Estudos Transdisciplinares.

Em 1970 ficou responsável pela Análise Matemática num projeto da Unesco para a formação de doutores em Matemática na República do Mali. A experiência permitiu-lhe criar um programa semelhante em 1974, direcionado para os países da América Latina e das Caraíbas. Numa entrevista realizada pelo canal *History of Science*, Ubiratan foi crítico em relação à limitação da visão europeia da ciência: *"comecei a questionar quando percebi a riqueza de coisas que não são chamadas de matemática ou de ciência, mas que têm na sua raiz a conceituação de uma matemática e de uma ciência rigorosa e organizada, que era trabalhada pelos povos africanos para construir a sociedade deles"*. Graças a essa percepção e ao seu interesse em História, Sociologia e Educação, o professor Ubiratan criou o Movimento de Etnomatemática, em meados dos anos 1970, tendo em 1985, no seu apogeu, surgido o Grupo de Estudo Internacional sobre Etnomatemática. Para o seu fundador, Etnomatemática refere-se *"às diferentes formas de matemática que são próprias de grupos culturais"*, uma vez que os povos, com as suas culturas diferentes, possuem múltiplas maneiras de trabalhar o conceito matemático. A Etnomatemática vem realçar estas diferenças defendendo que toda a construção do conhecimento matemático é válida e está intimamente vinculada à tradição, à sociedade e às respetivas culturas.

Nesta perspetiva, Ubiratan criticava o ensino tradicional da Matemática, que se pautava pelos marcos europeus da ciência, ignorando o uso e o desenvolvimento da Matemática noutras culturas, nomeadamente, a africana e a indígena.

Em 2001 ganhou a medalha Kenneth O'May, da Comissão Internacional de História da Matemática, devido aos seus contributos na área de História da Matemática, e em 2005 ganhou a medalha Felix Klein, da Comissão Internacional de Instrução Matemática, em reconhecimento dos seus feitos na área da Educação Matemática.

Segundo relatos de colegas e antigos alunos, Ubiratan era uma pessoa sensacional, com um carácter e habilidades extremas e com uma vocação natural para o ensino, para inovar e melhorar a maneira de se ensinar Matemática. Conversador e comunicador por natureza, proferia palestras e sessões de abertura em Encontros e Conferências de renome, sendo muito reconhecido a nível internacional. Cidadão do mundo e sensível às questões da Educação e da Matemática, visitou os Açores em setembro de 2012 aquando da realização do 2.º Encontro de História da Matemática e das Ciências, na Universidade dos Açores. Na altura, os seus 79 anos de idade não o impediram de cruzar o Oceano Atlântico rumo a S. Miguel, granjeando a organização deste evento e despertando uma atenção especial na assistência ao falar sobre as relações matemáticas entre Portugal e Brasil, com destaque para o período após a Segunda Guerra Mundial.



Figura - Da esquerda para a direita: Luís Saraiva, Maria do Carmo Martins, Helena Melo e Ubiratan D'Ambrósio

Faleceu a 12 de maio de 2021, aos 88 anos de idade, com problemas renais. O seu legado é imensurável, bem como o inesgotável estímulo que dava aos jovens estudantes e aos desafios que propunha aos colegas de profissão.

Para o mundo ficou a ação, o testemunho e a saudade do professor que se preocupou em ampliar o alcance do ensino de Matemática. Um autêntico visionário que quebrou o paradigma eurocêntrico da Matemática, defendendo e acreditando que *“a gente tem de educar matematicamente para construir a paz e a justiça social.”*

Por entre calçadas dos Açores

À descoberta de simetrias

Ricardo Teixeira

8 de janeiro de 2023

The exhibition 'Through the pavements of the Azores: discovering symmetries' invites the public to discover the mathematical beauty of the Portuguese pavement patterns scattered across the nine islands. Created through a partnership between the University of the Azores, the Ludus Association and Expolab, it combines science, art and cultural heritage. In an interactive way, visitors explore concepts of symmetry — rotation, reflection, translation and sliding reflection — through practical challenges that combine mathematics and observation. The exhibition, which is touring the archipelago, celebrates Azorean culture and the hidden fascination of everyday geometry.

A exposição *Por entre calçadas dos Açores: à descoberta de simetrias* resultou de uma parceria entre a Universidade dos Açores, a Associação Ludus e o Expolab, tendo contado com a conceção e coordenação científica do autor deste texto, o design e produção da equipa do Expolab e o financiamento do Governo Regional dos Açores.

Esta exposição é inspirada no *Baralho de Cartas das Calçadas dos Açores*, da autoria de Alda Carvalho, Carlos Pereira dos Santos, Jorge Nuno Silva, Ricardo Cunha Teixeira e Susana Cabral, uma iniciativa conjunta da Associação Ludus e do Expolab, que teve o apoio da Direção Regional da Ciência e Tecnologia, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade dos Açores e do Núcleo Interdisciplinar da Criança e do Adolescente da Universidade dos Açores.

A exposição interativa destina-se ao público em geral e está disponível no Expolab desde a sua inauguração em São Miguel no passado dia 24 de novembro, o Dia Nacional da Cultura Científica. Antes de chegar a São Miguel, a exposição passou pelo Observatório do Ambiente dos Açores, na Ilha Terceira, entre abril e outubro de 2022, e pelo Museu de Santa Maria, em fevereiro de 2022. Depois de São Miguel, a exposição deverá percorrer as restantes ilhas do Arquipélago, estando já prevista a sua passagem pelo Faial e pela Graciosa.



Com esta iniciativa, pretende-se valorizar a diversidade de padrões em Calçada Portuguesa que pode ser apreciada nas nove ilhas, promovendo este importante património através da sua classificação matemática. Quem visita a exposição dispõe de uma breve explicação inicial sobre os quatro tipos de simetria, com exemplos em calçada. Em traços gerais, identificamos *simetrias de reflexão* quando observamos paisagens refletidas na água ou objetos refletidos num espelho. Por sua vez, encontramos *simetrias de rotação* sempre que olhamos para as velas de um moinho ou para as hélices de um helicóptero, ou seja, quando existe um motivo que se repete em torno de um ponto. Já as *simetrias de translação* caracterizam-se pela repetição de um motivo ao longo de uma faixa (numa direção) e surgem, por exemplo, quando contemplamos a repetição das patas de uma centopeia. Por fim, as *simetrias de reflexão deslizante* podem ser identificadas sempre que olhamos para as pegadas que deixamos na areia quando caminhamos

descalços na praia: há uma alternância ou ziguezague de um motivo que se repete ao longo de uma faixa.

Concluída a breve explicação, o visitante recebe uma placa com um padrão em calçada, sendo desafiado a descobrir a sua localização nos Açores e a fazer a sua classificação matemática quanto às simetrias que apresenta. Para isso, os participantes devem percorrer uma série de estações, ao longo da exposição, de modo a identificarem todas as simetrias desse padrão em calçada. Os “investigadores” são convidados a “porem a mão na massa”, observando os detalhes, virando a placa de pernas para o ar, usando um espelho ou fazendo o contorno num acetato e manipulando-o. Cada percurso termina num expositor com a explicação detalhada das simetrias envolvidas e com informação sobre a localização desse padrão no Arquipélago.



Para o arranque da exposição, foram preparados trinta desafios, mas está previsto que esse número aumente à medida que a exposição vá percorrendo as diferentes ilhas. Dos trinta desafios, oito são *rosáceas* (figuras planas com simetrias de rotação, que se caracterizam pela repetição de um motivo em torno de um ponto; existem *rosáceas cíclicas*, apenas com simetrias de rotação, e *rosáceas diedrais*, que também apresentam simetrias de reflexão) e vinte e dois são *frisos* (figuras planas com simetrias de translação numa direção, que se caracterizam pela repetição de um motivo ao longo de uma faixa, sempre com o mesmo espaçamento entre cópias consecutivas desse motivo), com exemplos diversificados dos sete grupos de frisos, ou seja, das sete maneiras diferentes de repetir um motivo ao longo de uma faixa.

Ao resolver os desafios disponíveis, o visitante ganhará alguma destreza na classificação das figuras planas quanto às suas simetrias e poderá aplicar esse conhecimento no dia a dia, identificando simetrias em diferentes suportes, não só na Calçada Portuguesa, mas também nas varandas em ferro fundido, na azulejaria e no artesanato. Para os leitores curiosos, na primeira parte do livro *Das calçadas aos ananases: investigar o mundo com um olhar matemático*, publicado recentemente pela editora Letras Lavadas, analisa-se um leque diversificado de exemplos em diferentes suportes.

Alojamento turístico nos Açores no booking.com

Estudo preliminar

Luís M. Gomes, Sérgio Moro

22 de janeiro de 2023

The growing digitisation of tourism has transformed the Internet into an essential resource for understanding and managing this sector. In the Azores, platforms such as Booking.com gather thousands of reviews and valuable data on local accommodation. Using web scraping and data science techniques, it was possible to analyse 764 units and almost 90,000 comments, revealing that Pico leads in sustainable accommodation and that São Jorge stands out for its best average rating. Future studies will apply sentiment analysis to these opinions, reinforcing the role of artificial intelligence in understanding the tourist experience on the islands.

A difusão global da Internet e o enorme repositório de informação existente na Web assumem um papel determinante em todos os aspetos da sociedade contemporânea. O comércio mundial de bens e serviços é um destes aspetos com mais impacto no seu desenvolvimento socioeconómico, sendo o setor do turismo responsável por uma parte considerável.

Existe uma diversidade de recursos Web vocacionados para suportar as principais atividades associadas aos agentes do setor do turismo. Estes recursos assumem várias formas, tais como aplicações Web e *Apps*, complementadas por *blogs*, *wikis*, *podcasts*, etc., que atuam no comércio *online* de bens e serviços turísticos. E, como sabemos, com um enorme impacto económico, que é muito sensível à qualidade do serviço prestado e à satisfação do cliente.

O desenvolvimento de ferramentas de suporte à recolha automática de dados na Web, que conhecemos por *Web Scraping*, e a disponibilização de APIs, permitem a extração de grandes volumes de dados para subsequente análise automática, através de abordagens da Ciência de Dados. E, por isso, estão disponíveis, cada vez mais, meios e oportunidades de gerar conhecimento para suportar avaliações e decisões estratégicas em qualquer setor económico. No entanto, os resultados da I&D ainda não têm sido aplicados à prática, ou porque têm valor prático limitado ou porque é dispendioso adotar as técnicas da Ciência dos Dados, no dia-a-dia das empresas ou dos outros agentes do setor do turismo.

A geografia, a organização sociopolítica, a história, as características da insularidade, o papel da natureza e os desafios da sustentabilidade são determinantes para o desenvolvimento da atividade turística em ilhas. Atualmente, assume destaque o papel e a importância das plataformas Web de suporte à atividade turística no contexto do turismo em ilhas. Atualmente, o Booking.com é uma das plataformas *online* mais utilizadas no mundo para reservar alojamento turístico. E, por isso, é exetável que seja também um repositório importante de dados sobre as apreciações e os comentários dos turistas que visitam os Açores. Estes dados podem ser recolhidos através de *Web Scraping* em partes específicas da página associada a cada unidade de alojamento, como se pode observar na Figura 1.



Em setembro de 2022, o Booking.com disponibilizava dados sobre 764 unidades de alojamento turístico nos Açores. Destes dados, selecionamos os dados para os seguintes atributos: sustentabilidade, proximidade da praia e gestão privada.

Ilha	Grupo	Número de unidades	Proximidade da praia	Sustentabilidade	Gestão privada	Número de comentários	Classificação Média
Santa Maria	Oriental	17	4	1	7	1113	8.635
São Miguel	Oriental	411	198	49	186	55323	8.961
Terceira	Central	106	91	10	53	12352	8.969
Graciosa	Central	10	1	0	4	864	8.830
São Jorge	Central	30	5	2	10	3599	9.067
Pico	Central	113	21	8	49	7866	8.878
Faial	Central	48	32	6	16	5881	8.842
Flores	Ocidental	27	26	1	15	2122	8.859
Corvo	Ocidental	2	1	0	0	308	9.000
		764	375	76	333	89428	8.893

Figura 2 - Distribuição das unidades de alojamento turístico por ilha, atributos, número de comentários e classificação média das unidades de alojamento turístico no booking.com em setembro de 2022.

Como podemos observar na tabela na Figura 2, o Pico lidera com 18,6%, seguido de São Miguel (11,9%) e da Terceira (9,4%), na relação entre o número de unidades sustentáveis

Grupo	Número de unidades de alojamento	%
0	133	17%
1	54	7%
2	98	13%
3	51	7%
4	122	16%
5	107	14%
6	17	2%
7	53	7%
8	108	14%
9	21	3%
	764	100%

Figura 3 - Distribuição do número das unidades de alojamento turístico no booking.com por 10 grupos

Usamos o algoritmo de agrupamento K-Means e, como se pode observar na tabela na Figura 2, obtivemos 10 grupos (*clusters*) dos quais só consideramos 8, nomeadamente os grupos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8, porque os grupos 6 e 9 não apresentaram valores significativos.

		Grupo							
		0	1	2	3	4	5	7	8
Atributo	Classificação média	8.84	8.98	8.98	9.01	9.06	8.98	8.88	8.91
	N.º unidades de alojamento	94	46	49	89	49	226	161	184
	Proximidade da praia	0.33	0.37	0.00	0.20	1.00	1.00	1.00	0.00
	Sustentabilidade	0.08	0.04	0.04	0.08	0.07	0.15	0.13	0.22
	Gestão privada	0.38	0.80	1.00	0.29	1.00	0.00	0.00	0.00
	Wi-Fi	0.00	0.81	0.33	1.00	0.33	0.29	0.89	0.39

Figura 4 - Grupos gerados pelo Algoritmo K-Mean

O grupo 0 concentra a maior percentagem de unidades de alojamento turístico seguido pelo grupo 4 (16%) e os grupos 5 e 8 (14%), os quais concentram 61% do total das unidades de alojamento. Da análise dos resultados na tabela da Figura 4, observamos que a maior classificação média (9.06 no Grupo 4) corresponde a uma maior valorização da proximidade à praia e gestão privada da unidade de alojamento, enquanto que a sustentabilidade é pouco significativa.

No sentido de aprofundar este estudo estamos a preparar uma análise dos resultados da aplicação de algoritmos de análise de sentimentos aos comentários (*reviews*), deixados pelos turistas no booking.com sobre as suas experiências turísticas nos Açores nos últimos 5 anos.

25 anos de *Copernicus*

Cláudio Gomes, Artur Gil

29 de outubro de 2023

The European Copernicus programme is a vast Earth observation system that combines satellites and sensors on land, sea and in the air, providing freely available data on the planet. Launched in honour of Nicolaus Copernicus, it supports areas such as climate, the environment, agriculture and emergency management. In the Azores, the pioneering creation of Copernicus Relays and Copernicus Academy has strengthened the link between science, innovation and public policy, promoting the use of satellite data in research, education and entrepreneurship, positioning the region as a European benchmark in geospatial literacy and technology.

O programa europeu de observação da Terra, Copernicus, anteriormente chamado “Monitorização Global para o Ambiente e Segurança”, ou GMES na sigla inglesa, é constituído por uma constelação atual de oito satélites (o primeiro tendo sido lançado em 2014 e podendo chegar a um total de quase 20 até 2030) e por um conjunto de sistemas de observação *in situ* com sensores terrestres, aéreos e marinhos, permitindo o acesso total, gratuito e de acesso aberto aos dados por cientistas, empreendedores, serviços públicos ou qualquer cidadão. Curiosamente, em 2006 decorreu um concurso destinado a jovens estudantes para atribuir um nome mais apelativo a este programa, na altura GMES, tendo sido escolhido o “Pegasus”, todavia não foi implementado, sendo mais tarde escolhido Copernicus em reconhecimento ao matemático e astrónomo polaco Nicolau Copérnico, e para melhor alinhamento com outro programa estratégico de âmbito espacial da União Europeia dedicado à sua afirmação no setor do posicionamento global, Galileo.



Figura 1 - Imagem resultante de dados tratados de um dos dois satélites Sentinel-2 do Copernicus em 2021. Créditos: União Europeia, Copernicus Sentinel-2.

O programa Copernicus contempla seis serviços temáticos de informação que visam providenciar informação transparente, objetiva e atualizada, baseada em dados de satélite, para apoio à decisão e melhores planeamento e gestão na administração pública, empresas, setor associativo e cidadãos em geral nos domínios das alterações climáticas, monitorizações marinha, terrestre e atmosférica, segurança e gestão de emergências. Algumas das utilizações mais estratégicas dos dados do programa Copernicus incluem a monitorização das alterações climáticas (qualidade do ar, alterações do uso do solo, temperatura à superfície do mar e do solo, nível da água do mar, dinâmica da orla costeira), deteção e monitorização de desastres naturais (fogos florestais, inundações, movimentos de vertente, erupções vulcânicas) e apoio às atividades do setor primário (agricultura de precisão, gestão florestal e de frotas pesqueiras).

Em 2017, foram promovidas em simultâneo pela Comissão Europeia duas redes para contribuir para a divulgação do potencial associado ao Programa Copernicus, nomeadamente as redes Copernicus Relays e Copernicus Academy. A Região Autónoma dos Açores foi pioneira ao nível europeu ao fundar em simultâneo um Copernicus Relays (sediado na Governo Regional dos Açores) e um Copernicus Academy (baseado na Universidade dos Açores). Nos primeiros anos de atividades, ambas as estruturas

Copernicus regionais apresentaram um programa de atividades comum, de forma a criar sinergias e tentar ter um impacto mais imediato ao nível da comunidade.

O Governo Regional dos Açores, através da Direção Regional da Ciência e Tecnologia (DRCT) e do Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia (FRCT), foram os pioneiros na representação nacional na rede Copernicus Relays. Esta foi criada em estreita colaboração com a Comissão Europeia para promover o programa Copernicus a nível das regiões e dos estados-membro, possibilitando o envolvimento dos setores público e privado, através do esclarecimento do projeto e suas vantagens, e de ações de sensibilização junto das partes interessadas (“stakeholders”) locais e regionais. Atualmente, há mais membros portugueses envolvidos nesta rede.



Figura 2 - Imagem radar de 2015 das ilhas do Faial, Pico e São Jorge obtida pela missão Sentinel-1. Créditos: União Europeia, Copernicus Sentinel-1

A Universidade dos Açores teve o mesmo papel pioneiro ao nível das academias europeias, ao constituir-se em 2017 como uma das primeiras Copernicus Academy da União Europeia (e a primeira de Portugal). O objetivo fundamental da rede europeia de Copernicus Academy é o de promover a literacia geoespacial e incrementar o uso de dados Copernicus ao nível académico, quer na docência (desde a licenciatura ao doutoramento), quer no desenvolvimento de atividades e projetos de investigação das mais variadas temáticas nas quais a informação produzida a partir de dados de satélite possa constituir uma mais-valia. A pertença à rede europeia Copernicus Academy passa também pela criação e aproveitamento de sinergias com outras academias europeias a atuar no âmbito geoespacial, nomeadamente através da promoção de atividades de mobilidade de estudantes, docentes e investigadores entre instituições, via Programa Erasmus+, como também participação conjunta em consórcios europeus candidatos a projetos financiadas pela EU ou Agência Espacial Europeia. Outro objetivo relevante das Copernicus Academy é o de promover o empreendedorismo de base geoespacial junto da comunidade académica, de forma a fomentar a criação de novas empresas de base tecnológica inovadoras e competitivas que possam ajudar a alavancar o desenvolvimento regional.

Magnetismo cósmico

Cláudio Gomes, Maria M. Lima

7 de janeiro de 2024

Magnetism, the force that attracts and repels, is deeply linked to electricity and forms the basis of electromagnetism. Present from rocks to stars, it shapes natural and cosmic phenomena. On Earth, the magnetosphere protects us from solar winds and creates auroras; on the Sun and neutron stars, it reveals itself in intense spots and fields. In the early Universe, magnetism may have survived cosmic expansion thanks to new interactions between matter and space-time. Even today, this mystery continues to inspire science, showing how an invisible force helps connect the entire Cosmos.

O magnetismo é parte de uma interação fundamental da Natureza que, por exemplo, inclui fenómenos de atração e de repulsão entre materiais. Na realidade, o magnetismo e a eletricidade estão profundamente relacionados entre si, e as observações e estudos ao longo de anos permitiram construir a sua base teórica do eletromagnetismo, sendo disso exemplos: os estudos do físico dinamarquês Hans Christian Ørsted em que uma corrente elétrica contínua (DC) pode desviar a orientação da agulha magnética de uma bússola colocada nas suas proximidades, demonstrando que os fenómenos elétricos e magnéticos estavam ligados entre si; ou as conclusões do físico e químico britânico Michael Faraday que observou a indução eletromagnética em que um campo magnético variável no tempo produz/induz corrente elétrica em materiais condutores. Estes e outros trabalhos permitiram chegar-se às leis físicas básicas do eletromagnetismo conhecidas como as equações de Maxwell.

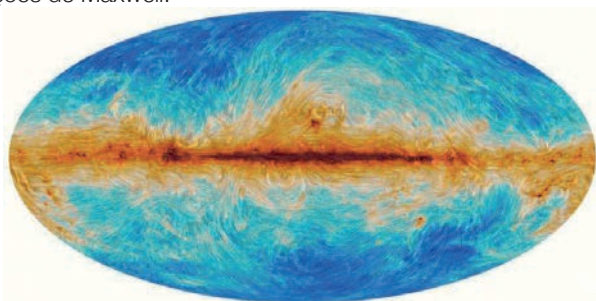


Figura 1 - Campo magnético da nossa Galáxia observado pela missão Planck. Créditos: ESA e Colaboração Planck.

O prezado leitor já deve ter tido oportunidade de observar como ímãs reagem em contacto entre si ou com uma superfície metálica, por exemplo. Imagine então quando a Humanidade nos seus primórdios se deparou com rochas que apresentavam essas atrações e repulsões sem que se visse diretamente o que puxava ou afastava, respetivamente. Há de facto muitas rochas que apresentam campos magnéticos devido aos minerais ferromagnéticos presentes aquando da sua formação. Esta situação permitiu a constituição de uma área do conhecimento conhecida como Paleomagnetismo que estuda a história das inversões da polaridade do campo magnético terrestre ao longo do tempo geológico.

A própria Terra apresenta um campo magnético cujas linhas de campo criam a magnetosfera, uma estrutura complexa em torno da Terra com linhas de campo entre os pólos norte e sul magnéticos que protege o planeta de ventos solares intensos e de algumas partículas altamente energéticas cujos rastros na atmosfera se podem ver e são conhecidas como auroras boreais e austrais. A origem deste campo reside na dinâmica entre o núcleo interno sólido da Terra e o núcleo externo semifluido em que correntes de convecção permitem a circulação eletrónica e a formação de um campo magnético.

Também o Sol e outras estrelas apresentam fenómenos magnéticos. Um exemplo tem que ver com as manchas solares que são regiões um pouco mais frias na fotosfera solar e onde há maior concentração de fluxo magnético.

Mas há também, naturalmente, magnetismo a nível astrofísico e cosmológico. São exemplos da primeira os campos magnéticos de galáxias e em estrelas de neutrões que rodam muito rapidamente – os pulsares -, ou ainda nas exóticas magnetares – estrelas de neutrões com campos magnéticos muito mais intensos. A nível cosmológico há indagações sobre a presença de campos magnéticos em regiões que não apresentam matéria suficiente para os explicar, e mesmo a sua origem e mecanismo de alimentação são ainda incógnitas pois existe uma época inicial no Universo – a inflação cósmica – onde o espaço-tempo se expande (quase) exponencialmente e as intensidades dos campos magnéticos deveriam ter sido diluídas.

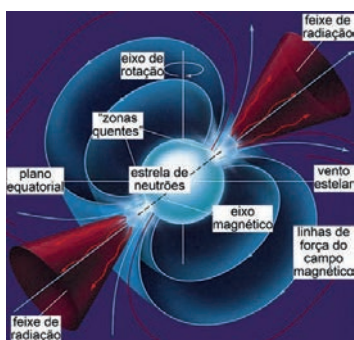


Figura 2 - Esquema de uma estrela de neutrões. Créditos: Pearson Prentice Hall, Inc, 2005.

Conhecem-se métodos físicos que permitem a amplificação do campo magnético até ao observado atualmente, como por exemplo o efeito dínamo, a partir de um campo magnético muito pequeno. No entanto, com a diluição causada pela inflação cósmica não seria expectável a existência desta semente de campo magnético. Este tema é uma das fragilidades atuais da Teoria da Relatividade Geral e tem sido vastamente analisado. Para tentar resolver esta questão, e outros problemas também identificados como a matéria escura e a energia escura, ou até a compatibilização da gravidade com a Física Quântica, têm surgido diversas teorias alternativas à Relatividade Geral, que podem ser consideradas como uma extensão da mesma. Provou-se, por exemplo, ser possível atenuar esta diluição do campo magnético durante o período inflacionário, considerando uma teoria em que existe um acoplamento entre a curvatura do espaço-tempo e a matéria. Assim, tornaria possível que uma semente de campo magnético possa sobreviver a este período e dar origem ao Universo que observamos atualmente.

Em suma, o magnetismo tem implicações importantes no Cosmos e há temas em estudo atualmente para dar resposta a questões fundamentais.

Projeções climáticas para os Açores

Avaliação de temperatura sob diferentes cenários socioeconómicos (SSP)

Diamantino Henriques, Fernanda Carvalho, Maria G. Meirelles, Helena C. Vasconcelos

1 de setembro de 2024

Due to their size and location, the Azores are particularly vulnerable to climate change. Based on data from 25 international climate models (CMIP6), a consistent increase in minimum temperatures and the number of tropical nights is projected by 2100, especially in scenarios with higher emissions. Although no significant changes in annual precipitation are expected, a trend towards alternating drier and wetter periods is anticipated. These results reinforce the urgency of regional adaptation policies — urban, environmental and public health — and mitigation policies focused on sustainability and reducing greenhouse gas emissions.

Em pequenas regiões insulares, a influência das mudanças climáticas assume uma relevância particular. No arquipélago dos Açores, composto por nove ilhas, as circunstâncias geográficas, a condição oceânica, a dispersão territorial, o modelo de uso da terra e outras restrições impostas pelas características físicas da região, como relevo, clima e hidrografia reforçam e aumentam a vulnerabilidade das ilhas a mudanças nos padrões climáticos atuais.

A temperatura atmosférica global continuará a aumentar até meados do século XXI em todos os cenários de emissões considerados. Espera-se que um aumento da temperatura global de 1,5 °C a 2 °C seja excedido durante o século XXI, a menos que reduções consideráveis nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases com efeito estufa ocorram nas próximas décadas.

O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) destacou que as mudanças climáticas estão afetando os extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões do globo, como o aumento das ondas de calor, chuvas intensas e períodos mais longos de seca. O Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do IPCC confirmou que a frequência e a intensidade dos extremos quentes aumentaram, enquanto os extremos frios diminuíram globalmente desde 1950. No entanto, o aquecimento global não é igualmente distribuído ao redor do planeta. Os efeitos do aquecimento global na evolução e distribuição da temperatura e precipitação não são uniformes. Uma atmosfera mais quente pode reter mais vapor de água, conforme a relação de Clausius–Clapeyron. Contudo, embora se espere um aumento na evaporação e, conseqüentemente, na quantidade de vapor de água na atmosfera, não está claro se isso resultará em um aumento na precipitação. Os processos de evaporação e precipitação são extremamente complexos, e até os modelos climáticos mais avançados ainda dependem de parametrizações ou representações “grosseiras” para resolver esses mecanismos na atmosfera. Existem muito poucos estudos sobre projeções de extremos climáticos em regiões oceânicas e ainda menos em pequenas ilhas como os Açores.

Os resultados aqui apresentados baseiam-se nos resultados de 25 modelos climáticos do Coupled Model Intercomparison Phase 6 (CMIP6) para alguns índices de extremos climáticos na região do Atlântico Norte oriental (36,5°N - 40°N e 32°W - 24,5°W), englobando o arquipélago dos Açores. Os conjuntos de dados de simulações e projeções históricas do CMIP6 usados neste trabalho estão disponíveis no Climate Data Store (CDS) do programa Copernicus. Para os dados de referência, foram utilizados os dados horários ERA5 abrangendo o período de referência 1961 a 1990, disponíveis no CDS. Os Shared Socioeconomic Pathways (SSP) cenários, selecionados foram o cenário SSP1 2.6, SSP2 4.5 e SSP5 8.5. Estes representam forçamentos radiativos baixos, intermediários e altos devido a diferentes percursos de emissão de gases de efeito estufa. Foram realizadas projeções até ao ano 2100, para os parâmetros meteorológicos temperatura média diária mínima anual, quantidade total anual de precipitação, e ainda, para o número anual de noites tropicais, o número anual de dias secos consecutivos e o número anual de dias chuvosos. As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados obtidos para os três cenários acima

referidos em relação à temperatura média diária mínima anual e para o número anual de noites tropicais.

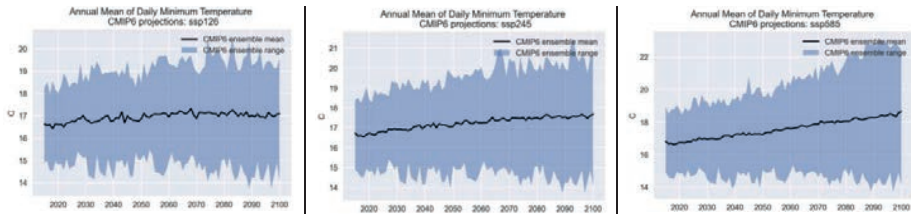


Figura 1 - CMIP6—temperatura média diária mínima anual projetada para a região dos Açores e para os cenários SSP1 2.6 (esquerda), SSP2 4.5 (meio) e SSP5 5.8 (direita). Séries temporais de média e amplitude do conjunto.

Os resultados da Figura 1 mostram tendências positivas das médias e amplitudes dos conjuntos em todos os cenários, especialmente no SSP2 4.5 e no SSP5 8.5.

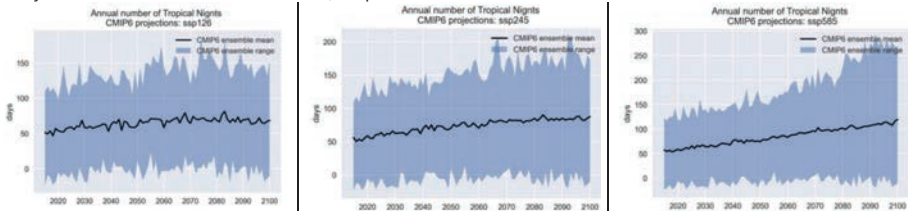


Figura 2 - CMIP6—projeção do número anual de noites tropicais para a região dos Açores e para os cenários SSP1 2.6 (esquerda), SSP2 4.5 (meio) e SSP5 5.8 (direita). Séries temporais de média e intervalo do conjunto.

Pode-se observar na Figura 2, que as mudanças projetadas no número de noites tropicais são positivas para todos os cenários, no entanto, os cenários SSP1 2.6 e SSP2 4.5 são estatisticamente significativos na região dos Açores.

As projeções de temperaturas mínimas médias diárias anuais na região dos Açores sugerem que um aumento nas temperaturas médias diárias anuais durante este século é provável para o cenário SSP1 2.6 e muito provável para os restantes. Um aumento no número anual de noites tropicais também é muito provável em todos os cenários. As projeções de precipitação anual não mostram mudanças significativas. Contudo, o aumento simultâneo nos números de dias secos consecutivos e de dias chuvosos no cenário SSP 5 8.5 significa que a relação Clausius-Clapeyron deverá ser o processo dominante. Os dados apresentados neste estudo sugerem a necessidade urgente de incorporar políticas eficazes de adaptação, como o planejamento urbano, a construção de infraestruturas resilientes e a proteção da saúde pública. Além disso, é fundamental adotar políticas de mitigação, que enfatizem a preservação ambiental, a economia circular e a sustentabilidade. Tais políticas são essenciais para reduzir a vulnerabilidade dos Açores aos impactos adversos das mudanças climáticas.

Asterossismologia

As estrelas também tremem!

Cláudio Gomes

27 de outubro de 2024

Asteroseismology studies the “tremors” of stars — small oscillations in their brightness that reveal secrets about their interior. Just as terrestrial seismology allows us to understand the structure of the Earth, these vibrations help astronomers to understand the composition and evolution of stars. The Sun, being close by, is the main laboratory for this science, called helioseismology. By studying different waves — pressure, gravity or magnetic — it is possible to investigate how stars produce energy, evolve and even die, contributing to the chemical and physical history of the Universe.

A asterossismologia é o ramo da astronomia que se dedica a estudar oscilações das estrelas. Etimologicamente, provém do grego «aster» (astro) + «seimos» (tremor) + «logos» (estudo). Quando a estrela em estudo é o Sol, este ramo adota o nome de heliossismologia. De facto, a partir do estudo das suas oscilações internas, ou de outro modo, da sua atividade sísmica, podemos obter informações acerca da estrutura interna de uma estrela, e, por conseguinte, de uma parte da história do Universo.

A propagação de ondas no interior das estrelas produz uma assinatura observável, mas extremamente pequena, no brilho destes astros (ver Fig.1). Isto permite inferir acerca do meio interno e das fontes de energia que mantêm as ondas detetadas, uma vez que a frequência e amplitude destas dependem do meio de propagação.

As estrelas são um elemento crucial no Universo: são fontes da evolução química no mesmo; sendo que as de massas intermédias sintetizam Carbono, Azoto e Oxigénio, ao passo que as mais maciças sintetizam os elementos a partir do Hidrogénio até ao Ferro. Estas podem morrer sob a forma de uma explosão muito energética, denominada supernova, onde são formados os elementos mais pesados que o Ferro. Todavia, a própria evolução química depende muito da natureza dos processos de mistura internos. Apesar de se conseguir observar muitas estrelas e se obter imensos dados astrofísicos, o Sol é a única estrela em que observa a sua forma tridimensional. As restantes aparecem-nos como pontos devido às distâncias enormes entre nós e aquelas. Assim, a modelação da estrutura interna das estrelas leva em conta diversos processos que podem interferir com as mesmas. Em particular, o efeito da rotação interna diferencial, que leva a deformações (e desvios da forma esférica), o efeito de «overshooting» convectivo que resulta da forma como a mistura ocorre no interior, o preâmbulo de explosão em supernova, ou os efeitos da evolução de sistemas binários próximos, onde seguramente o efeito gravitacional de duas estrelas próximas afetará a estrutura interna de cada uma (ou pelo menos à de menor massa). Com efeito, o estudo das oscilações internas permite dar algumas respostas a enigmas da ciência da estrutura e evolução estelar.

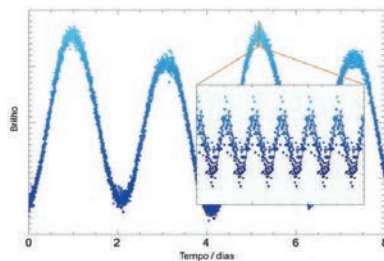


Figura 1 - Variação do brilho da estrela TIC 237336864 com dados provenientes da missão TESS da NASA. As menores variações (ampliadas na figura) correspondem a ondas acústicas. Créditos: Daniel Holdsworth, Jeremiah Horrocks Institute, University of Central Lancashire.

Quando se ouve falar em sismos, rapidamente remetemos a terremotos ou a maremotos, consoante o epicentro se situa na crosta terrestre ou na oceânica, respetivamente. Este último, podendo levar à formação de tsunamis.

De um modo geral, podemos classificar as ondas sísmicas na Terra como:

- Ondas longitudinais P. São as ondas de volume primárias, vibram na mesma direção da propagação da onda. Possuem velocidade elevada, sendo as primeiras a chegar à superfície;
- Ondas transversais S. São ondas de volume secundárias, vibram perpendicularmente à propagação da onda. Apresentam velocidade inferior às ondas P.
- Ondas de Love. São ondas superficiais polarizadas horizontalmente e resultam da interferência de muitas ondas S. Produzem cisalhamento horizontal do solo.
- Ondas de Rayleigh. São ondas superficiais resultantes da interferência de ondas P e S, e apresentam vibração no sentido contrário à propagação da onda, ou seja, um movimento de rolamento.

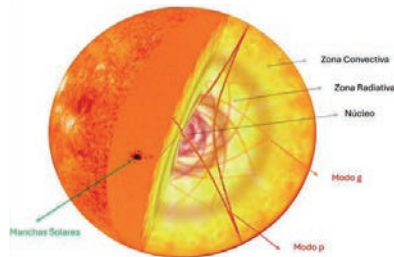


Figura 2 - Visão artística do interior de uma estrela tipo Sol com dois modos de propagação (ondas), e estrutura interna com uma zona radiativa e núcleo, e uma zona convectiva. Créditos: García, R.A., Ballot, J. Asteroseismology of solar-type stars. *Living Rev Sol Phys* **16**, 4 (2019).

A caracterização destas ondas e da sua propagação ao longo do interior da Terra, permite-nos inferir acerca da sua composição interna. Isto leva-nos a identificar a crosta/crusta terrestre e oceânica, o manto superior e o inferior, o núcleo externo e o núcleo interno. Por exemplo, através da ausência de ondas S diretas a partir de 103° do epicentro, podemos inferir a existência de um núcleo externo semifluido, uma vez que as ondas S não se propagam em meios deste tipo. E através de uma zona de sombra de ondas P (i.e., uma região entre os 103° e os 142° onde não são detetadas ondas P diretas) conseguimos detetar uma região mais sólida no interior: o núcleo interno.

E quanto a estrelas? Elas também tremem? Nas estrelas existem vários tipos de ondas sísmicas, sendo que as mais estudadas são as seguintes:

- Modos acústicos ou de pressão (p), causados pelas flutuações da pressão dentro da estrela; a sua dinâmica é determinada pela velocidade local do som. Podem ser radiais ou não radiais, e ocorrem em regiões convectivas estáveis ou instáveis;
- Modos de gravidade interna (g), causadas pela impulsão. Apenas não radiais e em regiões convectivas estáveis;
- Modos de gravidade da superfície (f), como ondas de oceano sob a superfície da estrela. Também existem as ondas de Alfvén e as ondas magneto-gravíticas, devidas à existência de campos magnéticos no interior das estrelas. Assim, elas também tremem!

As ilustrações deste livro constituem um exercício de articulação entre a linguagem visual e a ciência.

Cada imagem, da elegância do pelicano à estrutura intrincada da tiróide, da sensibilidade de um sismógrafo à complexa teia social e humana, da beleza do caracol *Oxychilus atlanticus* à fascinante estrutura molecular da clorofila, foi concebida para aproximar o leitor dos conceitos abordados nas diferentes áreas científicas.

O trabalho gráfico procurou aliar o rigor científico e a sensibilidade estética através de imagens com uma linguagem visual sintetizada.

Camila Cota

A divulgação científica é um dos pilares fundamentais para aproximar o conhecimento da sociedade. Quando os investigadores partilham as suas interrogações, descobertas e desafios com o público, não apenas promovem a literacia científica, como também reforçam a confiança das comunidades na ciência e nas instituições que a produzem. No contexto dos Açores, esta missão ganha uma dimensão ainda mais relevante, pela nossa insularidade e pela necessidade de envolver os cidadãos na construção de um futuro mais informado, sustentável e inovador.

O projeto UAciência, da Universidade dos Açores, é um exemplo de como a ciência pode e deve sair da academia e chegar às pessoas. A Direção Regional da Ciência, Inovação e Desenvolvimento dos Açores valoriza esta iniciativa, alinhada com os princípios do Espaço Europeu de Investigação, que entre outros reforçam o papel dos investigadores na comunicação e envolvimento com a sociedade. A divulgação científica é uma responsabilidade inerente à atividade de investigação, essencial para garantir que o conhecimento gerado seja compreendido e apropriado pelos cidadãos.

A nossa mensagem vai, por isso, no sentido de reforçar iniciativas acessíveis, envolventes e com impacto real, que promovam a ligação entre investigadores e comunidades - seja através da Rede de Centros de Ciência dos Açores, seja em contextos de ensino e cultura, físicos ou digitais. Defendemos também projetos que integrem o conceito de “cidadão cientista”, permitindo o diálogo e a cocriação. A ciência não existe apenas para ser compreendida; existe para ser partilhada e vivida. E quando os cidadãos se reconhecem como parte ativa do processo científico, tornam-se também agentes de mudança, capazes de contribuir para uma sociedade mais informada, crítica e inovadora.

Rute Gregório

*Diretora Regional da Ciência, Inovação e Desenvolvimento
Governo dos Açores*



**GOVERNO
DOS AÇORES**