

Índice

Introdução	11
Matemática	
Desde quando é que contamos?	15
Qual é o maior de todos os números?	22
O que há para lá do infinito?	30
Qual é a probabilidade de ganhar o Euromilhões?	36
A estatística é como o biquíni?	43
O Vasto Universo	
Como contar a história do Universo em menos de 15 minutos?	51
O que havia antes do Big Bang?	58
O Universo é redondo?	63
Como nasceu o tempo?	67
Os universos paralelos existem?	71
O que é um buraco negro?	75
O que é a matéria escura?	81
Quando surgiram as cores no Universo?	87
Como se descobrem exoplanetas?	94
Há vida extraterrestre?	99
O Sol sofre variações?	104
O que são eclipses?	110
Onde caem as estrelas-cadentes?	116

Qual é o significado astronómico do Natal?	123
Como se fez o calendário?	128
Quem foi Copérnico?	133
Quem foi Carl Sagan?	141

Astronáutica

Vamos regressar à Lua?	149
Porque estamos obcecados com Marte?	156
Já houve sexo no espaço?	161
Quantas mulheres já foram ao espaço?	165
É possível desviar um asteróide?	171

Física e Química

Qual foi o objecto mais acelerado do mundo?	179
O que é a teoria da relatividade?	186
O que é a teoria quântica?	194
Quantos elementos existem?	200
O que é um acelerador de partículas?	206

O Planeta Terra

O que é um tsunâmi?	215
Os animais prevêem catástrofes?	220
Que cavidades há no interior da Terra?	226
O que há no fundo do mar?	232
Como se faz chuva artificial?	238
Quais são os maiores lagos?	243
Onde há sal na Terra?	248
De que é feita a atmosfera da Terra?	253
Peso e massa são a mesma coisa?	260
O núcleo da Terra vai rodar ao contrário?	268

Clima e Energia

O calor é energia? E o frio?	277
Conseguiremos salvar o planeta?	283
Vamos ter mais vagas de calor?	289
Como funciona um painel solar?	294

O que é o hidrogénio verde?	299
O que é o lítio e como se aproveita?	304
Vai haver mais energia geotérmica?	311
Quem foi Marie Curie?	316
Qual é a diferença entre cisão e fusão nuclear?	322
A energia nuclear é verde?	326

Vida Humana

Quando surgiram os primeiros homens?	333
Para que serve a sequenciação do genoma humano?	340
Será aceitável fazer edição genética nos humanos?	347
O que é o amor?	352
Ciência e religião: uma relação difícil?	358
Como se ligam ciência e música?	364
Quais foram as mulheres mais notáveis na ciência?	369

Alimentos

Qual é a origem do açúcar?	379
De onde vem o café?	384
Como nascem os cogumelos?	389
Porque comemos bacalhau?	395
O que são as castanhas?	400

Invenções

Quando surgiram os óculos?	409
Quando surgiu a bicicleta?	415
Quem inventou o telefone?	420
Como se faz o cimento?	428
De onde vem a cola?	433
Como funcionam os aviões?	439
O que são os raios X?	445
O que são os raios <i>laser</i> ?	451
O que é um relógio atómico?	456
Quem foi o «pai» da bomba atómica?	461
Como funciona a dessalinização?	467
A inteligência artificial vai dominar o mundo?	472

Introdução

O *Ciência Pop* foi um programa regular da Rádio Observador cujas emissões semanais decorreram entre Novembro de 2021 e Dezembro de 2023, que ficou como *podcast* nas principais plataformas deste formato (Spotify, Apple Podcasts). Foram seus intervenientes o físico Carlos Fiolhais, autor da ideia (desmistificar conceitos científicos e explicar fenómenos do quotidiano), e o radialista da Rádio Observador João Miguel Santos. Em muitos casos eram respondidas questões enviadas pelos ouvintes, isto é, os temas dos programas eram propostos pela audiência.

Esta é uma selecção feita pelos autores, a convite da editora Relógio D'Água, de um conjunto de episódios representativos do programa, que aqui aparecem devidamente editados (o tom continua coloquial, mas foram corrigidos alguns erros e evitadas algumas repetições próprias da oralidade). Notas de pé de página servem para algumas actualizações. Os episódios escolhidos foram agrupados tematicamente e não aparecem pela ordem em que foram emitidos.

Os autores agradecem a Francisco Vale, editor da Relógio D'Água, a ideia da publicação em livro, e aos seus colaboradores que fizeram uma cuidadosa transcrição e revisão. Os programas continuam acessíveis nas plataformas de *podcast*, mas esta forma confere de algum modo alguma perenidade aos conteúdos. Os autores esperam que estes diálogos informais, que tratam conteúdos científicos sempre num tom leve e bem-disposto, sejam tão do gosto dos leitores como foram do gosto de muitos ouvintes.

Matemática



Desde quando é que contamos?

JOÃO MIGUEL SANTOS: *Professor, os números e as operações aritméticas, como a adição, a subtração, a multiplicação e a divisão, fazem parte do nosso quotidiano. Mas quando é que o ser humano começou a contar? Há registos de tempos antigos?*

CARLOS FIOLEAIS: Sim, há registos muito antigos que mostram contagens. Mas é evidente que não pode haver registos escritos da pré-história, antes da escrita. A contagem é tão antiga como a presença do homem na Terra. Os homens pré-históricos faziam contagens e a evidência é o facto de termos encontrado artefactos, designadamente ossos, com marcas de contagens. Por exemplo, um osso de há 40 ou 50 mil anos, encontrado onde é hoje a República Checa, tem claramente números, alinhados cinco a cinco. Portanto, contar, a começar pelos dedos e a continuar por outras coisas, foi uma atitude do homem pré-histórico. Era preciso contar quantos animais se viam. Era diferente haver um urso ou haver dois ursos. Assim como é diferente o urso ser grande ou pequeno...

Sim, faz diferença chegar à aldeia com um urso às costas ou com dois...

Na pré-história, também havia monumentos megalíticos com alinhamentos de acordo com os astros, o que significa alguma capacidade de cálculo. Mas, se a sua pergunta se refere a registos escritos, temos de aguardar pelo começo da história — só quando começou a história

é que começaram registos mais explícitos de contagens e de operações com números. Os sumérios, no Sul da antiga Mesopotâmia, actual Iraque, são dos povos históricos mais antigos. Deixaram-nos tabuletas de argila, que eram cozidas num forno, onde há registos de contagens e de operações. Portanto, eles já tinham algum domínio da aritmética — já usavam as quatro operações: soma, subtracção, multiplicação (que é uma soma repetida) e divisão — e também da geometria. E, o que é muito interessante, esses povos criaram o sistema de base 60, do qual somos herdeiros, um sistema ligado aos ângulos e às horas. O ângulo do círculo completo é de 360 graus, uma hora tem 60 minutos e cada minuto tem 60 segundos, e isto vem dos sumérios, que foram também os primeiros a introduzir o zero, embora não exactamente como expressão de nulidade, mas sim para marcar uma posição na construção de números maiores. Ao mesmo tempo, ou quase, os egípcios tinham também a capacidade de representar números por hieróglifos, na pedra e em papiros. Há um registo muito antigo num papiro de há uns 5000 anos — estava a história a começar —, que fala de 120 mil prisioneiros e de 422 mil cabras capturadas. Cada prisioneiro devia ter muitas cabras...

Sim, é um bom rácio.

A preocupação da contagem está lá. E resolviam problemas, por vezes algébricos. Está ali o início da álgebra. Usavam variáveis em certos problemas e queriam saber os valores dessas variáveis para os resolver. E, por vezes, encontramos exemplos do que chamaríamos hoje matemática recreativa. Dou um exemplo de um divertimento que aparece num papiro egípcio. Alguém vai a um sítio. Quando lá chega, encontra um homem com sete mulheres, cada mulher tinha sete sacos, cada saco tinha sete gatos, cada gato tinha sete gatinhos. Pergunta: gatinhos, gatos, sacos e mulheres, quantos há lá? Parece uma lengalenga infantil, mas é um problema, um desafio.

Exacto.

Por outras palavras, os egípcios já tinham a ideia de que uma pessoa podia criar problemas e procurar soluções para eles. Além disso, no que

diz respeito à geometria, tal como os sumérios (ou talvez ainda mais), os egípcios tinham a necessidade de fazer medições. Geometria significa à letra «medida da terra». Eles tinham de tirar medidas aos campos, porque as águas do Nilo invadiam as propriedades, sendo depois preciso reconstruí-las. Havia agrimensores, pessoas que mediam novamente os terrenos depois das cheias. Sabemos que os egípcios sabiam medir bem se pensarmos na construção das pirâmides. Há histórias sobre relações místicas nas pirâmides, mas elas não são inteiramente verdade. Certo é que os egípcios sabiam medir o volume de uma pirâmide, sabiam medir o volume de uma pirâmide truncada, assim como sabiam medir áreas e volumes de certas figuras. Sabiam mesmo medir a área de um círculo: tinham uma boa aproximação para o número $\pi = 3,14\dots$, e, portanto, foram, juntamente com os sumérios, os primeiros matemáticos, os primeiros geómetras. Mas a matemática haveria de evoluir.

Muito bem. E quando é que surgiu a numeração decimal, que nós hoje usamos?

Isso foi bastante mais tarde. Tem origem na Índia, onde também houve uma civilização antiga. E, havendo antecedentes, o sistema decimal consolidou-se apenas entre os séculos I e IV d. C. Os números — 1, 2, 3, etc. — de base decimal, que hoje usamos, chegaram até nós através dos árabes. Os árabes tiveram contacto com os indianos e foram eles que trouxeram para a Península Ibérica e para o Ocidente em geral esses números. É uma das heranças da Índia que nós recebemos com a intermediação árabe. Aos indianos, que cultivaram a matemática, nós devemos, ainda, os números negativos, e o zero — embora os sumérios tenham usado o zero para marcar posições, o zero como número de direito próprio para designar a nulidade ou nada surgiu na Índia. Mas, entre os antigos sumérios e egípcios, por um lado, e os indianos e árabes, por outro, houve os gregos, pelo que temos de falar dos gregos.

Qual é a importância dos gregos para a matemática?

Os gregos foram fundamentais, porque introduziram a racionalidade. É muito difícil dizer se os sábios gregos mais antigos, ditos

pré-socráticos, eram cientistas ou filósofos. De facto, eram as duas coisas... E um dos nomes mais antigos, talvez o mais antigo que podemos associar à matemática e à ciência, é o de Tales de Mileto, que viveu nos séculos VII e VI a. C. Mileto é um lugar que fica na actual Turquia, na Ásia Menor. Ainda hoje se ensina na escola o Teorema de Tales, sobre a intercepção de rectas paralelas. Há uma história sobre Tales que diz que ele teria observado um eclipse e reconhecido uma causa natural para ele. Houve outro sábio em Mileto chamado Anaximandro que foi seu discípulo. Esses autores gregos são os primeiros a quem podemos atribuir a autoria de proposições matemáticas. São os primeiros matemáticos de quem se conhece o nome, porque os documentos anteriores eram mais ou menos anónimos. E, depois, há um grande nome que tenho de referir, no século VI a. C. que é o do grego Pitágoras.

O autor do famoso teorema de Pitágoras.

Sim, isso mesmo. Os babilónios, herdeiros dos sumérios na Mesopotâmia, tiveram antecedentes desse teorema. Existem registos de afirmações deles sobre a área dos triângulos, que são quase o teorema de Pitágoras. Pitágoras é uma figura misteriosa, um pouco mística. Criou uma escola, mas sabemos muito pouco sobre ele. Ele teria feito uma afirmação espantosa: «Tudo é número.» Quer dizer que encontramos matemática por todo o lado. Esta frase haveria de ecoar depois na Revolução Científica no século XVII com Galileu, que disse que «o Livro da Natureza está escrito em caracteres matemáticos e só quem perceber esses caracteres é que poderá lê-lo. Mas remonta a Pitágoras a ideia de procurar números por todo o lado no mundo. Outra ideia muito importante da matemática é a ideia da harmonia, se quiser, de beleza, que resulta de certas proporções entre os números. Por falar em proporções, as fracções vêm dos egípcios. Há, portanto, um conjunto de avanços sucessivos. Tenho ainda de falar de Aristóteles, um filósofo que deu contribuições notáveis para a lógica, que é um ramo importantíssimo da matemática. Está no coração da matemática.

Foi na Grécia Antiga que surgiu a lógica, professor?

Sim, foi. Aristóteles construiu silogismos. O que é um silogismo? É uma construção que estrutura o raciocínio lógico. Partimos de premissas para chegar a uma conclusão. Um exemplo de um silogismo é: «Sócrates é humano e todos os humanos são mortais; então Sócrates é mortal.» Isto é um raciocínio lógico indesmentível, onde há duas premissas e uma conclusão. Houve todo um conjunto de raciocínios deste tipo na Grécia Antiga que haveriam de ser ensinados ao longo da Idade Média, quando o Cristianismo incorporou a herança grega. Os gregos são, de facto, os pais da lógica, da racionalidade, que é uma parte essencial da matemática. Muita gente tem a ideia de que a matemática consiste em fazer operações com números, das quais já falei. Mas é também, como disse, análise de figuras geométricas e operações com essas figuras: a geometria é uma parte importante da matemática. Mas tanto num caso como noutro tem de haver lógica. A matemática lida com estruturas abstractas usando a lógica. A matemática é o uso do raciocínio para chegar a conclusões seguras. E ela pode-nos levar longe, tem-nos levado cada vez mais longe.

A maior parte dos matemáticos fazem o seu trabalho independentemente da observação da Natureza. Mas a Natureza está de acordo com esse trabalho, no seguinte sentido: ela descreve-se bem com a matemática. Os matemáticos têm chegado a modos úteis para descrever a Natureza. Vou dar um exemplo. Euclides, outro grego, deixou-nos a sua geometria num livro formidável do século III antes de Cristo, com 13 capítulos, *Os Elementos*. Parte de certos princípios, ou axiomas, e tira deles consequências lógicas. Dou um exemplo de um axioma: por um ponto, só passa uma recta paralela a outra. Mas alguém poderá dizer: «Não senhor, passam muitas.» Ou: «Não passa nenhuma.» Isso foi dito muito mais tarde, no século XIX, e esteve na base de geometrias não euclidianas, que são, dito de um modo muito simples, geometrias curvas. A interessante questão que se levanta é: será o nosso espaço, o espaço a três dimensões, euclidiano ou não? É praticamente euclidiano a longa escala, mas pode ser curvo a pequena escala. Por exemplo, perto de um buraco

negro, o espaço é muito curvo. Portanto, as geometrias não euclidianas foram pensadas por matemáticos sem atenderem ao mundo real, mas foram depois encontradas no mundo real. Partindo de axiomas diferentes dos de Euclides, encontraram-se surpreendentes correspondências com o mundo.

Um casamento perfeito entre a Natureza e a matemática!

Exactamente. Aqui há um casamento que não é só perfeito, perfeito demais. Um físico do século xx, o físico húngaro Eugene Wigner, interrogou-se: porque é que a matemática está tão unida à Natureza? Galileu já tinha dito que estava unida quando afirmou que «o Livro da Natureza está escrito em caracteres matemáticos»: mas porquê tão unida? Por que razão a Natureza é tão matemática? E, de facto, Wigner viu aí uma «desrazoabilidade». Sem matemática não conseguimos, de todo, descrever e entender a Natureza. A matemática é a linguagem de todas as ciências da Natureza. Também se tem aplicado amplamente às ciências sociais e humanas. Há quem considere a matemática não tanto uma ciência em si, mas antes a linguagem comum a todas as ciências. É a matemática que nos tem ajudado a decifrar a Natureza. É a maneira mais simples e também mais bela de dar conta do mundo à nossa volta. Estas duas qualidades estão bastante ligadas: simplicidade e beleza.

Estou tentado, professor, a estudar matemática...

E porque não?

Receio que seja difícil.

Eu gosto muito de matemática. Sou físico e sei que, sem conhecimentos de matemática, não poderia exercer a minha actividade. Para a física, é preciso várias coisas, mas alguém, com humor, já disse que as três principais são: matemática, matemática e matemática. A matemática exerce uma atracção irresistível num físico. Poderá parecer difícil a quem não a conheça, mas uma pessoa que a conheça enamora-se dela. Nós agarramo-nos à matemática acima de tudo para não errar. Se não nos agarrarmos a ela, poderemos errar muito, errar por ve-

zes desgraçadamente. A matemática é uma espécie de bengala, que nos permite avançar sem cair. Também nos podemos enganar com a matemática, mas é muito mais difícil do que sem ela. A matemática é o nosso melhor meio para obter certezas. E tem as raízes de que falámos. É muito antiga, diria que é tão antiga como o pensamento humano. E ainda continua em desenvolvimento. É uma linguagem que se continua a expandir de um modo criativo. Continua a haver descobertas matemáticas. E, seja com a matemática mais antiga seja com a mais moderna, continuamos a aplicá-la em praticamente todos os assuntos.

Muito bem, longa vida à matemática.