Boletim Lavrense de Matemática

Edição 28, 23 de novembro de 2026

Equações Diferenciais



(Fonte: ChatGPT)

Muitos fenômenos que observamos na natureza e na sociedade podem ser estudados com a teoria de equações diferenciais. Nesta edição, convidamos o leitor a conhecer o universo destas equações, um importante ramo da Matemática que permite modelar e prever fenômenos presentes em diversas áreas da ciência. Vamos explorar sua história, algumas aplicações e as contribuições de grandes matemáticos que ajudaram a fundamentar essa teoria. Entre eles, destacamos a brasileira Marília Chaves Peixoto, pioneira na pesquisa matemática em um ambiente predominantemente masculino, desenvolvendo trabalhos relevantes em equações diferenciais e sistemas dinâmicos.

CUROSIDADES MATEMÁTICAS

Teria a máquina superado o homem?

Na era da inteligência artificial a OpenAI afirma ter provado em 88 horas o problema que matemáticos investigam há quase 100 anos. Entenda um pouco desse problema e do anúncio que surpreendeu a comunidade científica em 2026, na seção Curiosidades.

BIOGRAFIA

Marília Chaves Peixoto

Você conhece a história de Marília Chaves Peixoto? Primeira mulher a integrar a Academia Brasileira de Ciências, Marília enfrentou barreiras, rompeu preconceitos e deixou sua marca na história da Ciência. Conheça a trajetória dessa mulher que transformou desafios em conquistas e abriu caminhos para outras mulheres na Matemática na seção Biografia dessa edição do Boletim Lavrense de Matemática!



Marília Chaves Peixoto
(Fonte: MacTutor)

Índice

Equações Diferenciais pág. 2
Marília C. Peixoto pág. 4
Curiosidades pág. 5
Sugestões de leitura pág. 6
Desafios pág. 7

Editores (DMM/UFLA)
Ana Claudia Pereira
Graziane Sales Teodoro
Jamil Abreu
Patrícia Aparecida de Jesus
Thais Presses Mendes

Arte e diagramação
Conrado Rigotti de Carvalho

Contatos

Site: www.dmm.ufla.br/matematicaemtodolugar
e-mail: boletimdamatematica.dmm@ufla.br

ESPECIAL

Equações Diferenciais: a Matemática que Descreve o Movimento e a Transformação

Como descrever matematicamente o crescimento de uma população, a propagação de uma doença ou a variação da temperatura de um corpo? A resposta está nas equações diferenciais. Tais equações modelam fenômenos que evoluem no tempo e no espaço, uma vez que relacionam uma função às suas taxas de variação, ou seja, às suas derivadas. A partir disso, é possível explicar comportamentos, prever tendências e auxiliar na resolução de problemas em diversas áreas como a Física, a Biologia, a Engenharia, entre outras.

Esta edição explora alguns conceitos, aplicações e curiosidades sobre as equações diferenciais e destaca a trajetória da matemática brasileira Marília Chaves Peixoto (1921-1961), cujos trabalhos pioneiros em sistemas dinâmicos e estabilidade estrutural impulsionaram o avanço desta área.

Após o desenvolvimento do cálculo por Isaac Newton e Gottfried Wilhelm Leibniz, surgiram as equações diferenciais, termo criado pelo próprio Leibniz. Tais equações constituem um ramo importante da Matemática Pura e Aplicada e, embora muito estudadas, ainda possuem um campo fértil para reformulações de problemas e novas aplicações; ver [1].

Durante a década de 1690, os irmãos Jacob Bernoulli e Johann Bernoulli desenvolveram alguns métodos de resolução das equações diferenciais e, em decorrência disso, surgiram alguns estudos aplicados, sobretudo na geometria e na mecânica. Em 1695, Jacob propôs e resolveu a famosa equação diferencial de Bernoulli (uma equação não linear de primeira ordem); ver [2].

A partir de meados do século XVIII, Jean d'Alembert e Leonhard Euler[a] introduziram as equações diferenciais parciais (EDPs), ampliando significativamente a gama de aplicações destas equações em fenômenos físicos; ver [1]. Já o final do século XVIII foi marcado pelo desenvolvimento de novos métodos analíticos para resolver equações diferenciais mais complexas, como por exemplo, a transformada de Laplace, uma ferramenta integral capaz de converter EDOs em equações algébricas lineares, o que torna os cálculos mais simples e é muito utilizado em estudos sobre mecânica celeste e teoria das probabilidades; ver [5].

No início do século XIX, Joseph Fourier também fez contribuições para esta teoria, demonstrando que qualquer função periódica podia ser representada como uma soma infinita de funções trigonométricas (senos e cossenos), criando as séries de Fourier. Este conceito não só permitiu resolver EDPs complexas na física matemática, como também deu origem à análise harmônica moderna; ver [4].

Em meados do século XIX, Augustin-Louis Cauchy apresentou os primeiros resultados formais sobre a existência e a unicidade de soluções das equações diferenciais para problemas de valor inicial, resultado conhecido como Teorema de Cauchy-Kovalevskaya; ver [3]. No final deste mesmo século, Henri Poincaré e Aleksandr Mikhailovich Lyapunov desenvolveram a teoria qualitativa das equações diferenciais. Tal teoria estuda o comportamento geométrico das soluções das equações por meio dos chamados retratos de fase, que permitem compreender a dinâmica dos sistemas, incluindo a análise da estabilidade e até os fenômenos associados à teoria do caos; ver [6].

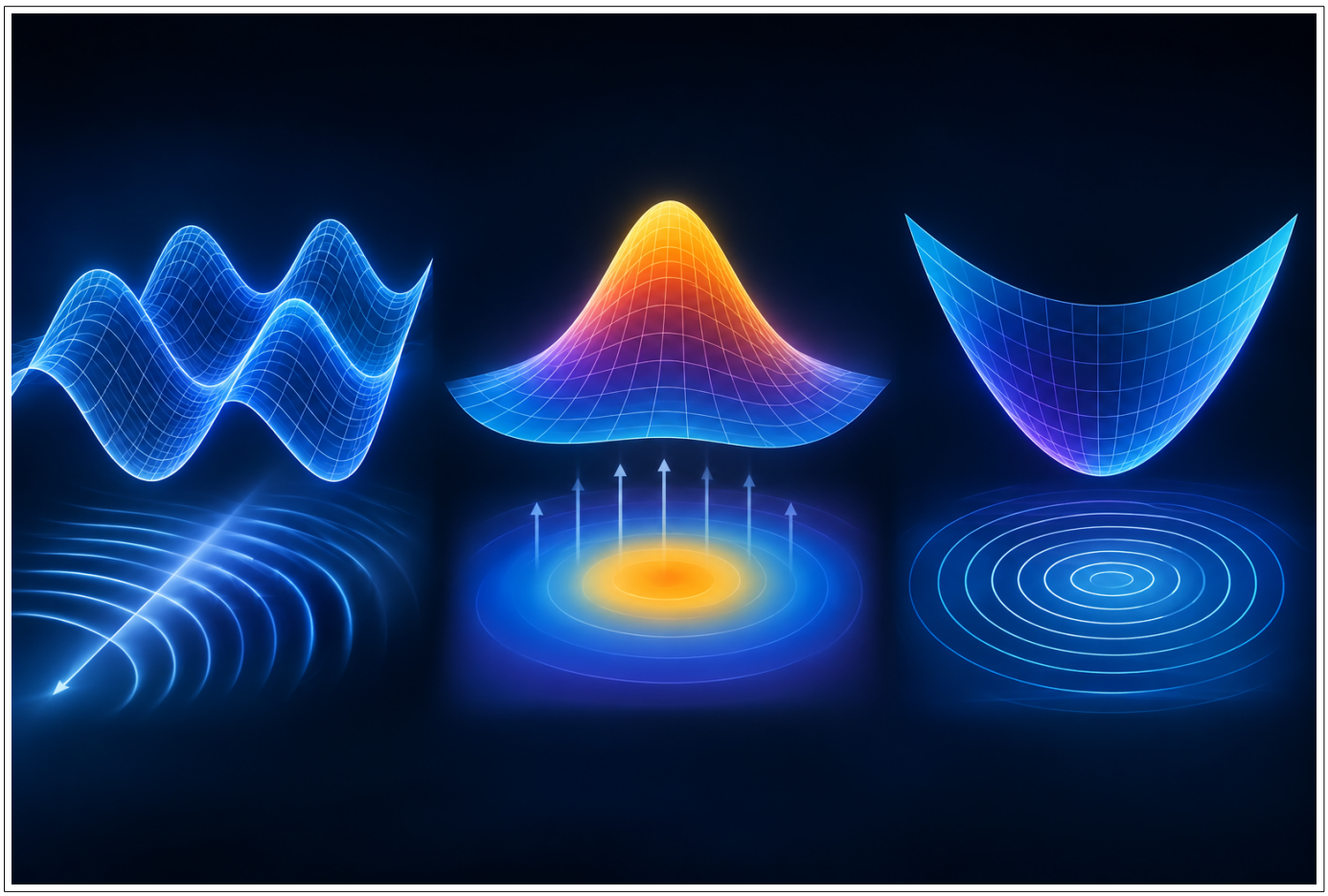
Em 1959, Marília Chaves Peixoto e Maurício Peixoto publicaram o artigo *Structural Stability in the Plane with Enlarged Boundary Conditions* nos Anais da Academia Brasileira de Ciências. Este trabalho estendeu o conceito de estabilidade estrutural (originalmente introduzido por Andronov e Pontryagin) e tornou-se um marco divisor de águas na teoria global dos sistemas dinâmicos; ver [7].

No Brasil, há diversas instituições importantes que desenvolvem pesquisas nesta área, com destaque para o Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Além disso, também merece destaque o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), cujos trabalhos envolvem a modelagem computacional e a simulação numérica de EDPs.

Não podemos deixar de mencionar matemáticos importantes que desenvolveram ou desenvolvem pesquisas em algumas dessas instituições. Entre eles, destacamos: Jorge Sotomayor Tello, autor de vários trabalhos sobre teoria das bifurcações das equações diferenciais e do clássico *Lições de Equações Diferenciais Ordinárias* (Projeto Euclides, IMPA), considerado pioneiro na abordagem moderna desta área; o mineiro Jacob Palis Jr., autor de dezenas de artigos na área de sistemas dinâmicos e, junto com Welington Celso de Melo, autor do clássico *Introdução aos Sistemas Dinâmicos* (Projeto Euclides, IMPA); Marcelo Viana, pesquisador titular e diretor geral do IMPA, cujas pesquisas concentram-se nas áreas de sistemas dinâmicos, teoria ergódica e teoria das bifurcações; Artur Ávila Cordeiro de Melo, vencedor da Medalha Fields[b] em 2014.

No campo das EDPs, há diversos nomes de prestígio, entre os quais destacamos: Djairo Guedes de Figueiredo, professor titular (aposentado) do IMECC/UNICAMP, cujas contribuições se concentram no estudo de equações e sistemas elípticos não lineares; Helena Nussenzveig Lopes, professora titular do IM/UFRJ e autora de dezenas de artigos; Alexandre Nolasco de Carvalho, professor titular do ICMC/USP e autor de mais de 100 artigos na área de sistemas dinâmicos infinito-dimensionais não lineares.

A seguir, listamos as EDPs de segunda ordem clássicas da literatura, que são classificadas, respectivamente, como: hiperbólicas, parabólicas e elípticas; ver [8]:



(Fonte: ChatGPT)

Equação da onda. Introduzida por Jean le Rond d'Alembert em 1746, descreve a propagação de perturbações e oscilações através de um meio, sendo fundamental na acústica, no eletromagnetismo, na sismologia e na mecânica dos fluidos. Se u é a amplitude da onda (deslocamento) em função da posição e do tempo então

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u,$$

onde t denota tempo, c a velocidade de propagação da onda no meio e ∇^2 é o operador Laplaciano, igual à soma das derivadas parciais de segunda ordem de u em relação às coordenadas espaciais, o qual aqui calcula a curvatura espacial da perturbação.

Equação do calor. Formulada por Joseph Fourier em 1822, é uma equação diferencial parcial que descreve como a temperatura se distribui e se dissipa ao longo do tempo num meio condutor, sendo fundamental na termodinâmica, na engenharia mecânica e em processos de difusão na Física, Biologia e finanças. Se u é a temperatura em função da posição e do tempo então

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \nabla^2 u,$$

onde t denota o tempo, α a difusividade térmica do material e ∇^2 é o operador Laplaciano, o qual aqui calcula a variação espacial da temperatura.

Equação de Laplace. Desenvolvida por Pierre-Simon Laplace no século XVIII, descreve fenômenos físicos em condições de equilíbrio, sendo fundamental na gravitação, no eletromagnetismo e na condução de calor em regime estacionário. Se u denota a função que representa a grandeza física em estudo então

$$\nabla^2 u = 0,$$

onde ∇^2 o operador Laplaciano.

Como vimos ao longo do texto, as equações diferenciais constituem um campo vasto e abrangente, do qual destacamos apenas alguns aspectos fundamentais. Elas representam uma das principais ferramentas matemáticas para descrever e compreender os fenômenos que envolvem mudanças e transformações no mundo real. Desde seus primeiros desenvolvimentos, no século XVII, até as sofisticadas aplicações computacionais da atualidade, as equações diferenciais permanecem essenciais para o avanço da ciência.

Notas

[a] Veja Edição 23 do Boletim Lavrense de Matemática.[1]

[b] A Medalha Fields, oficialmente conhecida como Medalha Internacional de Descobrimentos Proeminentes em Matemática (em inglês: International Medal for Outstanding Discoveries in Mathematics), é um prêmio concedido a cada quatro anos a matemáticos com até 40 anos de idade. O prêmio é considerado a maior honraria que um matemático pode receber.

Referências

[1] ARCHIBALD, Thomas; FRASER, Craig; GRATTAN-GUINNESS, Ivor (org.). *The History of Differential Equations, 1670–1950*. Oberwolfach Report No. 51/2004. Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, 2004. 66 p.

[2] BERNOULLI, Jakob. Explicationes, Annotationes et Additiones ad ea quae in Actis superiorum annorum de Curva Elastica, Isochroma Paracentrica, et Velaria, hinc inde memorata, et partim controversa leguntur; ubi de Linea mediarum directionum, aliisque novis. *Acta Eruditorum*, 1695.

[3] CAUCHY, A.-L. *Mémoire sur l'intégration des équations différentielles aux dérivées partielles*. Paris: 1823.

[4] FOURIER, J. *Théorie analytique de la chaleur*. Paris: Firmin Didot Père et Fils, 1822. 639 p.

[5] LAPLACE, P.-S. *Théorie analytique des probabilités*. Paris: Courcier, 1812.

[6] POINCARÉ, H. Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, v. 7, p. 375–422, 1881.[2]

[7] SILVA, Circe Mary Silva da. Marília Chaves Peixoto: uma matemática brasileira à sombra. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA MATEMÁTICA, 13., 2019, Fortaleza. *Anais*. Fortaleza: SBHMat, 2019. p. 150?170.[3]

[8] SIMMONS, George F. *Differential equations with applications and historical notes*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

■

BIOGRAFIA

Marília Chaves Peixoto (1921–1961)

Marília nasceu em 24 de fevereiro de 1921, na cidade de Santana do Livramento, no Rio Grande do Sul. Filha de Tullio de Saboia Chaves, médico e professor da Escola Médico-Cirúrgica do Rio de Janeiro, e de Zillah da Costa Magalhães. Teve dois irmãos, Lúcia e Lívio. Cresceu em uma família que valorizava o conhecimento e incentivava os estudos, ambiente que contribuiu para despertar seu interesse pela vida acadêmica.

Desde os primeiros anos de sua formação, Marília demonstrou dedicação aos estudos. Entretanto, sua trajetória escolar aconteceu numa época em que as oportunidades de educação para as mulheres eram bastante limitadas. Em Santana do Livramento, por exemplo, as moças enfrentavam restrições para frequentar o ensino secundário. Mesmo diante dessas dificuldades, com o apoio de seus pais e a colaboração de religiosos da cidade, frequentou as aulas como aluna particular e realizava as avaliações junto com os rapazes.

Anos depois, ao recordar essa experiência em uma entrevista concedida à revista Manchete, em 1952, Marília reconheceu a importância do incentivo familiar para sua formação. Relatou que teve a sorte de contar com pais que a estimularam a estudar e que, posteriormente, a ajudaram a seguir a área que realmente despertara seu interesse.

Posteriormente, mudou-se para o Rio de Janeiro, onde estudou no tradicional Colégio Andrews, instituição que recebia alunos de ambos os sexos. Em 1939, participou do processo seletivo para a Escola Nacional de Engenharia, alcançando uma conquista notável: ficou em terceiro lugar entre os 73 candidatos aprovados.



O casal Peixoto e um dos filhos.
(Fonte: MacTutor)

Na Escola Nacional de Engenharia, Marília conheceu Maurício Matos Peixoto e Leopoldo Nachbin, que também se tornariam importantes nomes da Matemática brasileira. Embora tenha cursado Engenharia, sua verdadeira paixão era a Matemática. Durante a graduação, também frequentou aulas de Matemática na Faculdade Nacional de Filosofia. Em 1943, concluiu o curso de Engenharia e, em 1946, casou-se com Maurício Peixoto, com quem teve dois filhos, Marta e Ricardo.

Sua trajetória profissional foi marcada por importantes conquistas. Em 1949, apresentou um trabalho original sobre desigualdades diferenciais, obtendo reconhecimento acadêmico e o título de doutora em Ciências (Matemática). Suas pesquisas envolveram principalmente equações diferenciais e funções convexas, algumas desenvolvidas em parceria com Maurício Peixoto.

Em 1951 se tornou a primeira mulher brasileira eleita membro efetivo da Academia Brasileira de Ciências. Sua presença nesse espaço representou uma conquista significativa para as mulheres na ciência, especialmente em uma época em que a Matemática e a Engenharia eram campos predominantemente masculinos.

[1]Disponível em: https://dmm.ufla.br/matematicaemtodolugar/images/edicoes_boletim/boletim_edicao23.pdf
[2]Disponível em: https://www.numdam.org/item/JMPA_1881_3_7__375_0.pdf.
[3]Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335169419_MARILIA_CHAVES_PEIXOTO_-UMA_MATEMATICA_BRASILEIRA_A_SOMBRA.

Marília faleceu em 5 de janeiro de 1961, no Rio de Janeiro, aos 39 anos, em decorrência de problemas cardíacos. Apesar de sua vida relativamente curta, deixou contribuições importantes para o desenvolvimento da Matemática no Brasil e para o reconhecimento da participação feminina na ciência.

Para saber mais:

☞ MacTutor. Marília de Magalhães Chaves Peixoto.[4]

☞ ABC. Marilia Chaves Peixoto.[5]

■

CURIOSIDADES MATEMÁTICAS

Equações de Navier–Stokes e a OpenAI

No dia 8 de setembro de 2026 a comunidade científica foi surpreendida com o anúncio de que um sistema de inteligência artificial da OpenAI havia resolvido um dos sete Problemas do Milênio, o problema das equações de Navier-Stokes. Para compreender o impacto causado por essa afirmação, precisamos voltar no tempo e entender onde e como tudo começou.

No século XVIII, Leonhard Euler apresentou uma formulação de equações diferenciais que descrevem o movimento de fluidos sem viscosidade[c]. Em 1822, o engenheiro civil Cloude-Louis Navier (1785-1836) propôs haver atrito interno nos fluidos e foi o primeiro a introduzir a viscosidade nas equações propostas por Euler. Em 1845, o matemático e físico George Gabriel Stokes (1819-1903) refinou e aperfeiçoou a proposta de Navier. Ao acrescentar o termo de viscosidade, obteve as equações diferenciais hoje conhecidas como equações de Navier-Stokes, a saber,

$$\begin{cases} \rho \dfrac{\partial v}{\partial t} = -\nabla p + \mu \Delta v + f, \\ \nabla \cdot v = 0, \end{cases}$$

onde ρ denota a densidade do fluido, v a velocidade, t o tempo, p a pressão, μ a viscosidade e f a força externa que atua sobre o fluido, por exemplo a gravidade. A primeira equação descreve a conservação do momento e a segunda a conservação da massa.

As equações de Navier-Stokes descrevem o movimento de fluidos, como por exemplo, o fluxo de ar para refrigeração de motor e freios, o fluxo sanguíneo nas artérias e veias, o fluxo de massas de ar, ventos globais, frentes frias, dentre muitos outros. Por isso, sua utilização abrange diversos campos do conhecimento, como as engenharias, a meteorologia, a biomedicina, a computação, etc. Apesar de serem utilizadas em simulações numéricas gerando bons resultados, existem questões matemáticas referentes às equações de Navier-Stokes ainda em aberto:

(1) Sempre existe solução para as equações de Navier-Stokes?

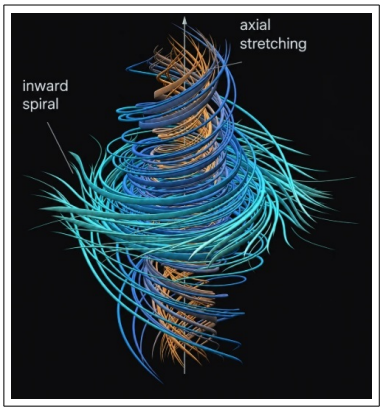
(2) Se a solução existe, ela permanece suave[d]?

Imagine que comecemos a observar um fluido cujo movimento é descrito por velocidades bem definidas e que variam suavemente de um ponto para outro. A questão é saber se as equações garantem que esse comportamento regular continuará para sempre. Ou será que, em algum instante, a velocidade poderá crescer sem limite, tornando impossível continuar a descrição matemática? Esse possível colapso da regularidade é o que os matemáticos chamam de *formação de uma singularidade*.

A resposta para o que torna este problema tão desafiador está na turbulência, pois turbulências geram comportamentos caóticos. No fluxo turbulento a energia se dissipa de redemoinhos grandes para redemoinhos cada vez menores, até que eles se difundem em calor. Mas, em teoria, o oposto poderia ocorrer: em vez de se dissipar, a energia poderia se concentrar, afunilando-se em um único ponto e fazendo com que a velocidade do fluido naquele ponto fosse infinita. Neste cenário, as equações falham em prever o fluxo, pois a solução explode para infinito e as equações deixam de fazer sentido. No mundo real isso não ocorre, porque a velocidade nunca será infinita. Mas, matematicamente, ninguém havia provado que isso não ocorreria no modelo de Navier-Stokes.

Na virada do século XX para o século XXI, a existência e suavidade da solução das equações de Navier-Stokes foi considerada uma das questões clássicas que resistiram a soluções por muitos anos. Assim, foi proposta como um dos sete Problemas do Milênio, os quais foram anunciados em 24 de maio de 2000, no *Collège de France*. A questão central deste Problema do Milênio é responder as questões (1) e/ou (2) apresentadas anteriormente. Foi designado, pelo *Clay Mathematics Institute*, um milhão de dólares para quem apresentasse a solução do problema de Navier-Stokes.

Ao longo dos anos, matemáticos renomados provaram resultados importantes sobre as equações de Euler e também sobre as equações de Navier-Stokes, entre eles Jean Leray, Terence Tao, Diego Córdoba e Luiz Martinez-Zoroa. No entanto, esses resultados, embora muito importantes para a matemática, ainda não respondiam as perguntas do Problema do Milênio.



Uma visualização do movimento incompressível local.
(Fonte: `https://openai.com/index/navier-stokes-solution/`)

[4]Disponível em: `https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peixoto_Marilia/`
[5]Disponível em: `https://www.abc.org.br/membros/marilia-chaves-peixoto/`

Avançamos no tempo para agosto de 2026, mais precisamente 15 de agosto de 2026, quando os pesquisadores Tristan Buckmaster e Levent Alpöge (pesquisador da Anthropic, concorrente da OpenAI), trabalhando com modelos de inteligência artificial, anunciaram a demonstração de que a solução das equações de Euler podem explodir em tempo finito. Vale lembrar que as equações de Euler são as equações de Navier-Stokes sem a viscosidade, ou seja, um modelo simplificado das equações de Navier-Stokes.

No dia 07 de setembro de 2026, Terence Tao usou seu blog oficial e também a rede social *Mathstodon* para se manifestar em relação ao trabalho de Buckmaster e Alpöge, dizendo que havia alta probabilidade de poder estender o resultado para as equações de Navier-Stokes, utilizando a técnica adotada por Buckmaster e Alpöge. Mas, no dia seguinte, a OpenAI anunciou ter resolvido um dos Problemas do Milênio dois dias antes, mostrando que uma solução pode desenvolver uma singularidade em tempo finito.

O anúncio representa um acontecimento de grande importância, mas a análise matemática das 165 páginas da demonstração ainda precisa passar pela revisão formal e validação oficial do *Clay Mathematics Institute*. Se a demonstração apresentada pela OpenAI resistir a uma checagem rigorosa e detalhada, um dos Problemas do Milênio estará resolvido, e poderemos afirmar que as equações de Navier-Stokes podem se colapsar matematicamente.

Em 11 de setembro, o *Clay Mathematics Institute* publicou um comunicado reconhecendo que o problema aparentemente havia sido resolvido[e].

Notas

[c] Viscosidade é a medida de quão difícil é para um fluido se movimentar. Por exemplo, o mel é mais viscoso do que a água, porque ele resiste mais ao movimento.

[d] O que significa que o fluxo permanece contínuo, livre de picos infinitos e com velocidades bem definidas em cada ponto.

[e] "Today, CMI shares in the excitement of the global mathematical community as we contemplate the announcement that the Navier-Stokes problem has apparently been settled. We hope to see waves of new human understanding unleashed as the innovations behind this work are analysed and interrogated." Tradução literal: "Hoje, o CMI compartilha o entusiasmo da comunidade matemática global enquanto contemplamos o anúncio de que o problema de Navier-Stokes aparentemente foi resolvido. Esperamos ver ondas de uma nova compreensão humana serem desencadeadas à medida que as inovações por trás deste trabalho sejam analisadas e questionadas."

Para saber mais:

☞ `https://www.claymath.org/`

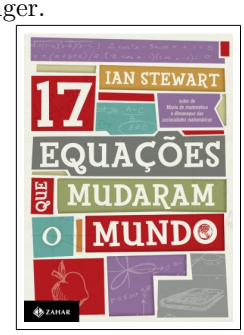
☞ `https://www.quantamagazine.org/videos/167243/`

■

SUGESTÃO DE LEITURA

17 Equações que Mudaram o Mundo e Caos: a Criação de uma Nova Ciência

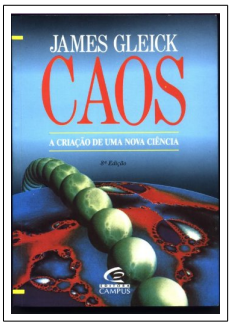
O livro *17 Equações que Mudaram o Mundo*, escrito por Ian Stewart, foi publicado originalmente em 2012 (no Reino Unido e nos Estados Unidos) e lançado no Brasil em 2013 pela editora Zahar, em tradução de George Schlesinger.



17 equações que mudaram o mundo
(Fonte: `https://a.co/d/06NR4Rbv`)

Na obra, o autor explora as conexões vitais entre a Matemática e o progresso da humanidade, demonstrando como as equações são parte integrante da nossa vida desde a Antiguidade. Stewart apresenta um relato apaixonado da história humana através de dezessete equações matemáticas cruciais, desde o teorema de Pitágoras até a teoria do caos, mostrando como essas equações abriram caminho para tecnologias fundamentais como a comunicação global, o GPS, os lasers, as naves espaciais e a energia atômica.

A obra *Caos: A Criação de uma Nova Ciência*, escrita por James Gleick, foi publicada originalmente em 1987 nos Estados Unidos e lançada no Brasil em 1989 pela editora Campus. Foi finalista do prêmio Pulitzer e do *National Book Award*[f]. Neste livro, narra-se a história, o desenvolvimento e as aplicações da teoria do caos. A obra descreve a jornada de cientistas e matemáticos que demonstram como sistemas dinâmicos complexos e aparentemente imprevisíveis contêm uma ordem matemática subjacente, revolucionando a Física, a meteorologia e a percepção científica do mundo. O grande destaque abordado no livro foi a descoberta do efeito borboleta pelo meteorologista Edward Lorenz em 1961, ao comprovar que variações mínimas nos dados de entrada de um modelo computacional geram previsões do tempo completamente diferentes.



Caos: A Criação de uma Nova Ciência
(Fonte: `https://a.co/d/0jhrDMF1`)

O texto aborda ainda o estudo de Robert May em dinâmica populacional, a constante universal de Mitchell Feigenbaum, a formulação dos atratores estranhos e a geometria fractal de Benoît Mandelbrot[g], revelando a ordem oculta presente em sistemas aparentemente aleatórios.

Notas

[f]O *National Book Award* (NBA) é um dos mais importantes prêmios literários dos Estados Unidos. Foi criado em 1950 para reconhecer anualmente obras de destaque da literatura publicada no país. É administrado pela *National Book Foundation*, uma organização sem fins lucrativos.

[g]Veja Edição 21 do Boletim Lavrense de Matemática.[6]

■

DESAFIOS MATEMÁTICOS

Desafios da edição

1) A *lei de absorção de Lambert* afirma que o percentual da luz incidente que é absorvida por uma camada de material translúcido é proporcional à espessura da camada. Se a luz incidente sobre o oceano tem sua intensidade I_0 reduzida pela metade a 10 metros de profundidade, a que profundidade terá sido reduzida a 1/16 de sua intensidade original? (É possível resolver o problema usando raciocínios elementares sobre proporções, e também via equações diferenciais.)

2) O *modelo barométrico exponencial* pressupõe que a pressão atmosférica p a uma altura h seja igual ao peso da coluna de ar acima deste nível sobre um quadrado de área unitária e que a densidade do ar, em qualquer altura, seja proporcional à pressão. Sob essas hipóteses, pode-se mostrar que p satisfaz a equação diferencial

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}h} = -cp,$$

para alguma constante $c > 0$, cuja solução é $p = p_0 e^{-ch}$, onde p_0 é a pressão ao nível do mar. Se a pressão atmosférica a 5.500 metros de altura for metade da pressão ao nível do mar, a que altura ela será um terço? (Se necessário, use $\log_2 3 = 1{,}59$.)

Leitores com conhecimentos de cálculo diferencial e integral podem considerar, como um desafio adicional, deduzir a equação diferencial acima e sua solução a partir das informações dadas.

Referências

[1] Simmons, George F. *Differential Equations with Applications and Historical Notes*, 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., 1991.

[2] Bassanezi, Rodney C.; Ferreira Jr., Wilson C. *Equações Diferenciais com Aplicações*, editora HARBRA Ltda., 1988.

***

Respostas dos desafios da Edição 27 (acesse-a aqui):

1) Há 7 modos de colocar a placa A, e uma vez colocada a placa A, existem 6 modos de colocar a placa B. Certamente existe uma rua com os castelos A e B. O terceiro castelo desta rua está determinado nos arquivos do condado. Uma vez colocadas as placas nos castelos de uma rua há 4 modos de escolher o próximo castelo a ser colocado a próxima placa. Mas a colocação dessa placa determina a colocação das demais, uma vez que os arquivos do condado indicam quais castelos estão numa mesma rua. Portanto há $7 \times 6 \times 4 = 168$ maneiras de colocar as placas.

2) 7

■

Participação

O Boletim Lavrense de Matemática quer ouvir você. Envie-nos sugestões de reportagem, sua opinião, correções e dúvidas através de nosso e-mail.

[6]Disponível em: `https://dmm.ufla.br/matematicaemtodolugar/images/edicoes_boletim/boletim_edicao21.pdf`