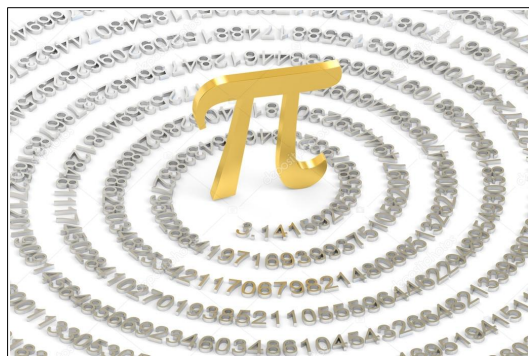


Boletim Lavrense de Matemática

Edição 4, 14 de março de 2021



Eureka: como Arquimedes calculou o número π com tanta precisão

A reportagem especial da 4ª Edição do Boletim Lavrense de Matemática, traz um pouco das contribuições de Arquimedes, considerado o maior matemático da antiguidade, e precursor na tentativa científica de calcular o número π . Dada a importância do número π apresentamos também a evolução no cálculo cada vez mais preciso, e o que torna o número π objeto de estudo por tantos anos.

CURIOSIDADES MATEMÁTICAS

O que a Bíblia traz como valor de π

A seção Curiosidades Matemáticas lomo Zalman, mais conhecido como apresenta ao leitor a surpreendente Vilna Gaon, sobre a alusão ao número descoberta do rabino Eliyahu Ben Sh- π no Velho Testamento.

Índice

Arquimedes de Siracusa e o número π [pág. 2](#)

Curiosidades Matemáticas [pág. 4](#)

Núcleo de Estudos [pág. 4](#)

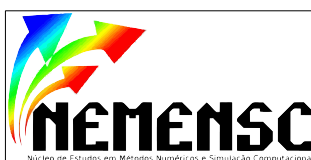
Desafios Matemáticos [pág. 5](#)

Sugestões audiovisuais [pág. 5](#)

NÚCLEO DE ESTUDOS

Multidisciplinaridade na resolução de problemas

Unir pesquisadores de várias áreas do conhecimento e utilizar a matemática como uma ferramenta para analisar problemas reais, esse é o foco da matemática aplicada. A matemática aplicada remonta ao surgimento dos números no processo de contar, e hoje se estende em vários ramos, como por exemplo: biomatemática, otimização, matemática computacional, teoria dos jogos, entre outras. O Departamento de Matemática e Matemática Aplicada da UFLA conta com um núcleo de estudos que atua em matemática aplicada. Nesta edição, conheça um pouco sobre o Núcleo de Estudos em Métodos Numéricos e Simulação Computacional - NEMENSC.



Contatos

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

EDITORES
DMM/UFLA
Ana Claudia Pereira
Graziane Sales Teodoro
Helmécio G. F. Filho
Ricardo Edem Ferreira

ESPECIAL

Arquimedes de Siracusa e o número π

Arquimedes (286 - 212 a.C.) é considerado um dos maiores matemáticos da antiguidade, e um dos maiores físicos do mundo ao lado de Gauss, Newton e Euler. Poucas informações sobre a vida pessoal de Arquimedes sobreviveram ao tempo.



Arquimedes de Siracusa. Fonte: sites.google.com/site/siracusadearquimedes

Com contribuições em diversas áreas do conhecimento como Geometria e Mecânica, ele lançou as bases da hidrostática e da estática tendo descoberto a lei do empuxo e a lei da alavanca. Arquimedes projetou várias máquinas para uso militar e civil. Entre outras ele projetou a bomba para-fofo, usada para retirar água de poços.

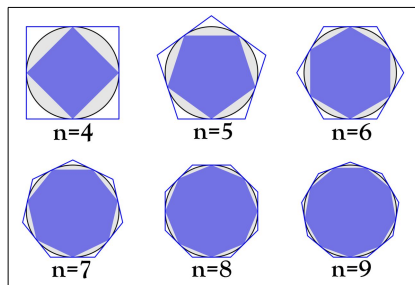
O Princípio de Arquimedes diz que “Todo corpo mergulhado em um fluido em repouso sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo”.

Esse importante resultado é ilustrado pela seguinte história: O rei de Siracusa, Herão II, ordenou que um artesão fizesse uma coroa de ouro para ele. O rei forneceu o ouro, mas quando recebeu a coroa ficou desconfiado que o artesão poderia tê-lo enganado usando um material misturado ao ouro na construção da coroa. O rei pediu que Arquimedes tentasse resolver a questão, se a coroa era ou não de ouro puro. Arquimedes percebeu que quando entrava em uma banheira a água era deslocada da banheira, e foi nesse momento devido a sua animação que ele saiu nu gri-

tando Heureka! (que significa Achei!). Medindo a quantidade de água que a coroa deslocava quando mergulhada e comparando com a quantidade deslocada por uma barra de ouro e outra de prata, ele percebeu que a coroa tinha prata em sua construção. Essa história não é comprovada mas ilustra a genialidade de Arquimedes.

Arquimedes era capaz de calcular áreas sob arcos de parábolas usando o método da exaustão¹, também descobriu a espiral que leva seu nome e fórmulas para cálculo de volumes de sólidos de revolução. Em seu estudo sobre a espiral parece ter conseguido encontrar a tangente a uma curva com uma abordagem parecida com as estudadas em cálculo diferencial.

Arquimedes utilizou um processo engenhoso para aproximar o valor do número π (lê-se pi). Considerando um círculo com um polígono regular inscrito e outro circunscrito ele calculou o comprimento dos lados dos polígonos e afirmou que o valor de π estava entre $\frac{223}{71} \approx 3,1408$ e $\frac{22}{7} \approx 3,1428$. Hoje sabemos que o valor π é aproximadamente 3,141592653. Ele também mostrou que a área de uma circunferência é igual a π vezes o quadrado do raio da circunferência.

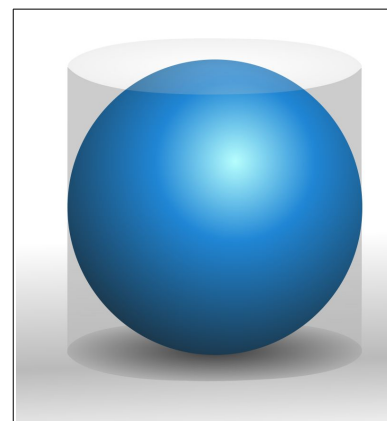


Método da exaustão, usado por Arquimedes para encontrar o valor de π . Fonte: *Wikipedia*.

Arquimedes afirmou sem mostrar os cálculos que o valor da raiz quadrada de 3 está entre $\frac{265}{153} \approx 1,732026143$ e $\frac{1351}{780} \approx 1,732051282$, sendo que $\sqrt{3} \approx 1,732050807$. Ao calcular a quantidade de areia necessária para preencher o universo, Arquimedes concebeu um número que se es-

creveria como 1 seguido de uns oitenta mil milhões de milhões de algarismos. Foi nesse trabalho que ele mencionou o princípio que mais tarde levou a invenção dos logaritmos - a adição das “ordens” dos números corresponde a encontrar o produto dos números.

Arquimedes mostrou que uma esfera inscrita em um cilindro tem um terço do volume do cilindro, e pediu que esse resultado fosse ilustrado em sua lápide.



Esfera inscrita em um cilindro. Fonte: *Wikipedia*.

Arquimedes morreu durante o cerco de Siracusa pelos romanos. Mesmo sabendo da importância e tendo recomendação de mantê-lo em segurança, ele foi morto por um soldado que se irritou com Arquimedes. Quando foi ordenado que seguisse o soldado o mesmo disse não mexa com meus círculos, em referência aos cálculos que ele estava desenvolvendo.

Dentre os muitos feitos de Arquimedes, vamos destacar o cálculo do número π e a importância desse número. Sabemos que o número π é a razão entre o comprimento da circunferência de um círculo e seu diâmetro, mas a história mostra que apesar de referências muito antigas a esse número, a primeira tentativa científica de calcular π parece ter sido mesmo a de Arquimedes. Ao longo dos séculos seguintes, chineses, indianos e árabes ampliaram o número de casas decimais conhecidas aplicando o mesmo método utilizado por Arquimedes. No final do século XVII, no entanto, no-

¹Método que consiste em encontrar a área de uma figura através da inscrição de uma seqüência de polígonos cujas áreas convergem para a da figura.

vos métodos de análise matemática na Europa forneceram maneiras aprimoradas de calcular π envolvendo séries infinitas (soma de infinitos números). No início do século XX, o matemático indiano Srinivasa Ramanujan desenvolveu maneiras bem mais eficientes de calcular π , que mais tarde foram incorporadas a algoritmos de computador. No início do século XXI, a cientista da computação japonesa, Emma Haruka Iwao, com o uso de mais de 25 computadores e por 121 dias calculou o π com 31.415.926.535.897 casas decimais.

O primeiro a usar a letra grega π para denotar a razão entre a circunferência e o diâmetro foi o escritor inglês William Jones, em 1706. Porém, o símbolo só encontrou aceitação geral depois que o grande matemático Leonhard Euler o adotou em 1737.

Além do desafio propriamente dito, o cálculo de π com um número grande de casas decimais tem outras razões. Antes de 1767 uma das razões era verificar se os dígitos de π começavam a se repetir e, se fosse esse o caso, obtê-lo como um número racional exato (como o quociente de dois números inteiros). Mas em 1767 Johann Heinrich Lambert provou que π é irracional.

Mais recentemente, a motivação é conseguir informações estatísticas referentes à normalidade de π . Um número real se diz normal se todos os blocos de algarismos de mesmo comprimento ocorrem com igual frequência. Avaliações sobre essas extensas aproximações de π pare-

cem sugerir que o número talvez seja normal. Por exemplo, a sequência 314159 dos seis primeiros algarismos de π aparece seis vezes nos primeiros dez milhões de dígitos da expansão de π , e a sequência 0123456789 não aparece nunca.

Calcular π com um grande número de casas decimais é também muito valioso para a ciência da computação porque idealizar programas para cálculos tão extensos leva a uma habilidade maior em programação. E, também porque, tão logo se tenha usado com êxito um programa num computador, pode-se empregá-lo para testar se um novo computador está operando adequadamente.

Há muitas histórias curiosas a respeito da tentativa de calcular o valor de π , mas a tentativa mais vergonhosa de “definir” esse valor parece ser a que ocorreu em Indiana, nos Estados Unidos, em 1897. O médico Edward Johnson Goodwin (1828-1902) escreveu um artigo sobre as medições do círculo e convenceu seu representante legislativo local, Taylor I. Record, a apresentá-lo como um projeto de lei. A sugestão que ele fez a Taylor I. Record foi esta: se o estado aprovasse uma lei reconhecendo sua descoberta, então ele permitiria que todos os livros didáticos de Indiana a usassem sem pagar pelo direito de uso. Ele já havia protegido os direitos autorais de suas descobertas em vários países europeus e nos Estados Unidos. Ele publicou uma monografia no *American Mathematical Monthly*, um novo jornal, ansioso para aceitar quase qualquer coisa em seu primeiro ano. Da

monografia de Goodwin pode-se obter até nove valores diferentes de π . Em 18 de janeiro de 1897, a monografia foi aprovada na Câmara dos Representantes de Indiana como projeto de lei nº. 246. Poderia ter alcançado status legal, onde todos outros estados teriam que pagar pelo direito a esse “valor exato” de π . Felizmente, o projeto foi ridicularizado por certos jornais e por isso foi arquivado no Senado.

Outras curiosidades e coincidências são constantemente encontradas pelos entusiastas de π . Para os interessados no tema sugerimos os dois sites: www.exploratorium.edu/pi e www.mathwithmrherter.com/pi.

Para saber mais:

- [1] A História dos Grandes Matemáticos: as Descobertas e a Propagação do Conhecimento através das Vidas dos Grandes Matemáticos, Raymond Flood e Robin Wilson. 2013 - São Paulo - SP - M. Book do Brasil Editora Ltda.
- [2] A História da Matemática - Desde a criação das pirâmides até a exploração do infinito. Anne Rooney. 2012 - São Paulo - M. Book do Brasil Editora Ltda.
- [3] História da Matemática. Carl B. Boyer. 2ª edição - 2001 - São Paulo - Editora Edgard Blucher Ltda.
- [4] π A Biography of the World's Most Mysterious Number. Alfred S. Posamentier, Ingmar Lehmann. 2004. New York. Prometheus Books. ■

COMEMORAÇÃO

Dia do Pi

Há tantas curiosidades a respeito do π que até mesmo um dia no calendário é reservado para celebrá-lo.

O Boletim Lavrense escolheu o dia 14/03 para sua quarta edição em homenagem ao Dia do Pi.

O fundador do Dia do Pi foi Larry Shaw (1939-2017), sendo 14 de março o dia da comemoração e o auge da celebração à 1h59.

Você pode estar se perguntando o porquê desse dia e horário. Em notação americana, a data 14 de março se escreve como 3/14, e os

primeiros dígitos do número π são 3,14159.

Os entusiastas do π celebram o 14 de março, comendo tortas em formato de círculos, isso porque torta em inglês se escreve como pie e tem a mesma pronúncia, em inglês, que a letra grega π . ■

CURIOSIDADES MATEMÁTICAS

Primeiras menções ao número π

O fato de que a relação entre o diâmetro de um círculo e sua circunferência é sempre a mesma é conhecido há muito tempo, não sabemos quem foi o primeiro a escrever sobre isso. O egípcio Ahmes Papyrus, 1650 a.C., usava o valor $\frac{256}{81} \approx 3.1604$ para o valor de π .

Na Bíblia, mais precisamente no Velho Testamento, as medidas relacionadas com uma construção no templo de Salomão, 950 a.C., usa o valor 3 para aproximar o valor de π , como podemos ver nas passagens a seguir:

II Crônicas 4:2 “Fabricou o mar de metal fundido, o qual tinha uma largura de dez côvados de uma borda a outra. Era redondo e sua altura era de cinco côvados: sua circunferência era medida por um cordão de trinta côvados.”

I Reis 7:23 “Hirão fez também o

mar de bronze, que tinha dez côvados de uma borda à outra, perfeitamente redondo, e com altura de cinco côvados; sua circunferência media-se com um fio de trinta côvados.”

Porém, no final do século XVIII, o rabino Elijah de Vilna (1720-1797), um estudioso da Bíblia que mais tarde ganhou o apelido de Gênio de Vilna, surpreendeu a todos com uma descoberta fascinante. Elijah observou que a palavra hebraica para “medida de linha” era escrita de maneira diferente em cada uma das passagens bíblicas. Em I Reis era escrita usando três letras do alfabeto hebraico e em II Crônicas era escrita usando apenas duas dessas letras. Elijah aplicou uma técnica antiga de estudiosos da Bíblia, que a cada letra do alfabeto hebraico associa um número. Os valores das letras utilizadas em I Reis são 5, 6 e 100 cuja soma resulta em

111. Já a grafia em II Crônicas utiliza apenas as letras com valores 100 e 6, resultando na soma 106. Usando gematria², ele tomou a razão entre esses dois números, considerando apenas quatro casas decimais, obtendo assim $\frac{111}{106} \approx 1,0472$. Multiplicando esse número pelo valor aparente de π na Bíblia, 3, Elijah encontrou o número 3,1416, uma precisão surpreendente para uma época em que as medições eram feitas usando cordas.

Referências:

[1] Incríveis passatempos matemáticos Ian Stewart; tradução Diego Alfaro; revisão técnica Samuel Jurkiewicz - Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

[2] π A Biography of the World's Most Mysterious Number. Alfred S. Posamentier, Ingmar Lehmann. 2004. New York. Prometheus Books. ■

NÚCLEO DE ESTUDOS

Métodos numéricos e simulação computacional

Nessa edição iremos conhecer um pouco mais sobre o Núcleo de Estudos em Métodos Numéricos e Simulação Computacional - NEMENSC. Esse grupo de estudo conta com a orientação da professora Dra. Evelise Roman Corbalan Góis Freire e co-orientação do professor Dr. Jonas Laerte Ansonido ambos do Departamento de Matemática e Matemática Aplicada - DMM/UFLA.

O NEMENSC iniciou suas atividades no início de 2014, sob a orientação da Profa. Evelise R. C. G. Freire e com a participação de um grupo de estudantes do curso de Engenharia de Alimentos. Inicialmente, o grupo estava interessado em entender melhor a formulação matemática dos métodos numéricos envolvidos na simulação de escoamentos que têm suas aplicações em diversos problemas de relevância industrial, como a fermentação, mistura, secagem, desidratação, pressurização, etc. Hoje, o NEMENSC au-

mentou a abrangência dos estudos e das aplicações em outros tipos de problemas (ambientais, mecânicos e estruturais, por exemplo). Além do embasamento matemático necessário, o Núcleo foca seus trabalhos no estudo, implementação e utilização de programas para esse tipo de simulação, o que inclui softwares comerciais (amplamente utilizados no mercado) e softwares open source, ou seja, disponíveis gratuitamente para download. A atuação no NEMENSC proporciona aos interessados e interessadas uma discussão matemática computacional sólida e multidisciplinar, além de uma formação voltada para as exigências mais atuais do mercado de trabalho em todas as áreas. Os resultados dos estudos contribuem para a melhoria dos equipamentos estudados, aumentando sua eficiência e contribuindo para redução de custos de experimentos e impactos ambientais.

Com uma equipe multidisciplinar

que aceita participação de estudantes e docentes da matemática, engenharia, física, química, computação, estatística e demais interessados e interessadas, o NEMENSC tem no momento dois projetos em andamento: **O Projeto Máscara** e o **Projeto Tanque Agitado**. O projeto Máscara é uma parceria com o Departamento de Física da UFLA que visa simular o comportamento do escoamento de ar em uma máscara de mergulho adaptada a um respirador. A máscara tem potencial para ser utilizada no tratamento de pacientes com COVID-19, reduzindo o espalhamento do vírus no ambiente hospitalar. O Projeto Tanque Agitado é uma parceria com o grupo G-Óleo da UFLA (Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais, Gorduras e Biocombustíveis), que visa implementar melhorias em um dos tanques de mistura através de simulações computacionais. Além disso, dois membros

²Gematria é o método hermenêutico de análise das palavras bíblicas somente em hebraico, atribuindo um valor numérico definido a cada letra.

do NEMENSC atuam como bolsistas em um projeto financiado pelo CNPq e orientado pela Profa Evelise, voltado para a simulação e melhoria dos equi-

pamentos da Estação de Tratamento de Água da UFLA (ETA).

Nós, editores do Boletim Lavrense de Matemática, agradecemos a pro-

fessora Evelise Roman Corbalan Góis Freire que gentilmente colaborou para essa reportagem. ■

DESAFIOS

Desafios da Edição

Envie sua resolução dos desafios desta seção para nosso e-mail. A mais criativa será divulgada na próxima edição do Boletim.

1) Um contexto no qual o número π surge com frequência é em situações que envolvem círculos e esferas. Esse é o caso do nosso primeiro desafio.

Desafio: Usando uma furadeira, faz-se um furo reto em uma esfera maciça passando diretamente pelo seu centro. O buraco cilíndrico tem 6 cm de comprimento. Qual o volume que restou da esfera? (Acredite o problema tem solução!) Obs: O volume de uma calota esférica de altura h e

raio r é $\frac{\pi}{6}h(3r^2 + h^2)$.

2) Quatro bolas de gude podem ser colocadas de modo que cada uma toca as outras três (por exemplo, formando uma pirâmide com três delas na base). Você consegue dispor cinco moedas de um real de modo que cada uma toca as outras quatro? E seis canetas? Você consegue um arranjo no qual cada uma delas toca as outras cinco?

Referência:

[1] My best mathematical and logic puzzles, Martin Gardner. Dover, 1994.

Respostas dos desafios da edição anterior (acesse aqui a 3ª edição)

Desafio 1: Mathophila está errada. Depois de escolher uma carta restam duas cartas de mesma cor e uma de cor oposta sobre a mesa. Logo a probabilidade de escolher uma carta de cor diferente da primeira carta escolhida é de $2/3$.

Desafio 2: Fazendo cálculo direto temos que $\pi^e \approx 22,4592 \leq e^\pi \approx 23,1407$. Na verdade é possível mostrar que $x^e \leq e^x$ para todo $x \geq 0$, uma prova relativamente simples para esse fato utiliza ferramentas de cálculo como primeira e segunda derivadas. ■

SUGESTÃO AUDIOVISUAL

A relatividade geral da fama

Por coincidência ou não, o Dia do Pi, 14 de março, é também o dia do nascimento do físico teórico alemão Albert Einstein (1879-1955) e o dia da morte do físico teórico britânico Stephen Hawking (1942-2018), o que agrega mais fãs das ciências exatas às comemorações do Dia do Pi.

A série de televisão *Genius - A Vida de Einstein* de 2017 retrata a trajetória de Einstein em 10 episódios. A telebiografia mostra aspectos da

vida pessoal e profissional do físico inserida em um turbulento pano de fundo histórico, em particular com o desenrolar das duas Grandes Guerras Mundiais. Ao longo da série vemos ainda outros grandes cientistas como Max Planck, Marie Curie, Werner Heisenberg, Niels Bohr e as interações entre estas personalidades.

Já a vida de Stephen Hawking foi retratada no filme *A Teoria de Tudo* de 2014 baseado no livro homônimo

(em português) de memórias de sua ex-esposa, Jane Hawking. O filme mostra a carreira científica de Hawking e sua convivência com a doença neurodegenerativa ELA (esclerose lateral amiotrófica).

Os dois cientistas ganharam muita fama tanto no meio acadêmico quanto entre a sociedade em geral e, ambos os públicos, certamente desfrutarão dessas duas obras audiovisuais. ■

Participação

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