



Figura 1 – Nesta fotografia, as lindas flores brancas da planta *Paepalanthus* foram iluminadas por potentes lâmpadas LED tendo ao fundo uma vista panorâmica da Via Láctea.

Local: Chapada dos Veadeiros, Goiás.

Autor: Márcio Cabral

*Caro leitor,*

A newsletter “Ciência em Panorama” tem periodicidade (quase) mensal. Para você receber as próximas edições, se inscreva mandando um e-mail para

[onody@ifsc.usp.br](mailto:onody@ifsc.usp.br)

colocando o seu nome e o seu e-mail.

Você encontra todas as edições do *Ciência em Panorama* [nesta página](#).

Comentários, críticas e sugestões serão sempre bem-vindos e podem ser enviados ao meu e-mail.

Artigos mais extensos sobre *Ciência e Tecnologia* você encontra [aqui](#).

*Prof. R. N. Onody*

*Boa Leitura!*

## Nesta Edição

### • **Astronomia**

1. [Fim da missão Voyager 1?](#)
2. [Eclipse solar em Marte](#)
3. [O carro da Tesla ainda está no espaço](#)

### • **Tecnologia**

1. [Baterias de Lítio](#)
2. [Baterias de Cálcio](#)
3. [Baterias de Água](#)
4. [Os Discos ODS](#)

### • **Genética**

1. [Convergência Evolutiva](#)
2. [Primatas sem cauda](#)

### • **Matemática**

1. [O Teorema de Wilson](#)

---

- **Astronomia**

### **Fim da missão Voyager 1?**

A [Voyager 1](#), o objeto construído por seres humanos que está mais distante da Terra (cerca de 24 bilhões de quilômetros), não envia dados científicos há 3 meses.

Segundo [Suzanne Dodd](#), gerente da missão desde 2010, o sistema de dados do voo (composto por 3 computadores) não consegue se comunicar, corretamente, com a unidade de telemetria da nave e segue enviando à Terra uma barafunda de zeros e uns. Ela acredita que uma recuperação da nave seja [muito difícil](#): um sinal de rádio leva cerca de 45 horas para ir e voltar e, além disso, muitas pessoas que participaram da construção da Voyager 1 e que poderiam ajudar na resolução do problema, já estão mortas.

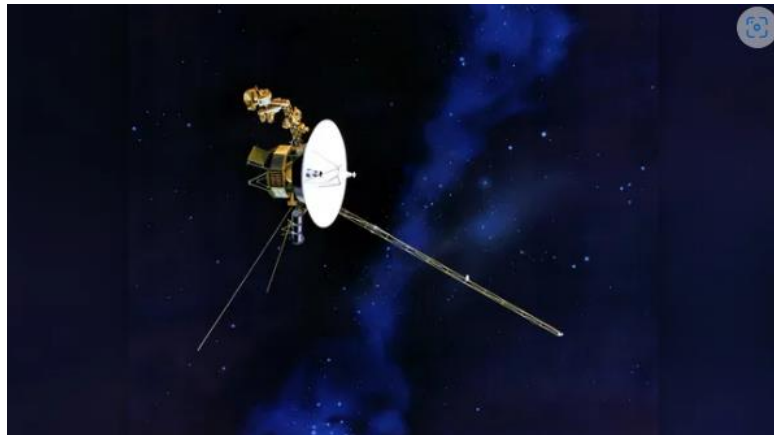


Figura 2 – Imagem artística da Voyager 1. Lançada em 1977, a espaçonave tem vários [instrumentos científicos a bordo](#). Sua velocidade em relação ao Sol é de aproximadamente 60.000 km/h.  
Crédito: NASA/JPL

Em 2012, a Voyager 1 entrou no *espaço interestelar*. Além da radiação eletromagnética, o Sol também emite partículas eletricamente carregadas como prótons e elétrons em alta velocidade (entre 400 e 800 quilômetros por segundo!) que compõem o chamado *vento solar*. Como as cargas aceleradas geram ou distorcem campos magnéticos, o Sol forma em torno de si uma espécie de bolha magnética contendo cargas elétricas – a *heliosfera*. Segundo os astrônomos, o espaço interestelar se inicia quando os efeitos dessa bolha

deixam de ser sentidos. Algo em torno de 18 bilhões de quilômetros de distância do Sol.

### Eclipse solar em Marte

O planeta Marte tem dois satélites com formas irregulares (não esféricas) Fobos e Deimos, palavras que em grego significam medo e pânico, respectivamente. [Fobos](#) (Figura 3) cabe dentro de um paralelepípedo com dimensões 27 x 22 x 18 km. Os dois satélites foram descobertos pelo astrônomo norte-americano Asaph Hall em 1877.

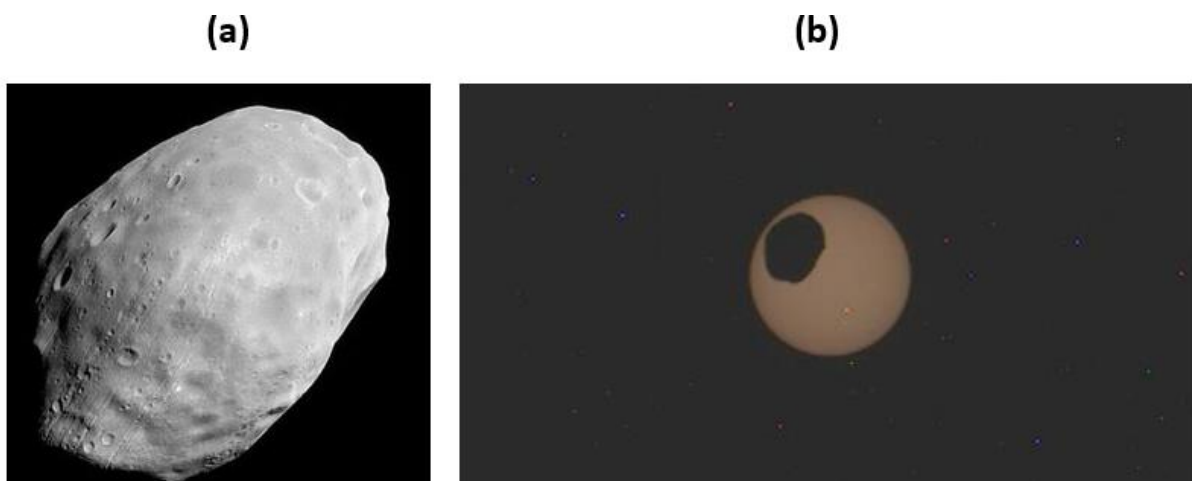


Figura 3 – (a) Fobos, o maior e mais próximo satélite de Marte. Fotografado pela sonda Mars Global Surveyor em 2003; (b) O eclipse solar anular, ocasionado pelo trânsito de Fobos em frente ao Sol, como visto a partir da superfície de Marte. Fotografado pelo rover Perseverance da NASA. O eclipse anular de 02 de abril de 2022 durou pouco mais de 40 segundos. [Veja vídeo.](#)

Ainda não está claro para os astrônomos qual a origem dos dois satélites de Marte: fragmentação de uma lua maior ou asteróides que foram capturados gravitacionalmente pelo planeta vermelho?

O satélite Fobos é um dos corpos *menos refletivos* do sistema solar, com albedo (coeficiente de reflexão) de apenas 0,07. Como a nossa Lua, Fobos também não tem atmosfera. Ele completa uma revolução em torno de Marte em 7,65 horas, o que significa que Fobos nasce e se põe no horizonte 3 vezes no dia marciano (24h e 39m).

Fobos está com seus dias contados. A uma altura de cerca de 5.900 quilômetros da superfície de Marte, Fobos despenca 1,8 metros por século. Provavelmente, daqui a algumas dezenas de milhões de anos, com a aproximação de Fobos do solo marciano, poderemos presenciar um *eclipse solar total*.

A agência espacial japonesa (JAXA) projeta uma missão ([Martian Moons Exploration](#)) para 2026, com objetivo de coletar material do solo de Fobos e enviá-lo à Terra.

---

### O carro da Tesla ainda está no espaço

Lançado no dia 06 de fevereiro de 2018, o carro conversível da Tesla deve estar completando sua 4ª. órbita em torno do Sol. Mentor do projeto: o bilionário Elon Musk. Excentricidade ou genialidade de marketing? Colocado em órbita por um foguete Falcon da Space X (de propriedade do Sr. Elon Musk), o carro – um conversível Tesla (também de propriedade do Sr. Elon Musk) está em [órbita elíptica geocêntrica](#) com período aproximado de 1,525 ano (557 dias terrestres).



Figura 4 – O Tesla conversível, usado por Elon Musk para ir trabalhar, com a Terra em vista panorâmica. Ao volante, um manequim (batizado de Starman, em homenagem à música homônima de David Bowie) usando roupa espacial da Space X. O Tesla está permanentemente ligado ao último estágio do foguete lançador Falcon. No Tesla está a mensagem: “Feito na Terra por humanos”.  
Autor: Space X

A órbita tem inclinação de um grau em relação à eclíptica e cruza a órbita de Marte. No porta-luvas do carro uma cópia do livro *Mochileiro das Galáxias* e um DVD da trilogia *Fundação* de Isaac Asimov.

Sem nenhuma telemetria, a posição exata do Tesla não é conhecida. Não tendo nenhum propelente nem um sistema de comunicação e pesando somente 5.900 kg, sua trajetória certamente está sendo alterada por colisões com asteróides existentes nas proximidades de Marte.

No começo, Musk acreditava que o Testa espacial duraria milhões de anos. Mas, o vento solar e a radiação cósmica degradam (quebram) ligações de carbono. Assim, pneus, plásticos e couro já devem ter desaparecido, deixando exposto apenas um cadáver metálico.

---

## • Tecnologia

*Nos dias de hoje, é difícil imaginar dispositivo tecnológico mais importante do que as baterias. Elas são cruciais para todos os objetos de consumo – do nosso smartphone aos carros elétricos. Pela sua importância econômica, as pesquisas e os desenvolvimentos científicos das baterias avançam sem parar.*

*Resumidamente, as baterias têm 3 componentes: o cátodo (eletrodo de carga positiva); o ânodo (eletrodo de carga negativa) e o eletrólito (líquido ou sólido). As baterias podem ser descartáveis ou recarregáveis. Nas baterias recarregáveis, as reações químicas são reversíveis e elas podem armazenar e liberar energia elétrica por um certo número de ciclos.*

*A evolução tecnológica das baterias vem sendo feita pela escolha de novos materiais na composição do cátodo, do ânodo e do eletrólito.*

### **Baterias de Lítio**

A bateria recarregável que lidera o mercado atual é a que utiliza íons de Lítio ([Li-ion](#)). A invenção e a comercialização das baterias Li-ion produziu tamanho impacto na sociedade que mereceu o Prêmio Nobel de Química de 2019.

As baterias de íons de Lítio substituíram as de níquel-cádmio, hoje obsoletas. São muitas as [vantagens](#) das baterias Li-ion: alta densidade de energia – acima de 250 Watt-hora/kg; ciclo de vida mais longo – atinge 80% da sua capacidade original depois de 1.000 a 2.000 ciclos completos; carregamento rápido e autodescarga lenta. Entre as desvantagens podemos citar: alto custo da extração e refino do Lítio, sensibilidade a altas temperaturas e eletrólitos que explodem ou pegam fogo. Os cinco [maiores produtores mundiais de Lítio](#) são: Austrália, Chile, China, Argentina e Brasil (nessa ordem). Embora a China extraia 9% do lítio mundial, ela responde por 60% do seu refino.

Usualmente, as baterias de Li-ion utilizam um ânodo de grafite. Já se sabe, a algum tempo, que o silício pode segurar *dez vezes mais íons de Lítio* do que o grafite. O problema é que, ao receber a carga, o silício se dilata, expandindo cerca de três vezes o seu tamanho e destruindo a bateria.

Em um novo estudo feito por [pesquisadores da Coreia do Sul](#), eles utilizaram partículas de silício (na escala de micrômetros) e um eletrólito de gel que, devido à sua elasticidade, absorve a tensão interna causada pela expansão do ânodo de silício.

Os cientistas obtiveram uma densidade de energia de 413 Watt-hora/kg. Tal poder de armazenamento, se levado às baterias de carros elétricos, lhes daria uma autonomia de cerca de 1.000 km com uma única carga. Hoje, o carro elétrico com melhor desempenho - o [Lucid Air](#), tem autonomia de 800 km.

## **Baterias de Cálcio**

Uma bateria que poderá, num futuro próximo, fazer frente às de Li-ion é a [bateria de Cálcio](#). Uma das grandes vantagens de utilizar Cálcio é que ele é o quinto mineral mais abundante na superfície da Terra (silicato é o primeiro) e o terceiro metal mais abundante (depois do Alumínio e do Ferro). É, portanto, barato. Além disso, ele é ambientalmente benigno.

Cátodos inorgânicos (por exemplo, Óxido de Lítio Cobalto,  $\text{LiCoO}_2$ ) costumam ser [menos eficientes](#) do que cátodos orgânicos. No caso das baterias de Cálcio, em particular, o problema está em torná-las reversíveis ou recarregáveis.

[Pesquisadores chineses](#) conseguiram desenvolver uma bateria de Cálcio-Oxigênio que recarregou 700 vezes a temperatura ambiente. Como o íon de Cálcio libera 2 elétrons contra apenas 1 elétron do Lítio, em princípio, a densidade de energia das baterias de Cálcio deve ser maior que as de Lítio.

## **Baterias de Água**

Nessas baterias, o eletrólito utilizado é água *contendo íons de zinco ou magnésio*. Ao contrário das baterias que utilizam ácido sulfúrico ou sal de lítio, as baterias de água não são perigosas, pois, elas não pegam fogo e nem explodem.

O grande obstáculo para a comercialização das baterias de água é a formação de dendritos a partir do ânodo. Os dendritos se ramificam rapidamente levando a um curto-circuito na bateria.

Em um [estudo recente](#) publicado na *Advanced Materials*, pesquisadores chineses conseguiram superar esse inconveniente, envolvendo o ânodo com uma camada de bismuto. O protótipo construído manteve 85% de sua capacidade de carga após 500 ciclos!

Do ponto de vista ambiental, as baterias de água podem ser facilmente desmontadas e o seu material reutilizado ou reciclável.

## **Os discos ODS (Optical Data Storage)**

Os primeiros discos ópticos foram os CDs (Compact Disk). Voltados para gravação de áudio, eles podiam armazenar aproximadamente 800 Megabytes de dados digitais. O primeiro CD comercial, lançado em 1982, foi um álbum do

grupo sueco ABBA. A gravação e a leitura dos CDs utilizam laser vermelho, isto é, laser com comprimento de onda em torno de 650 nanômetros (1 nanômetro = 1 bilionésimo de um metro, *abreviação 1 nm*).

Em 1996, apareceram os DVDs (Digital Video Disk). Eles armazenam 4,7 Gigabytes (Gb) de dados em uma camada simples e 7,4 Gb em camada dupla. A resolução de vídeo é de 640 x 480 pixels. Como os CDs, os DVDs também utilizam laser vermelho.

Os primeiros Blu-rays surgiram em 2006. Em camadas simples (duplas), os Blu-rays armazenam 25 Gb (50 Gb) de dados. Diferentemente dos DVDs, eles utilizam laser azul, com comprimento de onda da ordem de 450 *nm*. Produz vídeos de alta definição com resolução de 1920 x 1080 pixels.

Para aumentar a capacidade de armazenamento dos Blu-rays seria necessário construir não apenas duas, mas muitas camadas no mesmo disco. Por mais de uma década, o principal obstáculo era vencer o desafio da difração óptica.

Pois bem, um grupo da [Universidade de Xangai](#) utilizando lasers de 515 *nm* e 639 *nm* para gravação e de 480 *nm* e 592 *nm* para leitura, conseguiu construir um disco com 100 camadas. No total, esse disco ODS armazena incríveis 200 Terabytes ou o equivalente a cerca de 8 mil Blu-rays!

A vida útil estimada desses ODS é de 50 a 100 anos.

---

- **Genética**

### **Convergência evolutiva**

Quando respirando em altitudes acima de 2.500 metros, a maioria dos seres humanos sentem falta de ar – é a hipóxia. O oxigênio transportado para as células do corpo é insuficiente, causando falta de ar, dores de cabeça, sonolência e desmaios. É particularmente perigoso para pessoas com problemas cardíacos ou respiratórios.

Entretanto, existem populações que vivem confortavelmente em altitudes acima de 4.000 metros e não sentem os sintomas. É o caso do povo Quechua, que vive nos Andes do Peru e do povo Sherpa que vive no Himalaia do Tibete (Figura 5).

Sabemos que o gene *EPAS1* (*Endothelial PAS Domain Protein 1*) regula a resposta das células a um baixo nível de oxigênio. Em um [artigo de 2014](#), pesquisadores investigaram uma *mutação do gene EPAS1* que está presente em indivíduos do povo Sherpa. Eles demonstraram que essa mutação remonta aos Denisovanos (hominídeos de Denisova), espécie ou subespécie humana extinta há mais de 40.000 anos. Os Sherpas herdaram dos Denisovanos essa resposta adaptativa à hipóxia!

Em uma [pesquisa publicada em 2024](#), cientistas encontraram uma versão diferente do gene *EPAS1* em alguns indivíduos do povo Quechua. Essa mutação, muito embora seja rara e diferente daquela encontrada no Tibete, permite que os seus portadores vivam confortavelmente nas alturas dos Andes peruano.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) O povo Quechua vive nos Alpes peruanos. (b) O povo Sherpa vive nas alturas do Himalaia no Tibete. Dois povos geograficamente muito distantes e pressionados pela mesma necessidade adaptativa, acabaram encontrando a mesma solução evolutiva através de mutações diferentes do mesmo gene. Um exemplo de *convergência evolutiva*.

### Primatas sem cauda

Ao contrário da língua inglesa, a palavra *macaco* na língua portuguesa designa tanto os animais de grande porte e sem cauda como os de pequeno porte e com cauda. Em inglês, eles têm diferentes designação: “apes” e “monkeys”, respectivamente.

Os primatas surgiram há 65 milhões de anos atrás e *todos tinham caudas*. Há cerca de [25 milhões de anos](#), uma mutação levou ao aparecimento dos primeiros primatas sem caudas. Entre eles, o homem. O cóccix, que é o osso terminal da nossa coluna vertebral, é um vestígio da nossa cauda ancestral (Figura 6).



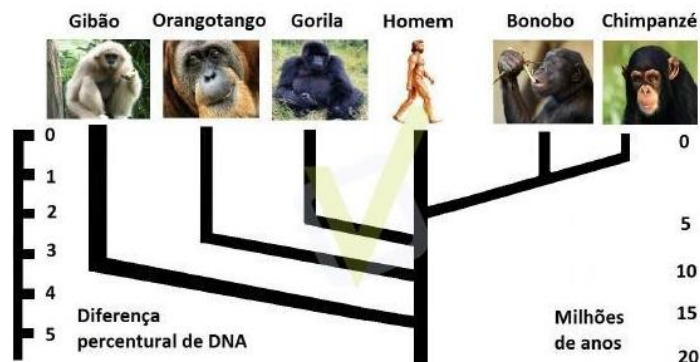


Figura 6 – Árvore filogenética dos primatas *sem cauda*. Entre os primatas vivos hoje em dia, existem 15 espécies caudadas e apenas 6 sem cauda: gibão, orangotango, gorila, bonobo, chimpanzé e o homem. Pela diferença em porcentual do DNA sequenciado estima-se o tempo em que as espécies se separaram. O chimpanzé separou-se da nossa linhagem há cerca de 6 milhões de anos.

Comparando os genomas dos primatas com e sem cauda, os cientistas descobriram que *o gene TBXT é igual em todos os caudados e diferente em todos os primatas sem cauda*.

E qual foi a diferença encontrada? Para os *primatas sem cauda*, o gene TBXT apresenta uma *inserção adicional* de cerca de 300 nucleotídeos que *não estão presentes* nos primatas caudados. A inserção desse segmento adicional no gene TBXT seria responsável pelo desaparecimento da cauda?

Pesquisadores recorreram a camundongos. Eles editaram geneticamente o genoma de camundongos introduzindo o segmento adicional no gene TBXT. Os camundongos nasceram *sem cauda*. Os cientistas acreditam que essa sequência (de uma família de sequências chamada Alu) tenha origem em um vírus muito antigo useiro e vezeiro em imiscuir-se em genomas de vertebrados.

No ser humano, o gene TBXT fica no cromossomo 6. Ele é essencial e expressa uma proteína que controla outros genes. Quando o TBXT é anulado em camundongos eles não sobrevivem.

## • Matemática

### O Teorema de Wilson

*Na Teoria dos Números (uma importante área da Matemática) os números primos têm papel preponderante.*

Acho que todos nós já nos perguntamos algum dia se, dado um número ímpar  $N$  qualquer, existe alguma fórmula matemática que nos diga se ele é ou não é um número primo. A resposta é afirmativa e é dada pelo Teorema de Wilson:

Um número  $N$  é primo se e somente se  $[(N - 1)! + 1]$  for divisível por  $N$

Esse teorema foi enunciado em 1770 por [John Wilson](#) muito embora nem ele e nem seu orientador Edward Waring tenham conseguido demonstrá-lo. A prova do teorema só veio em 1771, no trabalho de J. L. Lagrange.

A [demonstração](#) envolve aritmética modular e o pequeno teorema de Fermat. Vamos aprender um pouco sobre eles.

### Aritmética modular

A aritmética modular foi desenvolvida por Carl Friedrich Gauss em 1801 no livro *Disquisitiones Arithmeticae*. É uma ferramenta poderosa e muito útil em teoria dos números. Sejam  $N$  e  $M$  números inteiros e  $p$  um número inteiro positivo.

**Definição:**  $N$  módulo  $p$  (que denotaremos por  $N \bmod p$ ) é o resto (resíduo) da divisão de  $N$  por  $p$ . Os valores possíveis dessa operação estão no intervalo  $0 \leq (N \bmod p) \leq (p - 1)$ . Dois números inteiros,  $M$  e  $N$ , que difiram entre si por um múltiplo inteiro (positivo ou negativo) de  $p$  têm o mesmo valor (em módulo) e são chamados de *congruentes*  $M \equiv N$ . Exemplos:

$-19 \bmod 7 = 2$	$3 \bmod 7 = 3$	$7 \bmod 7 = 0$
$9 \bmod 7 = 2$	$10 \bmod 7 = 3$	$14 \bmod 7 = 0$
$-19 \equiv 9$	$3 \equiv 10$	$7 \equiv 14$

**Propriedades:** Observe, cuidadosamente, que o sinal de igualdade da álgebra usual é substituído pelo sinal de congruência  $\equiv$  na álgebra modular

**Adição:**  $M + N = Q \rightarrow M \bmod p + N \bmod p \equiv Q \bmod p$

Exemplo:  $6 \bmod 7 + 10 \bmod 7 = 6 + 3 \equiv 2 \equiv (16) \bmod 7$

**Multiplicação:**  $M \cdot N = Q \rightarrow (M \bmod p) \cdot (N \bmod p) \equiv Q \bmod p$

Exemplo:  $(6 \bmod 7) \cdot (10 \bmod 7) = 6 \cdot 3 \bmod 7 \equiv 4 \equiv 60 \bmod 7$

**Potenciação:**  $M^N = Q \rightarrow [M \bmod p]^N \equiv Q \bmod p$

Exemplo:  $9^7 \bmod 7 \equiv [9 \bmod 7]^7 = 2^7 \bmod 7 = 128 \bmod 7 \equiv 2$

O alcance da álgebra modular pode ser entendido no seguinte exemplo. Suponha que queiramos saber o último dígito do número gigantesco  $(123)^{44}$ . Para obter esse dígito, vamos operar esse número em módulo 10.

$$(123)^{44} \bmod 10 \equiv [123 \bmod 10]^{44} \equiv 3^{44} = 3^{4 \cdot 11} \equiv [81 \bmod 10]^{11} \equiv 1^{11} = 1$$

O último dígito de  $(123)^{44}$  é 1.

## O pequeno teorema de Fermat

Meu primeiro alerta é não confundir esse teorema com o famoso último teorema de Fermat cuja demonstração só foi obtida em 1995 pelo matemático britânico Andrew Wiles. Mas, como sabemos, o matemático francês Pierre de Fermat não apresentou nenhuma demonstração do teorema, de sorte que hoje passamos a chamá-lo de Teorema de Fermat-Wiles. Na mesma toada, deveríamos chamar o Teorema de Wilson de Teorema de Wilson-Lagrange.

Para não perder o costume, Fermat também não apresentou demonstração do seu pequeno teorema. A primeira demonstração do pequeno teorema foi feita por Leonhard Euler em 1736.

*Se  $p$  é um número primo, então para qualquer número inteiro positivo  $a$ , o número  $a^p - a$  é divisível por  $p$ , ou seja  $a^p \equiv a \pmod{p}$*

Observe que esse é um teorema só de ida, mas, não de volta. Isto é, se  $a^p \equiv a \pmod{p}$  isso não implica que  $p$  seja número primo. Esses números não primos são muito importantes em teoria dos números e são chamados de pseudos primos. Vejamos alguns exemplos:

$2^{341} \equiv 2 \pmod{341}$  mas, 341 não é número primo, pois  $341 = 11 \cdot 31$ ;

$3^{91} \equiv 3 \pmod{91}$  mas, 91 não é número primo, pois  $91 = 7 \cdot 13$

O pequeno teorema pode ser muito útil no tratamento de números gigantescos. Por exemplo:

Qual o resto da divisão do número  $(987654321)^{23}$  por 23?

Pelo pequeno teorema de Fermat temos

$$(987654321)^{23} \pmod{23} \equiv 987654321 \pmod{23} = 5$$

O resto da divisão é 5.

*Uma última palavra sobre o teorema de Wilson. Muito embora eu, pessoalmente, considere que a fórmula do teorema de Wilson (que determina se um dado número ímpar é ou não é primo) seja bastante simples e elegante, a sua determinação numérica computacional se torna, rapidamente, proibitiva pelo crescimento exponencial da função fatorial.*



