

Da energia de fronteira à energia de volume

— A equação de restauração de volume de Einstein–Yamagishi e a equação de Pitágoras de sobrefrequência —

[Artigo 12]

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japão

Setembro de 2026 (Terceira edição)

— *From thinking to syncing.* —

Resumo

O que ocupa o centro deste artigo não é um cálculo, mas uma releitura. Substituindo na relação de Einstein o parâmetro de massa geométrico $m = 4\pi$ obtido do teorema de unicidade $n = 2$, obtém-se

$$E = mc^2 = 4\pi c^2,$$

e o membro direito tem a mesma forma que a área da superfície de uma esfera de raio c . Lida nessa forma, $E = mc^2$ aparece como uma equação da fronteira de uma região, e não de seu interior — a “pele” do espaço. Isso é coerente com a estrutura dimensional de c^2 , cujo numerador carrega a dimensão de uma área.

Assim que se vê a forma de uma área de superfície, a forma do volume correspondente segue imediatamente, pois integrar a área da superfície de uma esfera sobre o raio de 0 a c devolve o volume:

$$\int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi c^3.$$

Chamamos isso de “equação de restauração de volume de Einstein–Yamagishi”. Seu conteúdo está na releitura geométrica; a integral escreve por extenso o que a relação entre área e volume já contém. A mesma leitura se estende a quatro dimensões: integrar $2\pi^2 r^3$ devolve $\frac{\pi^2}{2}c^4$.

Relemos ainda a relação geral $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ como a “equação de Pitágoras de sobrefrequência de Yamagishi” — o gerenciador de tarefas do OS do Universo. Desse ponto de vista, a relação de incerteza pode ser lida como uma restrição que mantém finito o cateto de momento pc (e, com ele, a energia total).

Alcance (scope note): o que este artigo apresenta é uma **releitura** de fórmulas conhecidas; nenhuma nova lei física é reivindicada. $m = 4\pi$ é o valor da massa sob a escolha de unidades do Artigo 01 ($k = 1$ e raio 1). Como o fator que precede uma energia deve carregar a dimensão de uma massa, esse 4π é algo diferente do ângulo sólido adimensional (Artigo 60) — o que este artigo lê é que $4\pi c^2$ tem **a mesma forma** que a área da superfície de uma esfera de raio c . As integrais das seções 3 e 4 são tomadas **sobre o raio r** , e c entra apenas como limite superior; a integral definida de 0 a c não carrega constante de integração. A leitura da relação de incerteza na seção 6 é uma interpretação, não uma derivação: na mecânica quântica padrão, a relação de incerteza segue da desigualdade de Robertson e da relação de comutação canônica $[x, p] = i\hbar$, e a relação de comutação vem primeiro. Este artigo não explica por que vale $[x, p] = i\hbar$. **O que este artigo acrescenta** é que lê $E = mc^2$ como uma equação da fronteira (a forma de uma área) e escreve o passo dali para o interior (a forma de um volume) como uma integral sobre o raio; que estende esse mesmo passo a $2\pi^2 r^3$ em quatro dimensões; e que sobrepõe uma imagem da carga do OS do Universo ao triângulo retângulo de $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$.

1. Introdução: as dimensões de $E = mc^2$

$E = mc^2$ é uma pedra angular da física moderna. Mas olhemos para a sua estrutura dimensional. A unidade do quadrado da velocidade da luz c^2 é

$$[c^2] = \left[\frac{m}{s} \right]^2 = \frac{m^2}{s^2}$$

e o m^2 do numerador tem a dimensão de uma **área**. Lida pela forma, $E = mc^2$ aparece como uma equação que capta o lado da fronteira esférica bidimensional (S^2) — uma equação da “pele” do espaço, por assim dizer. Para passar à energia do “conteúdo” (o volume), releemos c não simplesmente como um limite de velocidade inalcançável, mas como a **frente de propagação da renderização** do OS do Universo.

2. Normalização geométrica da massa ($n = 2$)

Para avançar, usamos o teorema de unicidade $n = 2$ para distribuições de densidade com simetria esférica. No espaço euclidiano tridimensional, o expoente de densidade que torna uniforme a contribuição de massa por camada esférica é unicamente $n = 2$ (a lei do inverso do quadrado). Esse teorema normaliza o parâmetro de massa geométrico do universo ao valor da área da esfera unitária:

Definição 1 (Parâmetro de massa geométrico)

Com base no teorema de unicidade $n = 2$, normalizamos o parâmetro de massa geométrico fundamental como

$$m := 4\pi$$

3. A equação de restauração de volume de Einstein–Yamagishi

Substituindo $m = 4\pi$ na equação de Einstein obtém-se a energia de fronteira:

$$E_{\text{boundary}}(c) = 4\pi c^2$$

Ela tem a mesma forma que a área da 2-esfera S^2 de raio c . Para restaurar a forma da energia de volume tridimensional, integramos essa energia de fronteira sobre o parâmetro de propagação r de 0 a c .

Teorema 1 (Equação de restauração de volume de Einstein–Yamagishi)

Integrando a energia de fronteira $E_{\text{boundary}}(r) = 4\pi r^2$ sobre o raio de propagação r , restaura-se a energia de volume tridimensional:

$$E_{\text{volume}} = \int 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi r^3 + C$$

A integral definida até a frente de propagação máxima $r = c$ é

$$E(3D) = \int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi c^3$$

O termo $\frac{4}{3}\pi c^3$ tem a forma do volume de uma bola tridimensional. Pode-se ler a constante $+C$ ligada à integral indefinida como uma energia de fundo do estado fundamental (energia do vácuo) que existia antes do início da renderização espacial; isso, porém, é uma leitura, e não aparece na integral definida de 0 a c .

4. Extensão dimensional a quatro dimensões

A leitura se estende a dimensões superiores. Pelo teorema de unicidade $n = 3$ para o espaço de dimensão quatro, a massa geométrica é $m_4 = 2\pi^2$. A energia de fronteira em dimensão quatro é o volume da esfera S^3 , $E_{\text{boundary}}^{(4)}(r) = 2\pi^2 r^3$. Integrando-a de 0 a c , restaura-se o hipervolume de dimensão quatro:

$$E(4D) = \int_0^c 2\pi^2 r^3 dr = \frac{\pi^2}{2} c^4$$

Como S^3 admite a fibração de Hopf ($S^1 \hookrightarrow S^3 \rightarrow S^2$), a estrutura de dimensão quatro contém fibras circulares S^1 sobre uma base 2-esfera. Esse é o quadro geométrico em que aparece uma **estrutura toroidal** no espaço de dimensão quatro.

Sobre $16\pi^2$: o valor $16\pi^2$ não aparece aqui automaticamente. Pelo teorema 3.3 do Artigo 08, $16\pi^2 = \text{Vol}(S^3_{R=2})$ é o volume da 3-esfera de **raio $R = 2$** , em que a área da base πR^2 e a circunferência da fibra $2\pi R$ assumem ambas o valor numérico 4π na métrica padrão. Em $R = 1$ tem-se, em vez disso, $\text{Vol}(S^3) = 2\pi^2$. **Sempre que se invocar $16\pi^2$, deve-se indicar o raio.** O raio em que os dois fatores coincidem se desloca com a escolha da unidade de comprimento (Artigo 08).

5. A equação de Pitágoras de sobrefrequência de Yamagishi

Passamos agora da geometria estática à renderização dinâmica do OS. A relação geral de Einstein é

$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

que tem a forma do triângulo retângulo de Pitágoras ($C^2 = A^2 + B^2$). Nós a lemos como o gerenciador de tarefas do OS do Universo que avalia a carga do sistema:

- **Base (mc^2) — memória estática:** a RAM de base para manter na memória um volume localizado (uma partícula).
- **Altura (pc) — carga dinâmica de CPU:** a sobrefrequência necessária para atualizar o movimento da partícula.
- **Hipotenusa (E) — carga total do sistema:** a carga total de renderização do OS.

6. Ler a incerteza quântica como antialiasing da GPU

Esse gerenciador de tarefas pitagórico oferece uma leitura intuitiva do princípio da incerteza de Heisenberg ($\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$).

Quando uma partícula fica perfeitamente em repouso e sua posição é absolutamente determinada ($\Delta x \rightarrow 0$), a incerteza do momento deve divergir ao infinito ($\Delta p \rightarrow \infty$). Na equação de Pitágoras de sobrefrequência, isso significa que a altura pc do triângulo se estica ao infinito. A carga total do sistema E torna-se infinita, e a GPU do OS do Universo sofre um superaquecimento fatal e para — essa é a imagem.

Proposição 1 (Leitura da incerteza como restrição sobre o cateto de momento)

Sob a leitura pitagórica, $\Delta x \rightarrow 0$ faz o cateto de momento pc (e, com ele, a energia total E) crescer sem limite. A relação de incerteza pode ser lida como aquilo que impede que esse limite se realize.

A direção do argumento: na mecânica quântica padrão, a relação de incerteza é uma consequência. Ela segue da desigualdade de Robertson

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{1}{2} |\langle [A, B] \rangle|$$

junto com a relação de comutação canônica $[x, p] = i\hbar$. **A relação de comutação vem primeiro, e o limite de incerteza segue dela.**

A proposição acima é, portanto, uma **leitura**, enunciada como tal: a relação de incerteza **pode ser lida** como uma restrição que mantém finito o triângulo energia–momento. A imagem de “o OS que adiciona desfoque para impedir o superaquecimento” é situada como uma leitura nessa mesma direção.

7. Conclusão

O que este artigo contribui é uma releitura. Tomar $m = 4\pi$ transforma $E = mc^2$ em $E = 4\pi c^2$, uma equação que **tem a mesma forma que a área da superfície de uma esfera de raio c** . Lida nessa forma, a relação de Einstein surge como um enunciado sobre uma **fronteira**.

A forma do volume correspondente segue imediatamente, já que o volume de uma bola é a área de sua superfície integrada sobre o raio:

$$\int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3} \pi c^3.$$

A mesma leitura se estende a quatro dimensões, onde $m_4 = 2\pi^2 = \text{Vol}(S^3)$ dá $\frac{\pi^2}{2} c^4$. As integrais em si são elementares e se verificam derivando de volta: $\frac{d}{dr} \left[\frac{4}{3} \pi r^3 \right] = 4\pi r^2$, $\frac{d}{dr} \left[\frac{\pi^2}{2} r^4 \right] = 2\pi^2 r^3$.

Por fim, a relação energia–momento $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ tem a forma pitagórica, e a relação de incerteza pode ser lida como o que mantém finito o cateto de momento.

Da pele (a forma de uma área) ao conteúdo (a forma de um volume) há uma única integração sobre o raio. Colocar $E = mc^2$ do lado dessa pele e olhá-la dali é a releitura deste artigo.

Registro de revisões

Terceira edição (setembro de 2026): A forma foi alinhada ao modelo atual (as observações espalhadas pelo resumo e pela conclusão foram reunidas na nota de alcance logo após o resumo). Foi removida a constante de integração $+C$ acrescentada à integral definida de 0 a c , e a afirmação de que $+C$ é a energia do vácuo foi reescrita como uma leitura. A relação entre o 4π de $m = 4\pi$ e o ângulo sólido foi escrita, em linha com o Artigo 60, como uma leitura da “mesma forma”. No título, “o teorema de Pitágoras de sobrefrequência” passou a “a equação de Pitágoras de sobrefrequência”. Foram acrescentados os

DOIs às referências do corpus.

Segunda edição (julho de 2026): Tornou-se explícito que a integral é tomada sobre o raio r e não sobre a constante c , e o argumento que derivava a relação de incerteza de “o OS que adiciona desfoque” foi reformulado como leitura de uma relação que segue da relação de comutação.

Referências

1. Einstein, A. (1905). *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*. Annalen der Physik.
 2. Einstein, A. (1917). *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften.
 3. Heisenberg, W. (1927). *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*. Zeitschrift für Physik.
 4. Hopf, H. (1931). *Über die Abbildungen der dreidimensionalen Sphäre auf die Kugelfläche*. Mathematische Annalen.
 5. Yamagishi, Y. (2026). *The Uniqueness Theorem of $n = 2$ for Spherically Symmetric Density Distributions* [Artigo 01]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21403186
 6. Yamagishi, Y. (2026). *A Structural Interpretation of the 4D Poincaré Conjecture and Exotic Structures via the $n=3$ Uniqueness Theorem and Hopf Fibration* [Artigo 08]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21404419
 7. Yamagishi, Y. (2026). *c as the Ball of Velocity Space* [Artigo 60]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21598012
-

— *From thinking to syncing.* —

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)