A primeira imagem de um buraco negro como problema de engenharia de dados

Em 2019 foi publicada a primeira imagem do buraco negro supermassivo no centro da galáxia Messier 87 (M87*) [1]. O resultado representou um marco para a astrofísica observacional, mas também constitui um caso exemplar de

2026-02-15



Figure 1: Capa do artigo

Em 2019 foi publicada a primeira imagem do buraco negro supermassivo no centro da galáxia Messier 87 (M87*) [1]. O resultado representou um marco para a astrofísica observacional, mas também constitui um caso exemplar de **Engenharia de Dados Aplicada a ciência de Borda**

A imagem exibe a estrutura de anel assimétrico brilhante em torno de uma região central escura, correspondente à sombra do buraco negro. Event Horizon, 2019.

A imagem não foi obtida por um telescópio isolado. Nenhum instrumento único possui resolução angular suficiente para observar diretamente a região próxima ao horizonte de eventos em escalas extragalácticas. A solução adotada foi a **Interferometria de Linha de Base Muito Longa (Very Long Baseline Interferometry, VLBI)** [2], técnica que combina sinais de radiotelescópios distribuídos globalmente para formar um telescópio virtual com diâmetro equivalente ao da Terra.

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.

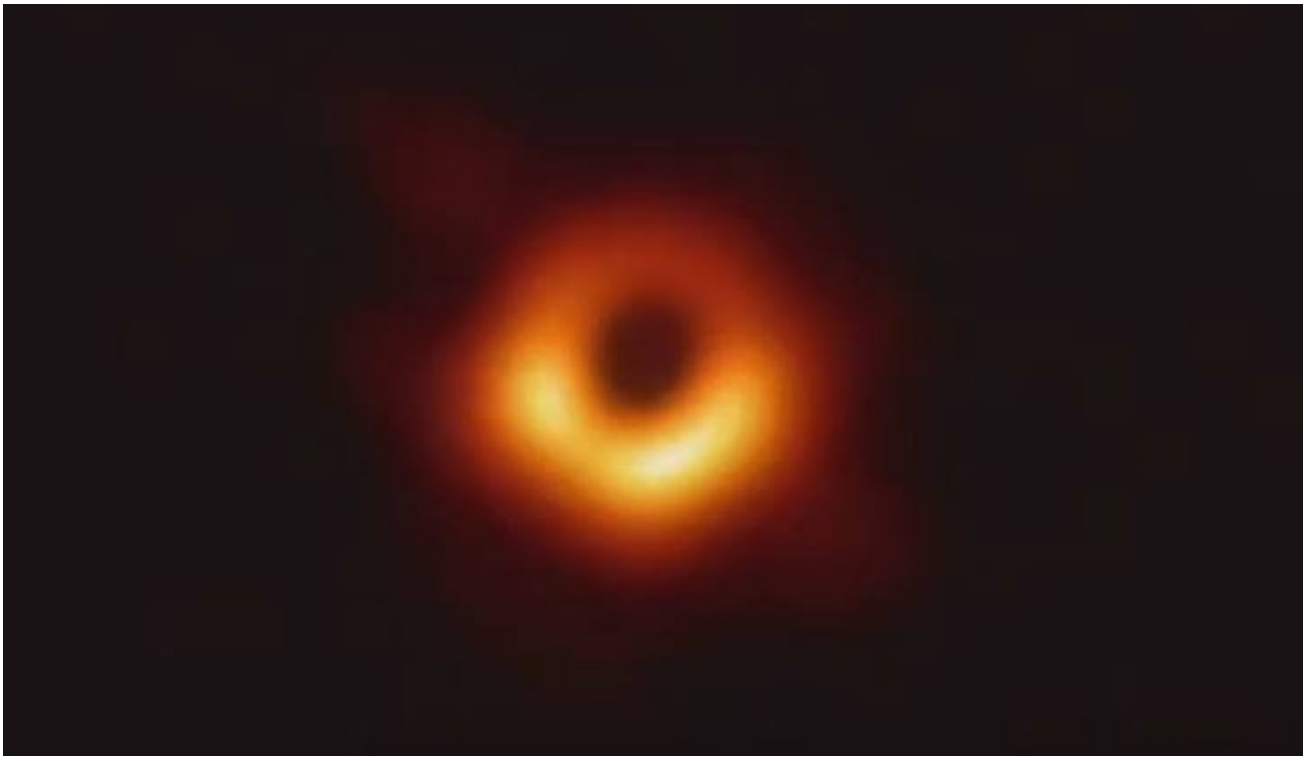


Figure 2: Imagem inserida no artigo

O experimento foi conduzido pela colaboração internacional Event Horizon Telescope (EHT). Os dados coletados atingiram a ordem de **petabytes** e foram armazenados em mídias físicas transportadas até centros de correlação, incluindo o MIT Haystack Observatory, onde foram sincronizados e processados [3].

No entanto, o principal desafio não foi apenas o volume de dados, mas sua **natureza incompleta**. A VLBI amostra o espaço de frequências espaciais (plano u-v) de forma esparsa. Isso significa que a imagem final não está explicitamente contida nos dados observados. Era necessário resolver um **problema inverso sob amostragem parcial** [4].

Reconstrução como problema inverso

A reconstrução da imagem foi formulada como um problema matemático de **inferência sob restrições físicas**. Algoritmos como o *Continuous High-resolution Image Reconstruction using Patch priors (CHIRP)* [7] buscaram a imagem mais provável compatível com os dados medidos.

Não se tratou de geração criativa de conteúdo. O procedimento consistiu em **otimização estatística regularizada**.

Em termos formais, o problema pode ser descrito como **reconstrução no domínio de Fourier com amostragem esparsa**, resolvida por técnicas de regularização e incorporação de *priors* estruturais [4], [7].

Em termos diretos:

Os radiotelescópios captaram fragmentos do sinal eletromagnético. A imagem final corresponde à solução matemática que satisfaz simultaneamente três condições:

1. Reproduz os dados observados dentro das incertezas experimentais.
2. Respeita as leis físicas conhecidas, incluindo previsões da Relatividade Geral [6].
3. Minimiza artefatos matematicamente possíveis, porém fisicamente inconsistentes.

Para reduzir viés metodológico, equipes independentes realizaram reconstruções separadas utilizando abordagens

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.

distintas. A convergência dos resultados reforçou a robustez da inferência [4].

Interpretação física

A imagem revela emissão de plasma orbitando o horizonte de eventos em regime relativístico. A assimetria observada no anel é explicada pelo **efeito Doppler relativístico**, no qual a emissão proveniente do material que se aproxima do observador é amplificada energeticamente [5].

O resultado demonstra que, em determinados regimes experimentais, **observar significa inferir**. O sensor coleta sinais. A imagem emerge da modelagem matemática consistente com teoria e dados.

Casos como este evidenciam o papel estrutural da **modelagem matemática, da engenharia de dados e da inferência computacional** em experimentos científicos contemporâneos. Em ambientes de dados incompletos e ruído significativo, a fronteira do conhecimento depende da coerência entre **teoria, observação e reconstrução computacional**.

Referências

[1] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L1, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab0ec7.

[2] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. II. Array and Instrumentation," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L2, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab0c96.

[3] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. III. Data Processing and Calibration," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L3, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab0c57.

[4] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. IV. Imaging the Central Supermassive Black Hole," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L4, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab0e85.

[5] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. V. Physical Origin of the Asymmetric Ring," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L5, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab0f43.

[6] The Event Horizon Telescope Collaboration et al., "First M87 Event Horizon Telescope Results. VI. The Shadow and Mass of the Central Black Hole," *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, no. 1, L6, Apr. 2019, doi: 10.3847/2041-8213/ab1141.

[7] K. L. Bouman et al., "Computational Imaging for VLBI Image Reconstruction," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, 2016, pp. 913–922, doi: 10.1109/CVPR.2016.113.

Postagem original no LinkedIn: A primeira imagem de um buraco negro como problema de engenharia de dados

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.