

Stephen Hawking

**BURACOS NEGROS:  
AS PALESTRAS REITH DA BBC**

*Com introdução e notas do editor científico  
da BBC News, David Shukman*

Prefácio de  
VÍTOR CARDOSO,  
professor de Física e investigador  
no Instituto Superior Técnico (IST/UL)

Tradução de  
ELSA T. S. VIEIRA



BERTRAND EDITORA

Lisboa 2020

# ÍNDICE

Prefácio por Vítor Cardoso .....	09
Introdução por David Shukman .....	29

## **Buracos Negros: As Palestras Reith da BBC**

1. Os buracos negros não têm cabelo? .....	35
2. Os buracos negros não são tão negros como os pintam .....	63

# 1. OS BURACOS NEGROS NÃO TÊM CABELO?

Transmitido a 26 de janeiro de 2016



Diz-se que, às vezes, a realidade é mais estranha do que a ficção, e em nenhuma área isso é mais verdadeiro do que em relação aos buracos negros. Os buracos negros são mais estranhos do que tudo o que foi alguma vez imaginado pelos escritores de ficção científica, e contudo são inequivocamente um facto científico. A comunidade científica demorou o seu tempo a perceber que as estrelas gigantes podiam entrar em colapso sob o peso da sua própria força gravitacional e a considerar como se comportariam os objetos que elas deixariam para trás. Albert Einstein até escreveu um trabalho em 1939 onde afirmava que as estrelas não podiam entrar em colapso sob a força da gravidade porque a matéria não podia ser comprimida para além de um certo ponto. Muitos cientistas partilhavam este sentimento intuitivo de Einstein. A principal exceção foi o cientista americano John Wheeler que, em muitos aspectos, é o herói da história dos buracos negros. No seu trabalho, nos

anos 50 e 60, ele sublinhou que muitas estrelas acabariam por colapsar e apontou os problemas que essa possibilidade colocava para a física teórica. Previu também muitas das propriedades dos objetos em que as estrelas se transformam após o colapso – ou seja, os buracos negros.

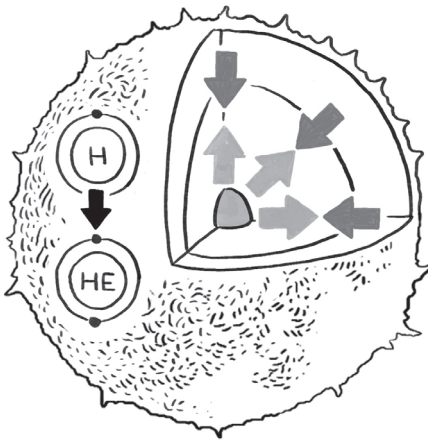
*DS: A expressão «buraco negro» é bastante simples, mas é difícil imaginar um desses buracos no espaço. Imagine um ralo gigante, com a água a rodopiar e a desaparecer por ele abaixo. Assim que algo ultrapassa a beira – aquilo a que se chama «horizonte de eventos» – não há como voltar atrás. Uma vez que os buracos negros são tão poderosos, até a luz é sugada, e por isso não os conseguimos efetivamente ver. Mas os cientistas sabem que eles existem porque destroem as estrelas que se aproximam demasiado e porque conseguem enviar vibrações através do espaço. Foi uma colisão entre dois buracos negros, há mais de mil milhões de anos, que desencadeou aquilo a que se chama «ondas gravitacionais». A recente deteção destas ondas foi uma conquista científica extraordinariamente significativa.*

Durante a maior parte da vida de uma estrela normal, ao longo de muitos milhares de milhões de anos, ela defender-se-á da sua própria gravidade através da pressão térmica, resultado dos processos nucleares que convertem o hidrogénio em hélio.

*DS: A NASA descreve as estrelas como uma espécie de panela de pressão. A força explosiva da fusão nuclear dentro delas cria uma pressão para o exterior limitada pela gravidade, que puxa tudo para o interior.*

Por fim, contudo, a estrela esgotará o seu combustível nuclear e começará a contrair-se. Em alguns casos, pode conseguir manter-se como uma estrela «aná branca». No entanto, Subrahmanyan Chandrasekhar provou em 1930 que a massa máxima de uma estrela anã branca é cerca de 1,4 vezes a massa do sol. O físico soviético Lev Landau calculou uma massa máxima semelhante para uma estrela feita inteiramente de neutrões.

*DS: As estrelas anãs brancas e as estrelas de neutrões foram em tempos sóis que, entretanto,*



GRAVIDADE



ESTRELA NORMAL

PRESSÃO TÉRMICA

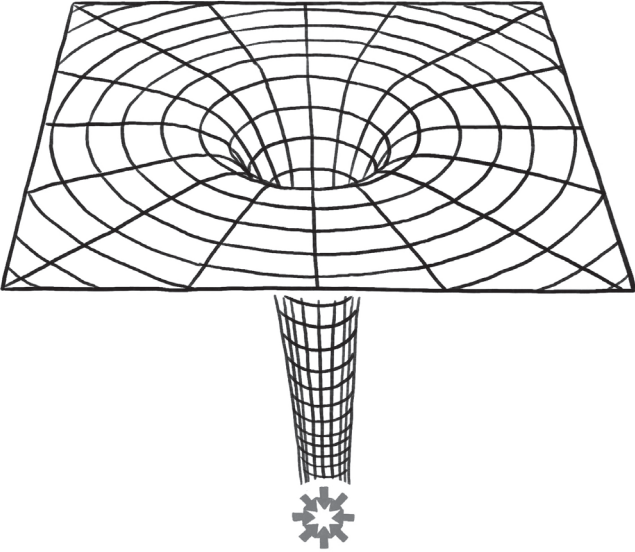
*consumiram todo o seu combustível. Sem nenhuma força a agir para as manter insufladas, não há nada que impeça a atração gravitacional de as encolher, e tornaram-se assim um dos objetos mais densos do Universo. Porém, na escala de classificação das estrelas, estas são relativamente pequenas, o que significa que não possuem a força gravitacional necessária para entrarem em colapso total. Assim, o mais interessante para Stephen Hawking e outros é aquilo que acontece às estrelas maiores quando chegam ao fim da sua vida.*

Qual seria então o destino dessas incontáveis estrelas, com massa superior à de uma anã branca ou de uma estrela de neutrões, depois de esgotarem o seu combustível nuclear? O problema foi investigado por Robert Oppenheimer, que ficaria posteriormente famoso pela sua ligação à bomba atômica. Em dois trabalhos de 1939, com George Volkoff e Hartland Snyder, ele demonstrou que uma estrela destas não consegue manter-se suportada pela pressão para o exterior; e que, se removermos a pressão da equação, uma estrela uniforme,

simétrica e esféricamente sistemática se contrairia até um ponto único de densidade infinita. A esse ponto chama-se uma singularidade.

*DS: Uma singularidade é aquilo que fica depois de uma estrela gigante ser comprimida até um ponto inimaginavelmente pequeno. Este conceito foi um tema definidor na carreira de Stephen Hawking. Refere-se não só ao fim de uma estrela, mas também a uma ideia muito mais fundamental sobre o ponto de partida de formação de todo o Universo. Foi o trabalho matemático de Hawking nesta área que lhe conquistou reconhecimento a nível global.*

Todas as nossas teorias sobre o espaço são formuladas com base na ideia de que o espaço-tempo é uniforme e quase achatado, pelo que estas teorias caem por terra na singularidade, onde a curvatura do espaço-tempo é infinita. Na verdade, a singularidade assinala o fim do próprio tempo. Era isto que Einstein achava tão discutível.



*DS: A teoria da relatividade geral de Einstein diz que os objetos distorcem o espaço-tempo à sua volta. Imagine uma bola de bowling em cima de um trampolim, a modificar a forma do material e a fazer com que objetos mais pequenos deslizem em direção a ela. É assim que se explica o efeito da gravidade. Mas se as curvas no espaço-tempo se tornarem cada vez mais fundas, e, por fim, infinitas, as regras habituais de espaço e tempo deixam de ser aplicáveis.*

Foi então que se intrometeu a Segunda Guerra Mundial. A maioria dos cientistas, incluindo Robert Oppenheimer, deslocou a sua atenção para a física nuclear, e a questão do colapso gravitacional ficou, em grande medida, esquecida. O interesse pelo assunto ressurgiu com a descoberta dos objetos distantes chamados quasares.

*DS: Os quasares são os objetos mais brilhantes no Universo e possivelmente os mais distantes detetados até agora. O nome é uma abreviatura de «quasi-stellar radio sources» (ou «fontes de rádio quase estelares»),*

*e crê-se que sejam discos de matéria a girar em torno de buracos negros.*

O primeiro quasar, 3C273, foi descoberto em 1963, e em breve foram descobertos muitos outros. Eram brilhantes, apesar de estarem muito distantes. Os processos nucleares não conseguiam explicar a sua emissão energética, pois apenas uma quantidade ínfima da sua massa em repouso é libertada sob a forma de energia pura. A única alternativa era a energia gravitacional, libertada pelo colapso gravitacional. E assim se redescobriram os colapsos gravitacionais das estrelas.

Já era claro que uma estrela esférica uniforme se contrairia até um ponto de densidade infinita, uma singularidade. Mas as equações de Einstein não funcionam quando aplicadas a uma singularidade. Isto significa que, neste ponto de densidade infinita, é impossível prever o futuro, o que por sua vez implica que pode acontecer algo estranho sempre que uma estrela entra em colapso. Não seríamos afetados pela falha dessa previsão se as singularidades fossem nuas, ou seja, se não estivessem protegidas do exterior.

*DS: Uma singularidade «nua» é um cenário teórico no qual uma estrela entra em colapso mas não se forma à sua volta um horizonte de eventos – pelo que a singularidade seria visível.*

Quando John Wheeler introduziu a expressão «buraco negro» em 1967, esta veio substituir o nome anterior, «estrela congelada». A formulação de Wheeler sublinhava que os restos das estrelas em colapso têm interesse por si próprios, independentemente de como se formaram. O novo nome pegou rapidamente. Sugeria algo sombrio e misterioso. Mas os franceses, como são franceses, viram nele um significado mais escabroso. Durante anos, resistiram ao nome «*trou noir*», afirmando que era obsceno. Mas foi mais ou menos como tentar contrariar o uso de «*le weekend*» e outros anglicismos adotados pela língua francesa. Por fim, tiveram de ceder. Quem consegue resistir a um nome com esta força?

Do exterior, não conseguimos saber o que existe dentro de um buraco negro. Podemos atirar aparelhos de televisão, anéis de diamante e até os nossos piores inimigos para dentro de um buraco negro, e tudo o que o buraco negro recordará é a massa total, o estado de



UM BURACO NEGRO  
NÃO TEM CABELO.

OOH LA LA!

TROU NOIR EST  
OBSCÈNE!

ESTRELA CONGELADA



**BURACO NEGRO**