

## Ciclo das estrelas: do nascimento à morte

As estrelas talvez sejam os corpos celestes mais intrigantes e fascinantes do Universo. Entre outras coisas, são estas “bolas brilhantes” que nos fazem olhar para o céu, numa noite limpa e estrelada, e admirar este espetáculo da natureza.

Mas, afinal, como é que estes astros funcionam? Ao contrário do que pode parecer e do que o senso natural pode intuir, as estrelas não são bolas de fogo no espaço. Nascendo com violência e morrendo em explosões épicas, elas enchem o universo com poeira estelar, a matéria-prima da vida: cada átomo do nosso corpo foi produzido dentro do núcleo ardente de uma estrela.



Para contar a história das estrelas, partiremos da primeira questão fundamental: como nascem as estrelas? São necessárias três coisas para estes astros se formarem: muito gás, gravidade e tempo. Todos sabem que matéria atrai matéria e este princípio é o responsável pela formação das estrelas. Elas nascem nas **nebulosas**, que são imensas nuvens de gás compostas basicamente de Hidrogênio e o Hélio (os elementos mais comuns no Universo).

O leitor, neste ponto, pode estar se perguntando: “mas como tudo isso se inicia?”. Dentro daquela nuvem de Hidrogênio e Hélio, existem regiões em que estes gases estão mais concentrados. Aqui, então, entra o princípio de matéria atraindo matéria: a **gravidade**. Naquelas regiões mais concentradas, a força gravitacional é maior, o que faz com que mais gás se concentre ali, aumentando mais ainda a gravidade naquela região. Esse acúmulo de gás retroalimentado pelo aumento da força gravitacional gera uma compressão sobre aqueles átomos. Quando um gás se contrai, sua temperatura aumenta. Isso pode ser percebido quando, por exemplo,

enchemos um pneu de bicicleta com uma bomba manual: notamos que a região da bomba onde o ar comprimido se encontra esquenta. Com muito tempo, a gravidade irá reunir uma grande quantidade de hidrogênio, comprimindo-o mais e mais até um ponto em que a temperatura será tão alta, assim como a pressão exercida pelas camadas externas sobre o centro da massa de gás, que um processo chamado **fusão nuclear** começará: a temperatura e a pressão elevadas farão os átomos de Hidrogênio se chocarem e se fundirem formando Hélio ( $H + H \rightarrow He + \text{energia}$ ), uma reação química que libera energia. Este processo é a “ignição” das estrelas.



*Nebulosa de Órion.*

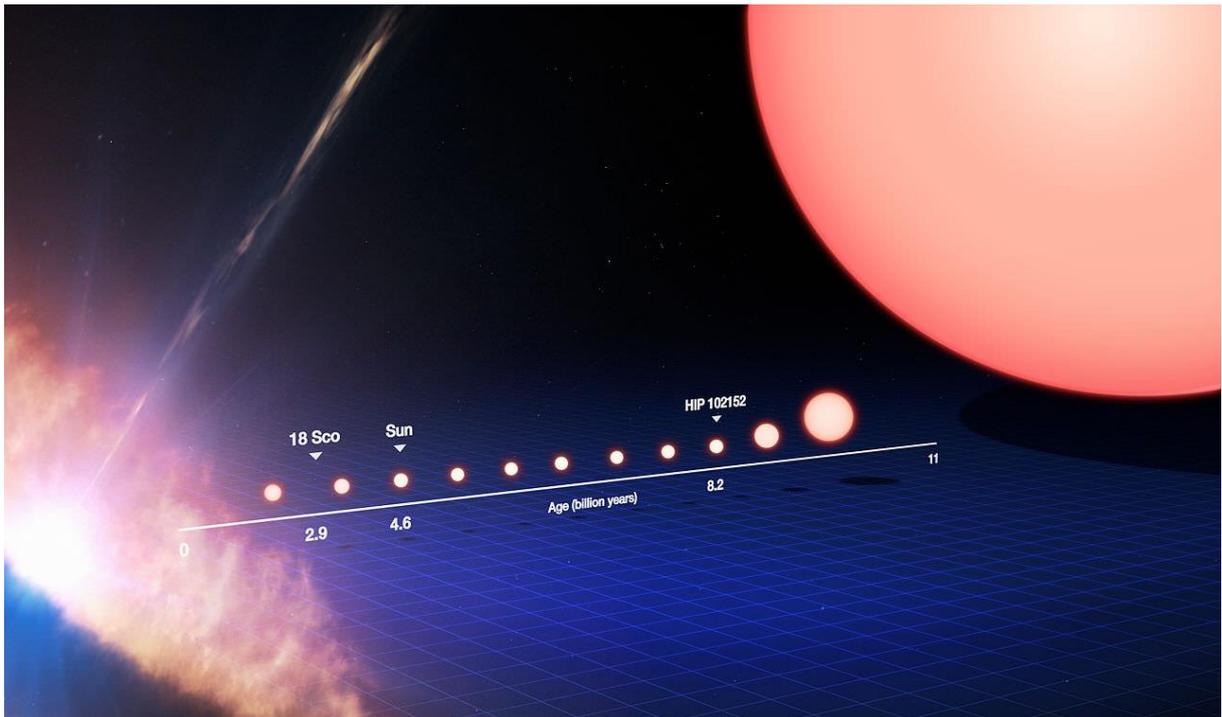
Infelizmente, nem todas têm “sorte” suficiente para realizar esta etapa. Aqui, “sorte” pode ser entendida como sinônimo de massa. Se houver muito gás, a temperatura aumentará o suficiente para “acender” o combustível nuclear e iniciar a

fusão do Hidrogênio: nasce uma estrela. Caso contrário, se não há massa suficiente, após a contração, o objeto começa a se esfriar, formando o que chamamos de **Anã Marrom**. Esse tipo de astro produz pouquíssima energia, sendo mais parecido com planetas como Júpiter do que com as estrelas. A massa mínima para acender as reações nucleares e formar uma estrela é de 50 vezes a massa de Júpiter.

Se a massa de gás conseguir “acender”, uma jovem estrela (que é chamada de **protoestrela**) está formada. Nesta fase, ela ainda enfrenta uma vida muito turbulenta e instável, repleta de explosões violentas que “expulsam” muito material e que podem alterar sua estrutura interna drasticamente. Para virar uma estrela “madura”, um processo chamado de **equilíbrio hidrostático** deve ser estabelecido: as reações de fusão nuclear geram pressão, que tendem a expandir a estrela e ejetar material; a força gravitacional, por sua vez, tenta colapsar a estrela. Quando a força de expansão se iguala à força de compressão, atinge-se o equilíbrio hidrostático, e a estrela alcança a fase estável de sua vida.

Durante esta fase, a estrela mantém as reações nucleares que sustentam a sua vida. No início, produzem o Hélio a partir do Hidrogênio, depois o Hélio é fundido, produzindo Lítio e assim por diante. Dessa forma, elas vão criando elementos novos. Essas reações ocorrem na região mais central: o **núcleo**.

“Qual o tamanho de uma estrela?” podem os leitores se perguntarem agora. Compreendidos os processos que levam à formação de uma estrela e à sustentação de sua vida média, podemos começar a trabalhar esta questão. As estrelas possuem tamanhos muito variados, inclusive durante as suas vidas, sobretudo durante o fim delas (que será tratado adiante). O seu diâmetro pode variar de um centésimo do diâmetro do Sol, até mil vezes esse tamanho. Para se ter uma ideia, o diâmetro do Sol é de 1 milhão e 400 mil quilômetros, aproximadamente cem vezes maior que o da Terra. Além disso, à medida que as estrelas vão queimando o seu combustível nuclear, a temperatura (no seu centro) vai aumentando, isso faz com que elas se expandam, tornando-se o que se chamam de **Gigantes Vermelhas**. Quando o Sol atingir essa fase, engolirá Mercúrio, Vênus e a Terra, chegando próximo à órbita de Marte. Mas desespero não é necessário agora. Ainda faltam cerca de 4 bilhões de anos para isso acontecer. O Sol é uma estrela de meia idade, existindo há 4,5 bilhões de anos.

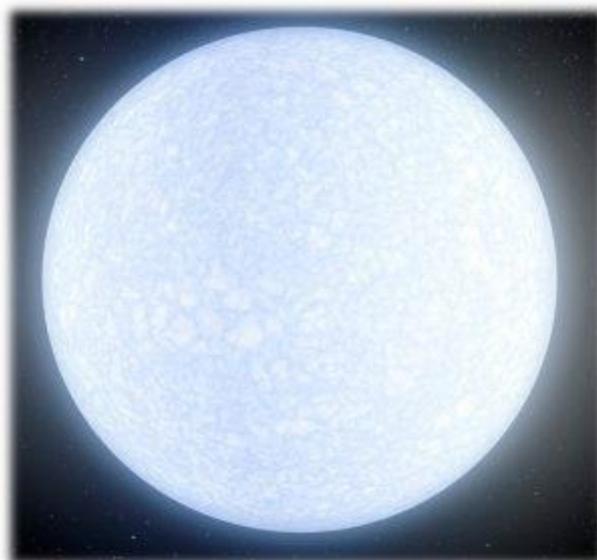


*[Evolução estelar com o tempo \(estrela com porte do Sol\).](#)*

Toda história tem um começo, meio e fim, e o mesmo ocorre com as estrelas. Estes astros, ao contrário do que, talvez, possa ocorrer no imaginário popular, não são eternos. Tudo o que vemos e conhecemos, inclusive nossa própria existência, é devido à morte de estrelas, mas de um tipo particular de morte, detalhada adiante.

Para começar, é interessante entender o que ocorrerá na nossa vizinhança, com o nosso Sol: estrelas semelhantes à que ocupa o centro do Sistema Solar, como foi adiantado, tornam-se Gigantes Vermelhas. Durante sua vida média, o núcleo da estrela “queima” principalmente hidrogênio, gerando energia e mantendo o equilíbrio hidrostático. Contudo, chega o momento em que aquele “combustível” se esgota. Quando isso acontece, o equilíbrio hidrostático perde força para a gravidade, que começa a comprimir o núcleo da estrela. Isto faz sua temperatura aumentar, de modo que ocorra fusão nuclear de elementos mais pesados nas camadas adjacentes ao centro, garantindo à anciã estrela um pequeno “suspiro de vida”. Acontece que, com aquele aumento de temperatura, ocorre a expansão das camadas externas do astro, que vai “engolindo” tudo o que aparecer pelo caminho. Nesta fase, é quando a estrela se torna Gigante Vermelha. É isso que acontecerá com o Sol, em cerca de 5 bilhões de anos, quando seu diâmetro (com atuais 1 milhão e 400 mil quilômetros) aumentar cem vezes. Por fim, a estrela ejeta suas camadas externas, tornando-se uma **Anã Branca**. Este tipo de corpo pode ter um tamanho comparável ao da Terra, porém com

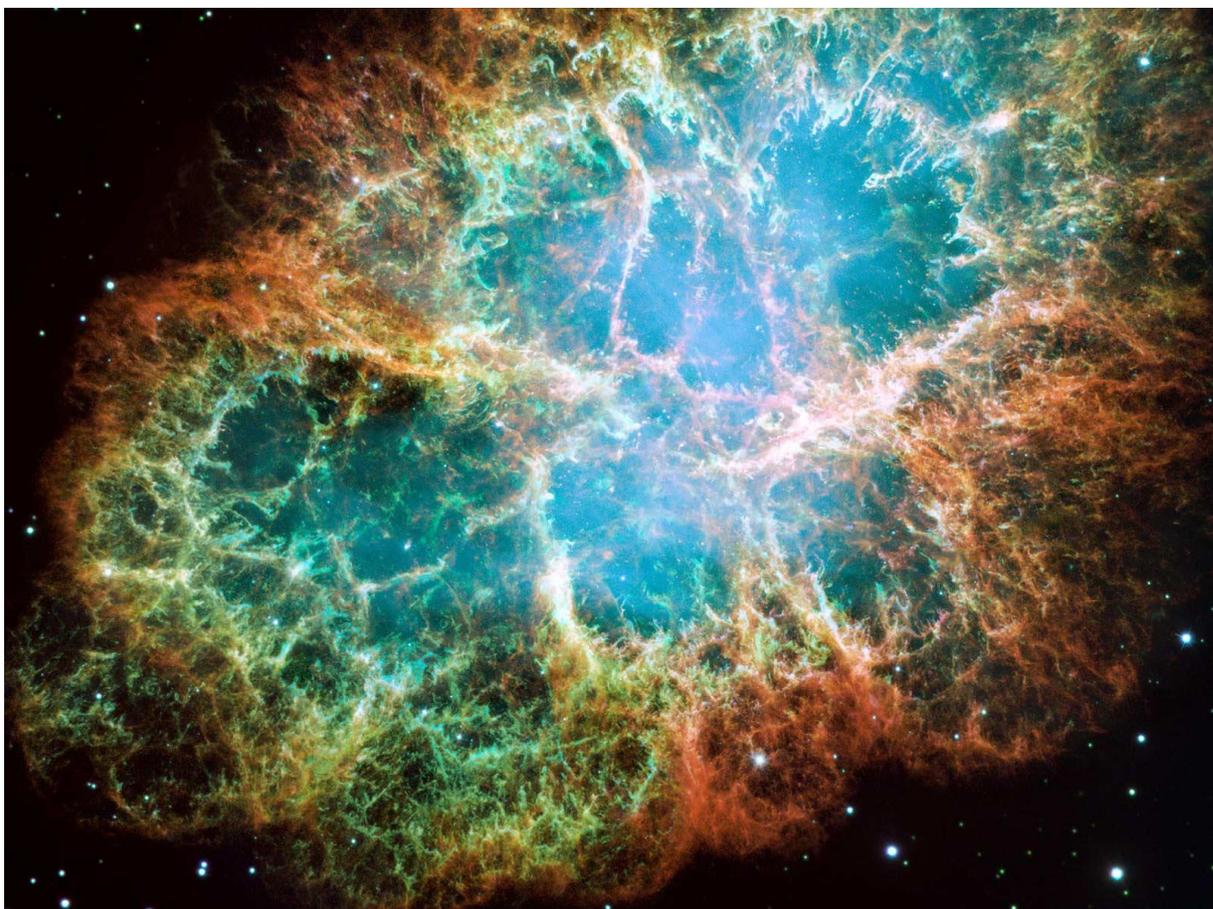
massa próxima à do Sol. Dessa forma, uma colher de chá desse tipo de estrelas pesaria uma dezena toneladas.



*Ilustração de uma estrela anã branca.*

Mais cedo, foi explicado que, caso a massa de gás não tenha tamanho suficiente, ela não consegue ativar seu motor de fusão nuclear. Isto pode nos levar à crença de que, quanto maior a estrela for, melhor. A verdade é que estrelas grandes estão fadadas a uma vida mais curta, entretanto terão uma morte mais espetacular. É o que ocorre com a moribunda e monstruosa estrela [Betelgeuse](#), que possui uma massa cerca de 11 vezes maior que o Sol (11 massas solares) e que são chamadas de **Supergigantes Vermelhas**. O que marca o fim da vida de estrelas como essa é conhecido como explosão de **supernova**. Estes astros possuem temperatura tão alta e uma força gravitacional tão poderosa no centro que seu “motor” de fusão nuclear é capaz de consumir e construir elementos químicos mais pesados. O processo de “morte” em si é o mesmo que descrito anteriormente, só que em magnitude muito maior: no fim da vida, quando a estrela tiver consumido todo o seu combustível (o que inclui, neste caso, até elementos mais pesados que o hidrogênio), sua poderosa força gravitacional fará seu núcleo colapsar. Este poderoso colapso aumentará a temperatura e a pressão nas camadas mais externas de tal maneira que estas serão expulsas com violência numa explosão magnífica, a supernova, que pode ser tão brilhante quanto galáxias inteiras. O que resta após essa ocorrência é uma nebulosa, berço para o surgimento novas estrelas, e o núcleo se torna o que se conhece por **estrela de nêutrons**, o segundo objeto mais denso do Universo. Uma caixa de fósforo contendo material deste tipo de corpo alcançaria 3 bilhões de toneladas

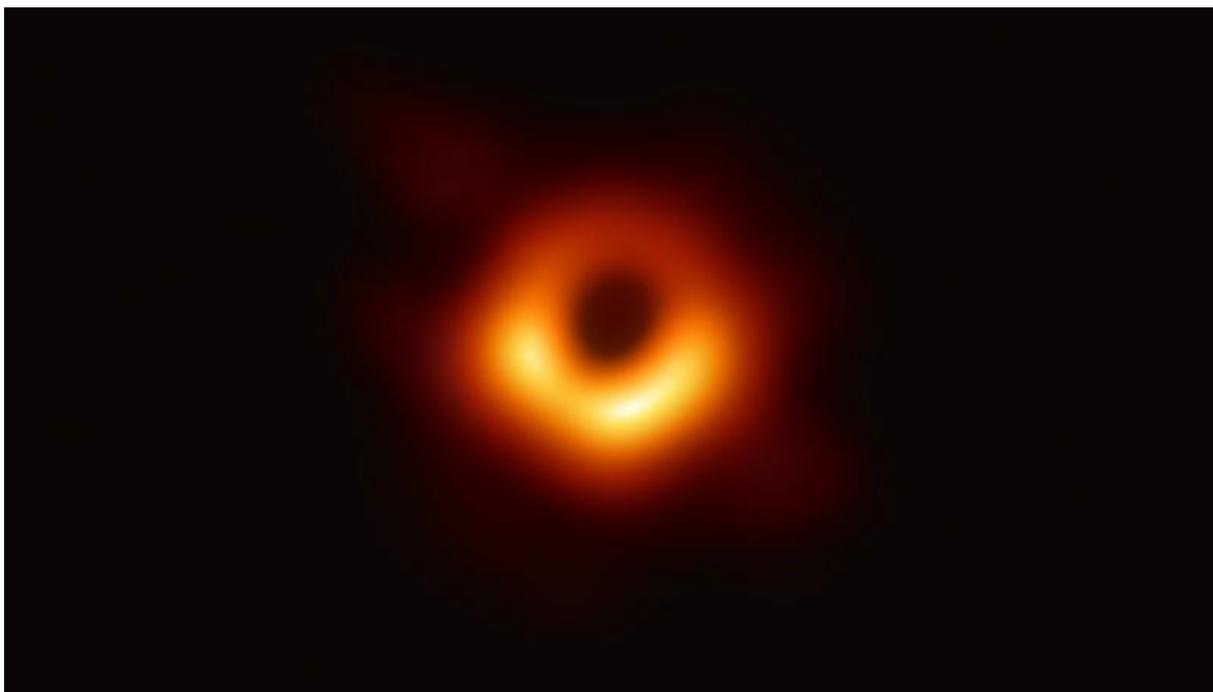
Além do espetáculo no espaço, explosões de supernova possuem enorme importância para o Universo, porque são elas as responsáveis por espalhar pelo Cosmos elementos químicos mais pesados, como Nitrogênio, Carbono e Ferro, formados no interior destas estrelas. Este processo enriquece quimicamente o Universo e isso foi crucial, por exemplo, para o surgimento da vida como a conhecemos. Ainda sobre a Betelgeuse, que está a cerca de 640 anos-luz da Terra, astrônomos dizem que sua explosão está perto de acontecer. Ela formará uma supernova que, dada a relativa curta distância, poderá ser visível no céu, inclusive durante o dia, por semanas ou meses. A última vez que algo semelhante ocorreu foi em 1054, sendo um privilégio para a geração atual a possibilidade de presenciar um evento dessa magnitude.



*[Supernova de Caranguejo.](#)*

O terceiro (e último) fim possível para uma estrela ocorre quando esta possui dimensões ainda maiores do que as citadas anteriormente. Se ela tem uma massa inicial superior a 30 Sóis, os seus “restos mortais” se tornam um dos objetos mais intrigantes para a Ciência: o **Buraco Negro**. Como resultado do esgotamento de seu combustível estelar, o processo é semelhante aos descritos outrora: colapso do

núcleo, causando aumento de pressão e temperatura que culminam numa ejeção violenta de material. Neste caso, a esta explosão é dado o nome de **hipernova**. O que resta do centro da estrela morta é tão denso e produz uma força gravitacional tão intensa que nem mesmo a luz é capaz de escapar. É por isso que, somente em abril de 2019, pela primeira vez, foi divulgada uma imagem de um buraco negro real. O que se tinha, até então, eram ilustrações artísticas e resultados de simulações computacionais.



*[Primeira imagem de um buraco negro \(2019\).](#)*

É de se acreditar que, talvez, grande parte dos leitores tenham se espantado com a possibilidade de se contar uma história sobre as estrelas, tendo, assim como nossas histórias, um começo, um meio e, inevitavelmente, um fim. Assim como nós, estes astros estão destinados à não eternidade. Com isso, uma questão reflexiva pode ser levantada: este fato nos aproxima das estrelas, ou as estrelas que se aproximam de nós, enquanto entidades efêmeras suspensas na imensidão do Cosmos? Ainda, mais impressionante do que o fato das estrelas terem, assim como nós, fim, é saber que este desfecho tem relação direta com tudo o que vemos, amamos, somos e conhecemos. Como dito pelo cientista Carl Segan, “somos feitos de poeira das estrelas”.