

# O enigma da estrela Eta Carinae

HUBBLE

Eta Carinae, a maior estrela da Via Láctea: oculta por uma gigantesca nuvem de gases, o Homúnculo

*Astrônomo brasileiro ajuda a decifrar o comportamento de uma estrela supergigante que, às vezes, deixa de brilhar*



À constelação de Carina (à direita, mancha avermelhada): uma de suas estrelas, a 7.500 anos-luz da Terra, é uma das principais fontes de nitrogênio de nossa galáxia

**U**ma estrela enigmática, a Eta Carinae, parece revelar parte de seus segredos de tempos em tempos. Em 2003, deverá apresentar uma drástica redução em seu brilho, em algumas faixas de energia luminosa, se estiverem realmente corretos os cálculos do astrônomo Augusto Damíneli, pesquisador do Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Damíneli, que previu um fenômeno semelhante que de fato ocorreu em 1980, chegou à conclusão que, num período estimado por ele em cinco anos e meio, a luminosidade de Eta Carinae pode ter uma redução equivalente ao brilho de 60 sóis num único dia. É uma variação brutal de energia, mesmo em

se tratando da maior estrela da Via Láctea, classificada como supergigante variável azul, com uma luminosidade 5 milhões de vezes maior que a do Sol. O interessante é que, sem técnicas especiais de observação, o apagão será imperceptível, pois ocorre somente em faixas selecionadas da luz – quase nada transparece na luz visível.

A Eta Carinae encontra-se na constelação de Carina, no céu austral, do lado direito do Cruzeiro do Sul. No outono e no inverno, pode ser vista ao cair da noite, mas a estrela só por meio de lunetas. Encontra-se a 7.500 anos-luz da Terra, o equivalente a 68 quatrilhões de quilômetros, mas sua luminosidade, é tão intensa que, se estivesse no lugar de Sirius, a estrela mais brilhante de todo o céu, brilharia como a Lua cheia.

A Eta Carinae tornou-se famosa no século XIX por aumentar de brilho até rivalizar com Sirius. Por cerca de um ano, em 1843, tornou-se visível em pleno dia. Depois, encobriu-se num casulo de poeira e agora é invisível a olho nu. Pensou-se que tivesse explodido em forma de supernova. Mas não. A Eta Carinae, curiosamente, continuou viva. Durante 160 anos, ninguém entendia por quê. Damíneli, ao descobrir o apagão, abriu a perspectiva de solução do enigma.

O comportamento dessa estrela azul intriga os astrônomos pelo menos desde julho de 1827, quando o astrônomo inglês William John Burchell, de passagem pela cidade de São Paulo, descobriu a variabilidade da estrela. Em uma carta ao colega inglês John Charles Duncan, Burchell comentou

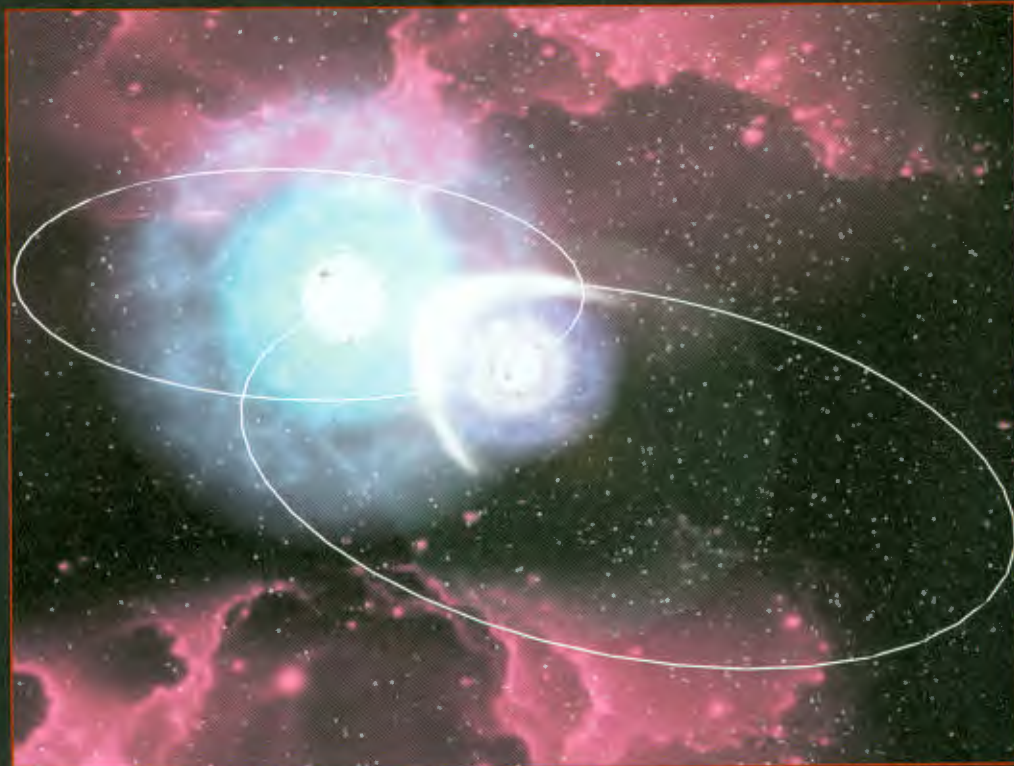
ser estranho que a Eta Carinae se apresentasse muito mais brilhante que nos catálogos e oscilasse da quarta para a primeira magnitude e, naquele momento, estivesse tão brilhante quanto a estrela alfa do Cruzeiro do Sul. O alerta de Burchell animou John Herschell, do Observatório da África do Sul, a observar regularmente a estrela ao longo de décadas e a registrar a erupção gigante de 1843.

A primeira dificuldade para entender a Eta Carinae envolve sua massa, que superaria 120 massas solares, segundo Damineli, e que a colocaria fora do limite aceitável para as estrelas. Ao menos em princípio, essa medida atinge o que os astrônomos chamam de Limite de Eddington, em

homenagem a um dos mais prestigiados astrofísicos da história, o inglês Arthur Stanley Eddington (1882-1944). Ele previu que, a partir de uma determinada massa, em princípio cem massas solares, uma estrela não teria como se manter. Seria evaporada por sua própria radiação luminosa, que produz uma pressão de dentro para fora que, no caso, seria maior que a atração gravitacional, uma força de fora para dentro que mantém a estrela coesa.

Por que isso não acontece com Eta Carinae? Não se sabe. Para complicar, a estrela está envolta por uma nebulosa (uma gigantesca e densa nuvem de gases e poeira cósmica) batizada de Homúnculo pelo astrônomo argentino Henrique Gaviola, do Observatório de Córdoba. A nebulosa, que se expande a uma velocidade de 2,5 milhões de quilômetros por hora (ou 700 quilômetros por segundo), tem a forma de um homem pequeno, que justifica seu nome. São duas cascas esféricas que se afastam em direções opostas, geradas pela explosão de 1843.

Na impossibilidade de observar diretamente a estrela central, os as-



ANDRÉ FONSECA DA SILVA

trônomos estudaram o Homúnculo e descobriram um fantástico laboratório químico-físico no espaço. O Homúnculo forma grãos de poeira dez vezes maiores que nas nuvens interestelares. Sua composição também é incomum, à base de silicatos, em vez de compostos de carbono, como é mais freqüente. A análise do material eliminado pela estrela permitiu medir os produtos das reações nucleares que se processaram em seu interior e evidenciou a produção de grande quantidade de nitrogênio. Essa constatação confirma os cálculos teóricos

que dizem ser essas estrelas de grande massa as principais fontes de nitrogênio de nossa Galáxia.

Damineli se valeu de um método indireto para fazer não só a previsão de redução de luminosidade, mas especialmente para postular que Eta Carinae é formada por um sistema duplo e não uma única estrela, como se pensava até então. As duas estrelas girariam numa órbita altamente elíptica em torno de um centro de gravidade comum. A cada cinco anos e meio, as estrelas passam pelo ponto de maior aproximação de suas órbi-

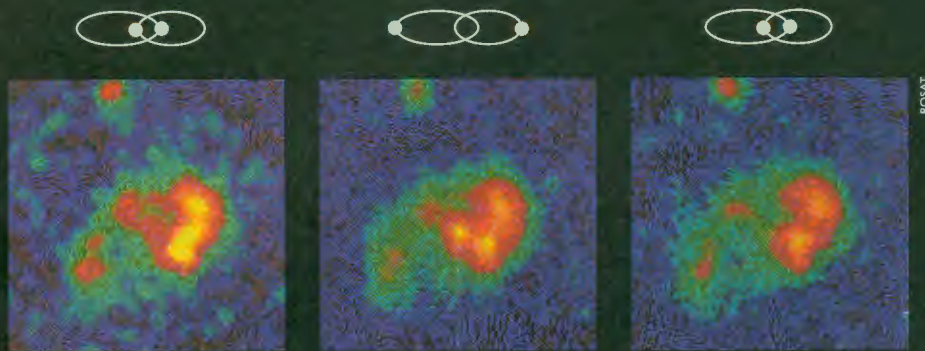
## Dinossauro vivo

### Estrelas de grande massa hoje são raras

Em comparação com estrelas consideradas pequenas como nosso Sol, as estrelas de grande massa como Eta Carinae têm vida curta. Não costumam viver mais de 3 mi-

lhões de anos, enquanto as nanicas ultrapassam os 10 bilhões de anos. Por essa razão, Eta Carinae é o que Damineli chama de “um verdadeiro dinossauro vivo”.

A expressão se justifica porque, quanto maior a massa, maior a pressão gravitacional no interior das estrelas. Esse fato acelera o consumo do combustível estelar, que vem da produção de elementos químicos mais complexos a partir de outros mais simples.



A Eta Carinae em julho de 1992, dezembro de 1994 e janeiro de 1998: a seqüência de imagens do satélite Rosat mostra que a luminosidade na faixa de raios-X sofre um apagão durante cerca de um mês, a cada 5,5 anos, e fortalece o modelo de estrelas duplas com órbitas elípticas e um centro de gravidade comum (ao lado). Segundo a teoria binária, a fonte de raios-X desaparece quando as estrelas se aproximam e ficam encobertas pelos seus ventos (julho de 1992 e janeiro de 1998) e reaparece quando as estrelas se afastam uma da outra (mancha amarela ao centro, na imagem de dezembro de 1994). O amarelo indica as temperaturas mais altas, o vermelho as intermediárias e o azul as mais baixas.

tas, o chamado periastro, que causaria os tais apagões.

Em uma série de projetos realizados desde 1990 com apoio da FAPESP, a exemplo do *Equipamentos Computacionais para Projeto em Astronomia Infravermelha*, em andamento, com financiamento de R\$ 9,8 mil, Damineli se utilizou de uma espécie de impressão digital – as chamadas raias espectrais, de um elemento químico produzido em abundância nas estrelas, o hélio – e mediu o que os físicos chamam de efeito Doppler no interior da nuvem, até concluir a res-

peito da estrela dupla. O efeito Doppler, homenagem ao astrônomo austríaco Cristian Johann Doppler (1803-1853), leva em conta o encurtamento ou alongamento do comprimento de onda de uma fonte para o caso de ela estar aproximando-se ou afastando-se de um observador. No cotidiano, o efeito Doppler pode ser experimentado pela sirene de uma ambulância, que tem um som mais agudo ao se aproximar de um observador e mais grave quando se afasta. No caso da sirene, é o comprimento das ondas sonoras, e não lu-

O Sol, por exemplo, encontra-se na fase de produção de hélio em seu núcleo, a partir de hidrogênio, o elemento mais simples e abundante de todo o Universo. A energia solar resulta do excesso de massa que quatro átomos de hidrogênio apresentam em relação a um único átomo de hélio que devem formar. A sobra de massa é eliminada sob a forma de energia, de acordo com a célebre equação de equivalência entre massa e energia,  $E = mc^2$ , esta-

belecida pelo físico suíço de origem alemã Albert Einstein (1879-1955).

Como um dinossauro vivo, Eta Carinae é um testemunho da evolução da galáxia, que já contou com numerosas estrelas de grande massa como ela. Essas estrelas produziram todo o nitrogênio hoje disponível na Terra. A prova dessa abundância, segundo Damineli, é que a observação de galáxias distantes mostra que estão apinhadas de estrelas de grande massa.

Galáxias distantes no espaço significam galáxias recuadas no tempo e vistas agora como eram no passado remoto, quanto a radiação luminosa deixou o corpo que a originou para viajar por bilhões de anos no espaço e só agora atingir os espelhos e detectores eletrônicos dos telescópios orbitais e terrestres. Na Via Láctea, existe hoje no máximo uma dúzia de estrelas com massa superior a 80 massas solares.

minosas, que sofre distorção pelo deslocamento da fonte.

**Fortes ventos** - O modelo de par estelar que Damineli propõe considera que as duas estrelas têm fortes ventos, o da maior com velocidade de 2,5 e o da menor com 5 milhões de quilômetros por hora (700 e 1.300 quilômetros por segundo). Vento estelar é uma chuva formada por prótons e elétrons liberados por um gás ionizado, formado por partículas carregadas eletricamente. Segundo Damineli, o vento de Eta Carinae apresenta uma energia 100 milhões de vezes maior que a do Sol.

O pesquisador da USP calcula que o choque dessas partículas geraria temperatu-

ras em torno de 80 milhões de graus. As medidas mais recentes, segundo ele, indicam temperaturas de 60 milhões de graus, o que é considerado consistente com a teoria do par estelar. A essas temperaturas há emissão de raios-X que podem ser captados por telescópios orbitais como o Chandra, assim chamado em reconhecimento ao astrônomo norte-americano de origem indiana Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995).

Se acertou na primeira previsão do apagão, comprovada em janeiro de 1980, e está seguro de que seu mo-

delo binário confirmará a segunda expectativa, para julho de 2003, Damineli não tem como explicar a gigantesca explosão de 1843 que criou o Homúnculo. Para ele, o modelo binário explica o apagamento periódico, por aproximações e mergulhos profundos de uma estrela no vento da outra, mas não é suficiente, ao menos em princípio, para explicar as explosões dessa magnitude. Segundo o pesquisador, o que surpreende é que o cataclisma de 1843 ejetou, de uma única vez, o equivalente à massa de pelo menos três sóis – um acontecimento grandioso, mas que, aparentemente, não perturbou em nada o coração estelar da Eta Carinae. “Apesar de gigantesco, foi um fenômeno apenas epidérmico”, diz ele.

A quase totalidade dos dados com que Damineli trabalhou foi obtida com o telescópio com espelho de 1,6 metro de diâmetro montado no Laboratório Nacional de Astrofísica, o LNA, em Brasópolis, no sul de Minas Gerais. A câmara acoplada a esse telescópio permite observar no infravermelho, um comprimento de onda situado próximo à luz visível. Essa técnica tornava possível examinar a estrela através da poeira, ainda que de modo limitado.

Em julho de 1992, quando observava pela primeira vez a redução de luminosidade da Eta Carinae, Damineli pediu a ajuda de colegas italianos que trabalhavam com o telescópio orbital IUE, operado pela European Space Agency (ESA), a NASA européia, que capta a luz ultravioleta, um comprimento de onda mais curto e por isso mesmo mais energético que a luz visível ou o infravermelho. Mas seus colegas se recusaram a apontar o telescópio para a estrela, pois a estudavam há 25 anos e nunca haviam visto nenhuma redução de sua luminosidade. Sugeriram que Damineli verificasse um possível mau funcionamento da câmara. “Seis meses depois, quando decidiram acreditar, o apagão havia terminado”, conta ele.

**Telescópio da selva** - Outro grupo europeu que observava a Eta Carinae há 20 anos no European Southern Observatory (ESO), nos Andes chilenos, também não acreditou sequer na possibilidade do fenômeno que o pesquisador brasileiro sugeria. “Eles se perguntavam como poderia um *jungle telescope* revelar o que não se via num dos melhores observatórios do mundo”, recorda Damineli. “Ora”, diz ele, “simplesmente as técnicas que eles usavam não eram adequadas”.

Os ventos voltaram a soprar a favor do astrônomo brasileiro em 1996, quando um grupo da NASA, liderado por Mike Corcoran, aceitou a sugestão de Damineli e passou a apontar o telescópio de raios-X RXTE praticamente todos os dias para a estrela. Enquanto esperava pela data prevista para o apagão, Corcoran descobriu diversos fenômenos novos, até que, dois anos depois, registrou atônito o apagamento completo da estrela em raios-X.

Damineli: com a difícil tarefa de convencer os astrônomos europeus e norte-americanos a apontarem seus telescópios para a Eta Carinae

Por esse trabalho, Corcoran ganhou um prêmio da NASA em 1999 e seus dados deram consistência à abordagem proposta pelo brasileiro.

Modernos detectores, embora capazes de gerar previsões mais precisas, não seriam suficientes para proteger a Terra de uma eventual explosão final em Eta Carinae, que se espera acontecer daqui a 400 mil anos. Quando isso ocorrer – e se vier de fato a ocorrer –, mesmo a Terra, tão distante, seria atingida por uma onda letal de radiação gama, a forma mais energética de radiação eletromagnética. Segundo Damineli, a face da Terra exposta a essa fonte teria a vida aniquilada e a destruição deve estender-se por um raio de pelo menos 10 mil anos-luz em torno da estrela.

Os astrônomos ainda não sabem se a Eta Carinae terminará sua vida assim. Astrônomos como o suíço André Maeder, do Observatoire de Genève, propõem que a contínua perda de matéria por Eta Carinae, incluindo eventuais erupções como a de 1843, podem fazer com que a massa do sistema diminua dramaticamente, a ponto de ela terminar seus dias como uma estrela discreta, com a massa do Sol. Seria, então, apenas mais uma entre as aproximadamente 200 bilhões de estrelas de nossa galáxia. •

#### PERFIL:

• AUGUSTO DAMINELI tem 53 anos e uma história pessoal incomum. Até os 13 anos, trabalhou na roça nos arredores de Ibiporã, interior do Paraná, onde nasceu. Mudou-se para São Paulo e, entre 1968 e 1970, foi operário da construção civil e da indústria metalúrgica. Bacharelou-se em Física pela Universidade de São Paulo (USP) em 1973 e fez o mestrado e o doutorado no Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) da USP, onde leciona desde 1977.

Projeto: Equipamentos Computacionais para Projeto em Astronomia Infravermelha

Investimento: R\$ 9.856,00

