

# O segredo de Perseu

Simulações ajudam a explicar temperatura elevada do gás em aglomerados de galáxias

SALVADOR NOGUEIRA

**U**ma galáxia gorda, velha e decadente que parece ter tomado emprestado gás de suas vizinhas para voltar a fabricar estrelas está ajudando um grupo de astrônomos a decifrar os mistérios dos aglomerados de galáxias, os tijolos formadores das maiores estruturas do Universo. Com a forma de uma esfera achatada, a galáxia se localiza na direção da constelação de Perseu, o mitológico herói grego que decapitou a Medusa, e é imensa: abriga de 10 a 100 vezes mais matéria do que a nossa galáxia – a Via Láctea, formada por cerca de 200 bilhões de estrelas – e mantém outras aprisionadas gravitacionalmente ao seu redor. Conhecido como aglomerado de Perseu, esse grupo de galáxias tem uma característica marcante que há tempos intriga quem o estuda: é permeado por uma gigantesca nuvem de gás muito rarefeito e quente, com algumas regiões apresentando temperaturas bem mais elevadas do que seria de esperar.

As leis da física preveem que, à medida que o gás das galáxias vizinhas é atraído pela gravidade rumo à galáxia central – no caso, a NGC 1275, distante 235 milhões de anos-luz da Terra –, sua densidade deve aumentar enquanto sua temperatura diminui acentuadamente. “Como o gás se torna mais denso próximo ao centro do aglomerado, as partículas que o formam colidem mais facilmente umas com as outras e perdem energia na forma de radiação”, explica a astrofísica Elisabete de Gouveia Dal Pino, que vem estudando o aglomerado



NGC 1275:  
galáxia  
gigante no  
coração do  
aglomerado  
de Perseu

de Perseu nos últimos anos. Assim, quanto maior a densidade e a proximidade da galáxia central, mais frio deve se tornar o gás. Isso, no entanto, não é bem o que acontece com Perseu.

A temperatura do gás do aglomerado até diminui, é verdade. Mas não tanto quanto – nem como – deveria. Medições feitas por telescópios em terra e no espaço revelaram que ela passa de quase 10 milhões de graus nas regiões mais distantes da NGC 1275 para cerca de 3 milhões de graus por volta da metade do caminho. E depois se estabiliza, quando o esperado era que baixasse para algumas centenas de milhares de graus. Esse efeito só se justificaria se algo estivesse reaquecendo o gás na região mais central do aglomerado, equilibrando a perda de calor.

**H**á algum tempo os pesquisadores até têm um candidato: um gigantesco buraco negro, com massa equivalente à de centenas de milhões de estrelas como o Sol, situado bem no centro da NGC 1275. Os buracos negros são objetos tão densos e compactos que impedem que qualquer coisa escape de sua superfície, inclusive a luz. Mas na sua vizinhança é liberada muita energia. Antes de ser sugada e absorvida, a matéria que espirala ao redor do buraco

negro é acelerada pela gravidade. Parte dela, auxiliada por campos magnéticos, escapa em dois feixes estreitos que saem dos polos do buraco negro, originando os jatos de partículas que se deslocam a velocidades próximas à da luz. Esses jatos emitem ondas de rádio que são detectadas pelos astrônomos.

Imagens feitas a partir de outra forma de radiação, os raios X, mostravam que as proximidades do buraco negro da NGC 1275 – região do espaço também conhecida como núcleo galáctico ativo por emitir mais energia do que o restante da galáxia – liberavam energia suficiente para manter o gás aquecido na porção mais central do aglomerado. Mas havia um mistério: como as temperaturas do gás podiam ser mais ou menos homogêneas, se os jatos de radiação gerados a partir do buraco negro eram tão estreitos?

Ao conduzir simulações em computador, o grupo coordenado por Elisabete Dal Pino e Zulema Abraham, pesquisadoras do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), na capital paulista, encontrou uma possível resposta. “As temperaturas poderiam ser as observadas, caso o núcleo galáctico ativo estivesse em precessão [mudança de inclinação no eixo de rotação]”, afirma Elisabete. A ideia pode ser traduzida assim: para manter a temperatura aproximadamente homogênea, é preciso que o eixo de rotação do objeto central varie de inclinação e os jatos oscilem distribuindo melhor a energia. Ou, de modo

mais simples, isso pode acontecer se o buraco negro bambolear como um pião que perde velocidade.

**A**s simulações realizadas por Diego Falceta-Gonçalves, da Universidade Cruzeiro do Sul (Unicsul), em São Paulo, produziram resultados similares aos observados na natureza quando o ângulo de variação do eixo era grande: 60 graus. No artigo do *Astrophysical Journal Letters* em que apresentaram os resultados no início de 2010, os pesquisadores explicam: como os jatos oscilam com o tempo, a energia liberada é aproximadamente igual em todas as direções. É como se os feixes de radiação funcionassem como as pás de uma batadeira que misturam os ingredientes do bolo para tornar a massa homogênea. Mas essa pode não ser a única explicação.

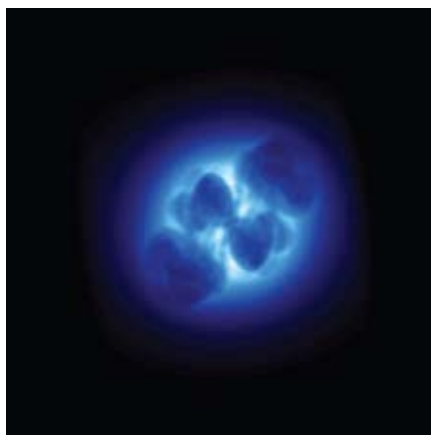
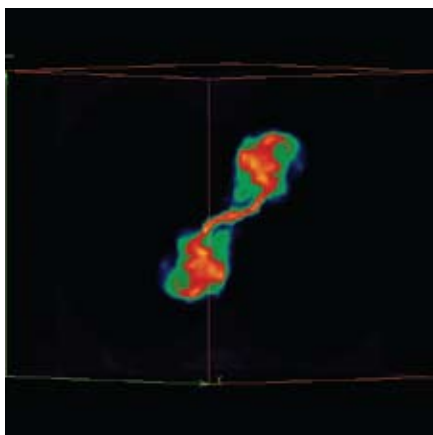
Em meados de 2008, Elisabete Dal Pino visitava a Universidade de Wisconsin em Madison, nos Estados Unidos, quando o astrônomo americano John Gallagher mostrou a ela um resultado que havia acabado de obter e nem sequer havia publicado. Gallagher e seu grupo tinham feito medições dos filamentos de gás que existem ao redor da NGC 1275. “Ele ficou intrigado porque eles obtiveram mapas das velocidades dos filamentos e perceberam que alguns deles estavam se afastando da galáxia, e não se aproximando, como seria o esperado”, conta a astrofísica.

O resultado, publicado no ano seguinte na *Nature*, era uma medição

Vizinhança luminosa: milhares de galáxias orbitam a NGC 1275 (destaque)



JEAN-CHARLES CUILLANDRECFHTI/GIOVANNI ANSELMINI (COELUM ASTRONOMIA)



Fonte de calor:  
jatos de partículas,  
à esquerda,  
aquecem o gás  
entre galáxias,  
ao lado

inesperada. Indicava que alguma força estava contrabalançando a gravidade e empurrando o gás para fora da NGC 1275. Além disso, forças magnéticas faziam os filamentos arquear. Era pouco provável que o núcleo galáctico ativo, por mais poderoso que fosse, estivesse produzindo o fenômeno sozinho. O que estaria acontecendo?

“Foi aí que eu tive a ideia das supernovas”, diz a pesquisadora brasileira. Supernova é o nome que se dá a uma estrela com massa muito elevada que consumiu todo o seu combustível e explodiu. É um dos eventos mais energéticos do Universo. Uma série de

supernovas poderia explicar o formato dos filamentos ao redor da galáxia central do aglomerado. O único problema é que supernovas recentes implicam formação estelar recente. E uma galáxia como a NGC 1275 não tem mais matéria-prima para fabricar estrelas com massa elevada.

Em outra série de simulações, dessa vez em parceria com John Gallagher e Alex Lazarian, ambos de Wisconsin, Falceta-Gonçalves e Elisabete mostraram que o gás em queda proveniente das galáxias vizinhas poderia produzir uma onda de choque na superfície da NGC 1275 e gerar um súbito episódio de formação estelar. Estrelas com muita massa queimam seu combustível mais rapidamente do que astros menores como o Sol, que precisam de bilhões de anos para esgotá-lo. Por isso, poderia haver uma onda de explosões de supernovas uns poucos milhões de anos após o processo de formação estelar.

Com auxílio de computadores, os pesquisadores reproduziram o que acontecia 120 milhões de anos – simulados, é claro – após o nascimento das estrelas. O trabalho, também publicado no *Astrophysical Journal Letters*, indicou que a interação da radiação emitida pelo núcleo galáctico ativo com as turbulências geradas pelas supernovas produz um padrão de filamentos muito parecido com o observado ao redor da NGC 1275. “Cada simulação, em resolução máxima, de 100 milhões de pixels, demora cerca de 20 dias para ser completada”, conta Falceta-Gonçalves, que conduziu a maior parte dos testes e é o primeiro autor dos artigos.

Esses trabalhos apresentam, sem dúvida, explicações plausíveis para os mistérios da NGC 1275. Mas como saber qual é a real causa da distribuição homogênea de temperatura do gás e dos filamentos observados ao redor da galáxia? Uma das formas de comprovar essas explicações seria procurar, com o auxílio de telescópios, sinais deixados por estrelas com massa muito elevada e por supernovas nas regiões mais externas da NGC 1275. Outra estratégia, mais ao alcance da equipe brasileira, é realizar novas simulações, dessa vez combinando o efeito da precessão do núcleo galáctico ativo com a explosão das supernovas nas bordas da galáxia e verificar o que acontece.

De toda forma, já se avançou um pouco mais na compreensão da dinâmica de aglomerados de galáxias como o de Perseu – e, por extensão, do aglomerado do qual faz parte a Via Láctea. Esses tijolos do Universo, que numa escala maior se organizam em superaglomerados, ainda guardam muitos segredos. Mas, por sorte, os astrônomos não desistem facilmente. ■

## OS PROJETOS

1. *Investigation of high energy and plasma astrophysics phenomena: theory, observation, and numerical simulations* - nº 2006/50654-3
2. *Estudo numérico de plasmas magnetizados colisionais e não colisionais em astrofísica* - nº 2009/10102-0

### MODALIDADE

1. Projeto Temático
2. Auxílio Regular a Projeto de Pesquisa

### COORDENADORES

1. Elisabete de Gouveia Dal Pino - IAG-USP
2. Diego Falceta-Gonçalves - Unicsul

### INVESTIMENTO

1. R\$ 342.429,60
2. R\$ 110.400,00

### Artigos científicos

1. FALCETA-GONÇALVES, D. *et al.* Turbulence and the formation of filaments, loops and shock fronts in NGC 1275. **The Astrophysical Journal Letters**. v. 708 (1), p. L57-L60. 1 jan. 2010.
2. FALCETA-GONÇALVES, D. *et al.* Precessing jets and X-ray bubbles from NGC 1275 (3C84) in the Perseus galaxy cluster: a view from 3D numerical simulations. **The Astrophysical Journal Letters**. v. 713 (1), p. L74-L78. 10 abr. 2010.