

Controvérsias em Torno da Dieta Personalizada

# SCIENTIFIC AMERICAN Brasil

O Atormentado  
Criador dos  
**MÚLTIPLOS  
UNIVERSOS**

Janeiro 2008 [www.sciam.com.br](http://www.sciam.com.br)

tt  
Duetto

## Janela para o Universo Extremo

Telescópio Glast investiga  
matéria escura e relação  
com a radiação gama

NGC 5195 na constelação  
boreal de Cães de Caça, a  
20 milhões de anos-luz

### Mercados de Carbono

Iniciativas econômicas  
para alívio de  
pressões ambientais

### Redes Semânticas

Estratégias que já  
permitem uma  
reformulação da internet

### O Retorno da Ameaça Nuclear

Ampliação de países  
com potencial atômico  
altera sistema de poder

ANO 6 nº 68

R\$ 10,90

Portugal € 4,90



# Uma Janela Para O Universo Extremo

O satélite **Glast** deixará acessíveis regiões inexploradas do espaço – na verdade, exatamente as regiões em que sinais da matéria escura e outros fenômenos misteriosos podem aparecer

## CONCEITOS-CHAVE

- O ano de 2008 marca o início de uma nova era da física com as atividades do Grande Colisor de Hádrons (LHC), um dos mais ansiosamente aguardados instrumentos da história da física. Mas o LHC não é a única máquina a ser inaugurada. Outra é o Telescópio Espacial de Grande Área de Raios Gama (Glast).
- A contribuição do Glast será providenciar a música para a festa de comemoração: ele cobre uma faixa de energia de raios gama praticamente inexplorada e é capaz de medir com precisão o tempo de chegada de pulsos gama. Essas características permitem que o Glast teste várias propostas para estender o atual Modelo Padrão da física das partículas.
- Trabalhando juntos, o LHC e o Glast poderão identificar a matéria escura que é responsável por grande parte da matéria contida no Universo.

– Os editores

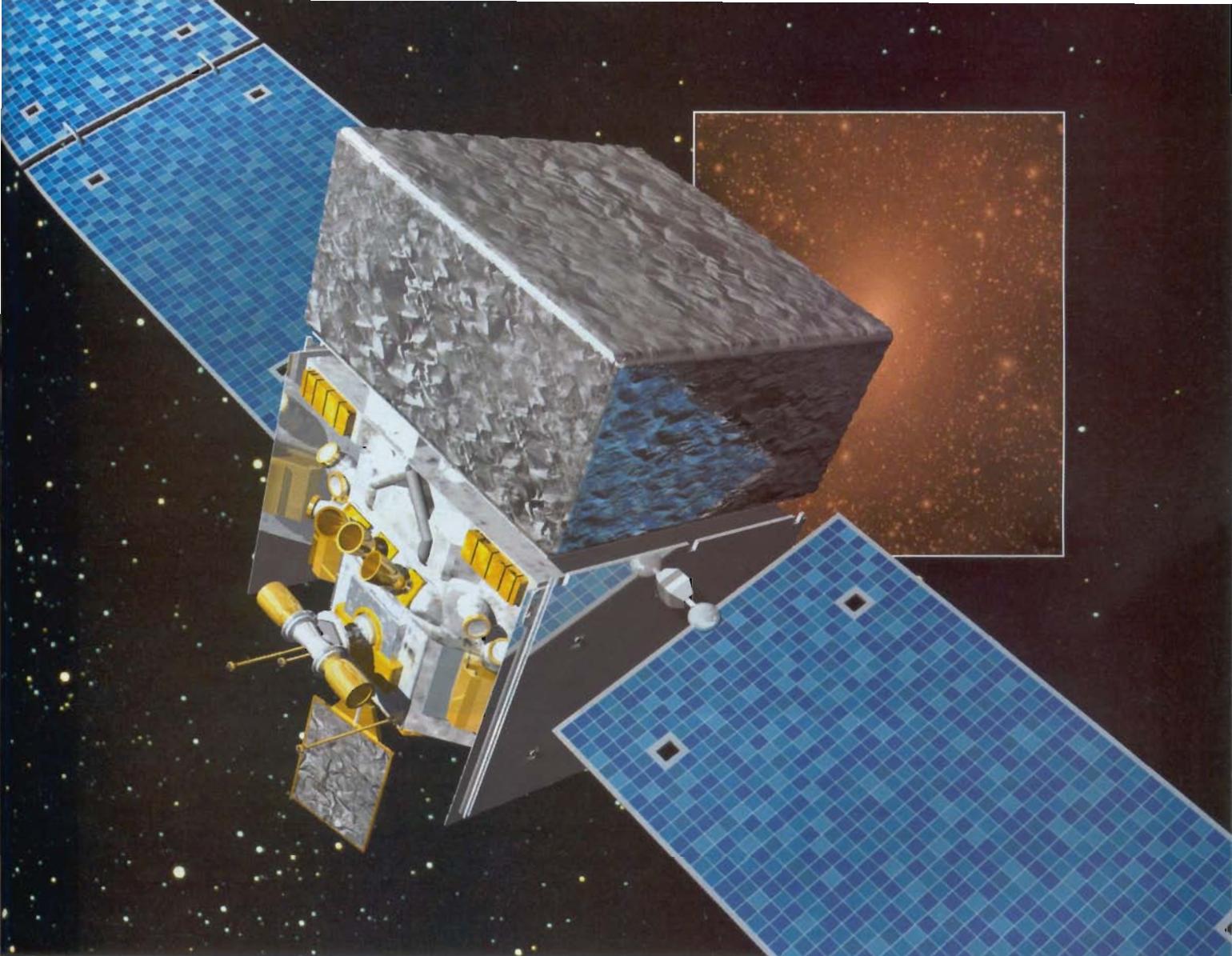
Por William B. Atwood, Peter F. Michelson e Steven Ritz

No primeiro semestre de 2008 novas visões dramáticas do Universo serão reveladas. A Nasa planeja lançar o Telescópio Espacial de Grande Área de Raios Gama (Glast, em inglês) para explorar astros exóticos como buracos negros supermassivos e estrelas de nêutrons, fontes potentes de raios gama de alta energia. Quase ao mesmo tempo, o Grande Colisor de Hádrons (LHC), do Cern, o laboratório europeu para o estudo da física de partículas, perto de Genebra, estará em condições de fornecer uma visão sem precedentes dos blocos que formam a estrutura fundamental da Natureza e suas interações em distâncias extremamente pequenas. O Glast poderá observar os mesmos fenômenos microscópicos produzidos no LHC e mostrar como esses processos funcionam nos cenários cósmicos naturais. Momentos empolgantes e revolucionários como esses são raros na ciência.

Raios gama são um tipo de radiação eletromagnética que se situa na extremidade de mais alta energia, ou comprimentos de onda mais curtos, do espectro eletromagnético. Extremamente mais energéticos que a luz visível ou até mesmo que os raios X, cada fóton de raios gama contém tanta energia que é possível converter parte dela em partículas de matéria por processos deduzidos da famosa equação de Albert Einstein:  $E = mc^2$ .

Surpreendentemente rico e mutável, o céu em raios gama é muito diferente do que vemos na luz visível. O céu noturno, aparentemente tranquilo, transforma-se em um torvelinho de buracos negros supermassivos arremessando matéria violentamente para o espaço a velocidades próximas da luz, com explosões estelares massivas e a suave luminosidade que aparece depois desses eventos, estrelas de nêutrons hiperdensas com campos magnéticos gigantes e

SUM FILMS (arquivo): J. DIEMOND, M. KUHLER E P. MADALI, UNIVERSITY OF CALIFORNIA em SANTA CRUZ (mapa simulado da matéria escura)



o brilho de alta energia da galáxia produzido pelas colisões das partículas carregadas conhecidas como raios cósmicos. Os raios gama cósmicos também podem se originar da aniquilação de partículas exóticas que formam a misteriosa matéria escura. O LHC está apto a criar essas partículas em laboratório.

A potencialidade da astronomia de raios gama foi prevista pelo físico Philip Morrison (1915-2005), ex-colaborador de SCIENTIFIC AMERICAN em um trabalho original escrito em 1958. Ele observou que a luz visível, incluindo a luz das estrelas, é na verdade uma emissão reprocessada que se relaciona apenas indiretamente com sua fonte original, geralmente processos nucleares e subnucleares que ocorrem em energias muito mais altas. Na verdade, a emissão de raios gama está muito mais próxima da energia típica que domina os processos astrofísicos. Ela identifica estruturalmente os locais onde ocorrem condi-

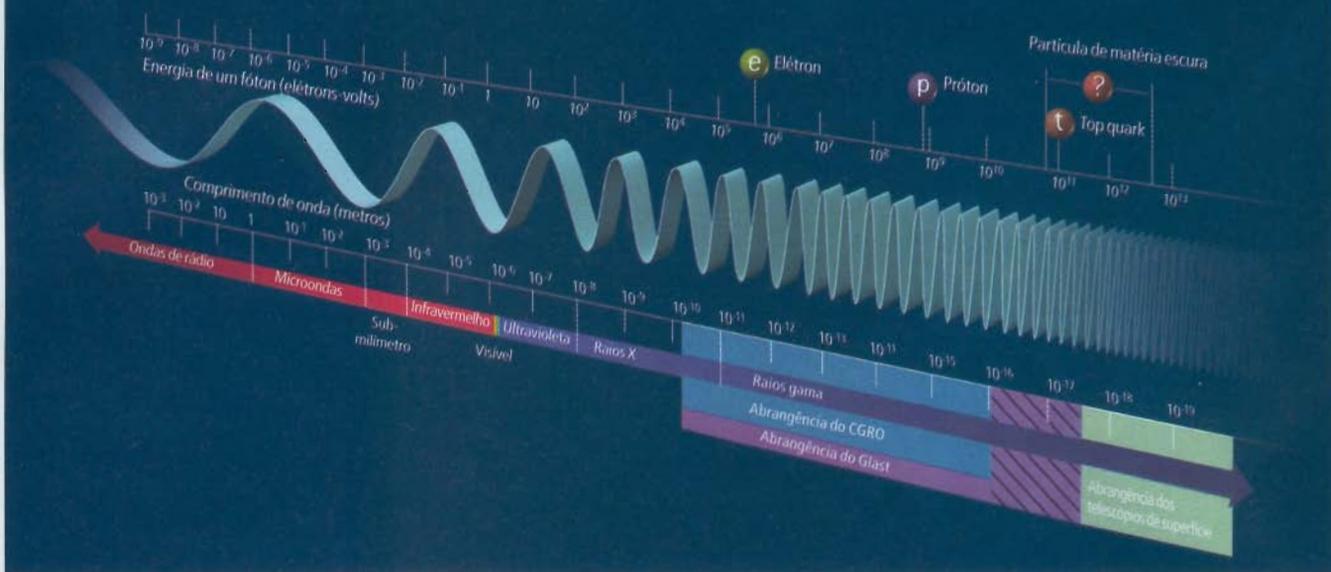
ções físicas extremas e transporta informação direta sobre o que acontece nessas regiões.

Normalmente, os raios gama atravessam sem dificuldade boa parte do universo visível – bilhões de anos-luz – mas são espalhados pela nossa atmosfera. Quando isso acontece sua energia é convertida em um chuva de partículas de energia mais baixa. Para os raios gama de energia mais alta – acima de aproximadamente 100 bilhões de elétrons-volts (GeV), unidades-padrão de energia das partículas utilizadas pelos físicos –, o sinal do chuva de partículas na atmosfera é suficientemente grande para ser captado por observatórios especialmente construídos para isso, no solo. Abaixo dessa faixa de energia é preciso utilizar telescópios especiais em órbita.

Como acontece com a maior parte das investigações astrofísicas, a abundância de emissão gama no Universo oferece dois caminhos: um deles é o

# ABRINDO A JANELA

O satélite *Glast* monitora uma grande faixa do espectro, incluindo uma região até agora não observada, de 10 a 100 gigaelétrons-volts (*hachurado*). Essa região pode conter pistas para desvendar alguns mistérios como a composição da matéria escura.



sinal que o pesquisador quer analisar e o outro é o ruído de fundo, indesejado. Ao procurarem evidências de novos fenômenos, os pesquisadores devem eliminar primeiro as interpretações astrofísicas convencionais dos dados. Com essa ressalva, questões mais profundas da física já podem ser respondidas com base nas observações astrofísicas do tipo que o *Glast* deverá realizar.

## Do Egret ao *Glast*

Para estudar o Universo em altas energias, as questões científicas e técnicas experimentais demandam o conhecimento específico tanto de físicos de partículas quanto de astrônomos. A convergência dessas duas disciplinas tradicionalmente distintas foi uma das maiores tendências nas ciências físicas ao longo das duas últimas décadas. Três de nós comprovamos isso. Atwood e Ritz têm formação em física de partículas, e Michelson é astrofísico e membro do grupo que desenvolveu o Telescópio para Experimento de Raios Gama Energéticos (*Egret*, em inglês), que voou no último maior satélite de raios gama da Nasa, o Observatório de Raios Gama (CGRO).

A idéia do instrumento principal do *Glast*, o Telescópio de Grande Área (LAT), surgiu após um seminário que Michelson apresentou no Acelerador Linear do Departamento de Energia de Stanford (Slac) em 1991. Durante as discussões que Michelson e Atwood mantiveram com os membros do grupo de astrofísica de partículas recém-formado no Slac, li-

derado por Elliott Bloom, Atwood estabeleceu as bases do projeto LAT. Ele propôs adaptar os detectores de partículas à base de silício, cujo desenvolvimento foi realizado pelo projeto do Super Colisor Supercondutor, para uso em telescópios de raios gama. Embora o projeto do colisor tenha sido extinto, sua tecnologia está viva no *Glast*. O segundo instrumento mais importante do *Glast*, o Monitor de Explosões, desenvolvido por um grupo liderado por Charles Meehan, do Marshall Space Flight Center da Nasa, monitora o céu à procura de emissões violentas de radiação na faixa de energia abaixo daquela coberta pelo LAT. O projeto *Glast* conta com a experiência e o esforço de cientistas, engenheiros e técnicos dos Estados Unidos, França, Alemanha, Itália, Japão e Suécia.

O LAT deve coletar 100 vezes mais raios gama que o *Egret*. Seu campo de visão é comparável ao do olho humano; ele observa aproximadamente 20% do céu de uma só vez. Em duas órbitas em torno da Terra, de aproximadamente três horas, o *Glast* irá cobrir todo o céu. Essa capacidade é particularmente importante para observar fontes transientes, característica importante das emissões em raios gama que o *Egret* detectou no céu. Em poucos dias, o *Glast* deverá atingir a mesma sensibilidade para detectar fontes que o *Egret* levou anos para produzir. Juntos, o LAT e o Monitor de Explosões chegam a um fator de mais de 10 milhões na detecção da energia ao longo do espectro eletromagnético.

## FATOS RÁPIDOS

**O Telescópio de Grande Área, o principal instrumento do *Glast*, pesa 3 toneladas, embora utilize menos da metade da potência de um secador de cabelo**

Com um salto de qualidade desse porte, o Glast trará nova compreensão para o estudo de buracos negros supermassivos e estrelas de nêutrons que geram enormes quantidades de energia na faixa de raios gama. Conseqüentemente, o Glast vai aprimorar significativamente as observações do Egret, que era incapaz de identificar dois terços das fontes de raios gama que o Glast pode detectar. O satélite também poderá encontrar assinaturas de fenômenos inexplicados pelo Modelo Padrão da física de partículas e fazer testes de processos do Modelo Padrão em condições extremas. Abaixo estão relacionadas algumas dessas possibilidades exóticas.

## 1 Matéria Escura

Desde os anos 30 os astrônomos têm conhecimento de que existe muito mais no Universo do que nossos olhos podem ver. O movimento contínuo das galáxias no interior de aglomerados e das estrelas, em galáxias, é mais rápido do que prevê a gravidade da matéria visível, indicando que uma enorme quantidade de matéria invisível está atuando. Isso ao mesmo tempo que os físicos percebem que extensões do Modelo Padrão podem explicar esse significado. A ampliação mais popular envolve um aspecto hipotético da Natureza conhecido como supersimetria, tema que o LHC tem como alta prioridade (ver "A aurora da física além do Modelo Padrão", SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL nº 14, julho de 2003).

Partículas de matéria escura supersimétrica não são realmente escuras. Embora não possam intera-

gir muito com a matéria comum e com a luz, acredita-se que elas guardem uma propriedade interessante: de ser suas próprias antipartículas. Assim, sempre que duas dessas partículas se encontram, elas se aniquilam, convertendo toda a sua massa em energia – incluindo raios gama. O "x" da questão é distinguir essa radiação da emissão similar produzida por outras fontes. O que se conhece sobre a matéria escura é tão pouco que as estimativas da intensidade e energia dos raios gama que ela emite variam significativamente.

Nos casos mais bem definidos a aniquilação resulta em apenas dois fótons gama cuja energia é igual à massa das partículas de matéria escura, hoje estimada em torno de algumas centenas de GeV. Essa situação reproduz a versão da matéria escura dos raios gama característicos de 511 quiloelétrons-volts (keV), produzidos quando os elétrons e seu companheiro de antimatéria, o pósitron, se aniquilam. Quando são observados raios gama de 511 keV, os astrônomos sabem que há pósitrons envolvidos. Por outro lado, quando é observada uma emissão excessiva de raios gama, com energia na faixa de GeV, eles sabem que a matéria escura está envolvida.

Mesmo que esses sinais fossem interpretados sem ambigüidade, a chance de serem intensos o suficiente para detecção seria mínima. A maior parte da energia liberada pela aniquilação de matéria escura pode ocorrer em uma larga faixa de energias. Infelizmente, esses sinais se situariam no topo da radiação gama muito mais abundante, produzida quando os raios cósmicos colidem com o gás interestelar e com

### [OS AUTORES]

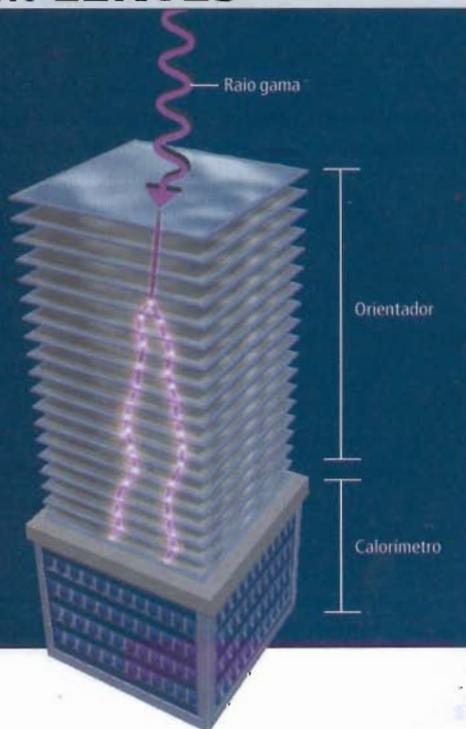


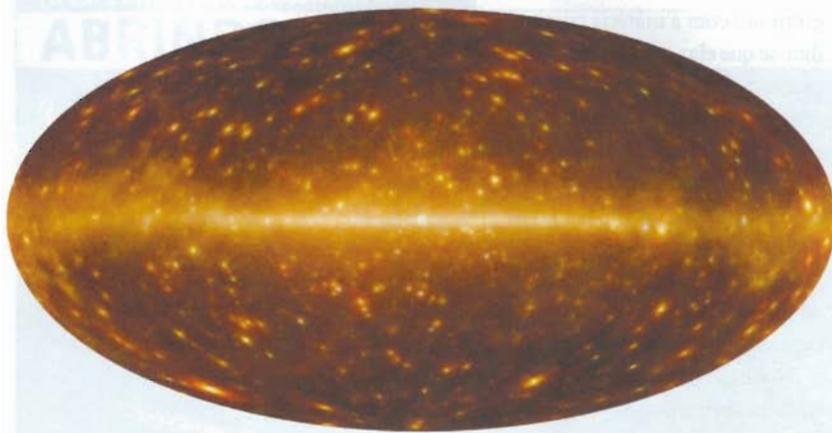
William B. Atwood, Peter F. Michelson e Steven Ritz integram um grupo internacional de cientistas, engenheiros e técnicos que tornaram o Glast realidade. Atwood, atualmente professor adjunto da University of California em Santa Cruz, trabalhou em inúmeros experimentos de física de partículas, incluindo o experimento Slac, ao qual foi atribuída a descoberta dos quarks. Ele é também um exímio construtor de violinos. Mais de 50 instrumentos ostentam sua marca. Michelson é professor da Stanford University e pesquisador principal do Telescópio de Grande Área do Glast. Ele começou sua carreira científica estudando supercondutividade e se dedicou à astrofísica depois de desenvolver a instrumentação para a detecção de ondas gravitacionais. Ritz é astrofísico do Goddard Space Flight Center, da Nasa, e professor adjunto da University of Maryland. É cientista do projeto Glast e também compositor.

### [O TELESCÓPIO DE GRANDE ÁREA DO GLAST]

## UM TELESCÓPIO SEM LENTES

Energéticos demais para serem captados pelos telescópios convencionais, os raios gama requerem uma tecnologia adaptada de detectores, utilizada em aceleradores de partículas. Entre os vários instrumentos do Glast, lâminas delgadas de tungstênio fazem com que os raios gama incidentes se transmutem em elétron e pósitron, cujas trajetórias são observadas através de detectores de silício (para determinar a origem dos raios gama), que depositam sua energia na base do instrumento, em um calorímetro (para determinar a energia do raio gama incidente).





SE VOCÊ TIVESSE VISÃO DE RAIOS gama veria esta imagem na simulação do potencial do satélite Glast. A imagem é uma projeção do céu, tendo no centro o núcleo da nossa galáxia, a Via Láctea. A faixa horizontal brilhante mostra a radiação gama do disco da galáxia, revelando principalmente os raios cósmicos que foram passagem através das moléculas do gás interestelar. A maioria dos milhares de pontos brilhantes são buracos negros supermassivos em núcleos de galáxias distantes. Além desses aspectos, podem surgir sinais de uma nova física.

os campos de radiação. Nesse caso detectar o sinal da matéria escura seria como tentar observar estrelas em cidades com forte iluminação. Felizmente os raios gamas produzidos pela matéria escura devem ter um espectro diferente e se distribuir pelo céu com um padrão diferenciado, por exemplo, concentrados junto ao núcleo das galáxias. Essa tendência poderia facilitar sua detecção.

Os dados do Glast se entrosarão perfeitamente com as medidas recentes da física de partículas. O LHC é capaz de produzir novas partículas, medir sua massa e determinar a intensidade de suas interações. Essas partículas são candidatas a formar a matéria escura. O Glast poderá então determinar o papel que elas desempenham no Universo como um todo. Como qualquer uma delas pode escapar do acelerador depressa demais para que os físicos descubram se são estáveis ou não, os dados do Glast serão fundamentais para determinar se as partículas podem sobreviver por um período suficientemente longo para satisfazer as condições da matéria escura. O Glast também deverá detectar a matéria escura diretamente, à medida que orbita em torno de nosso planeta (ver "A busca obstinada pela matéria escura", SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL nº 11, abril de 2003).

## 2 Miniburacos Negros

A relatividade especial e a mecânica quântica, pilares teóricos da física moderna, têm se combinado de forma profunda, mas a incorporação da relatividade geral – e conseqüentemente da força da gravidade – permanece um trabalho inconcluso. Uma previsão notável emergiu na década de 70, quando Stephen Hawking, da University of Cam-

bridge, e seus colegas concluíram que a combinação da gravidade com as flutuações quânticas de energia poderia sugerir que os buracos negros são instáveis. Esses corpos deveriam irradiar partículas cuja energia aumentaria à medida que o buraco negro diminuía de tamanho, levando a uma reação de fuga e finalmente a uma terrível explosão (ver "Em território inexplorado", SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, ed. especial nº 16, Buracos Negros, julho de 2005).

Esse processo é lento demais para afetar significativamente buracos negros grandes, mas se as condições do universo primordial foram propícias para formar buracos negros, alguns podem ser suficientemente pequenos para ainda hoje estar explodindo. Embora os buracos negros muito pequenos possam já ter evaporado, aqueles com massa de cerca de  $10^{12}$  kg – equivalente a um asteróide – durariam cerca de 14 bilhões de anos. Assim, se buracos negros pequenos como esses foram produzidos (é bom ressaltar que muitos de nossos colegas teóricos são céticos quanto a isso), o Glast terá a oportunidade de observar um processo que estabelece uma forte ligação entre a mecânica quântica e a gravidade.

## 3 Dimensões Extras do Espaço

Os esforços para desenvolver essas teorias levaram alguns físicos a propor que nosso universo tridimensional está mergulhado em um espaço com mais dimensões. Certas versões dessas teorias afirmam que não vemos as dimensões extras porque a matéria e as forças não-gravitacionais, como o eletromagnetismo, estão confinadas ao nosso volume tridimensional. No entanto, a gravidade não enfrenta restrições. Os grávitons, as partículas que transmitem a gravidade, podem ter primos chamados de grávitons Kaluza-Klein, que se propagam através de um volume com um número maior de dimensões.

Se essas dimensões forem suficientemente grandes poderão alterar o comportamento da gravidade, permitindo que o Glast (e talvez o LHC também) as detecte. As explosões de supernovas, por exemplo, poderiam transferir parte de sua energia para esses grávitons exóticos, que por sua vez decairiam em outras partículas, principalmente em raios gama. O Egret tentou encontrar eventos desse tipo, mas não teve sucesso. Esse resultado levou os físicos a concluir que somente cerca de 1% da energia de supernovas poderia terminar como grávitons Kaluza-Klein. O Glast certamente observará muito mais objetos como esses, com sensibilidade muito maior, e no final poderá até inviabilizar as versões das teorias de dimensões extras.

## ESPECIFICAÇÕES DO GLAST

**9.500** cm<sup>2</sup>

Área coletora efetiva do telescópio

**20%** do céu  
Campo de visão

**20 MeV a 300 GeV**  
Faixa de energia

**10** μsec  
Resolução temporal

**30 milhões**  
Número de fótons observados por ano

## 4 Violações da Relatividade Especial

O conceito-chave da relatividade especial é que a velocidade da luz no vácuo independe do comprimento de onda. Fótons de energia mais alta (comprimentos de onda mais curtos) ou mais baixa energia (comprimentos de onda mais longos) se deslocam com a mesma velocidade. Essa constância é uma manifestação de um princípio muito importante chamado de invariância de Lorentz, a personificação matemática do princípio de Einstein de que as leis da física são as mesmas para todos os observadores que se deslocam com velocidade constante.

Mas como esse princípio funciona realmente? Ele pode não valer na teoria quântica da gravidade. A configuração de pequena escala do espaço-tempo pode flutuar e os fótons de alta energia seriam mais sensíveis a essas perturbações que os de mais baixa energia, da mesma forma que um carrinho de bebê com rodas pequenas seria mais sensível ao tipo de pavimento que um caminhão com pneus grandes.

## FATOS RÁPIDOS

**Se o Glast fosse um piano, cobriria 23 oitavas. Os dois instrumentos do Glast cobrem mais de sete ordens de magnitude em energia**

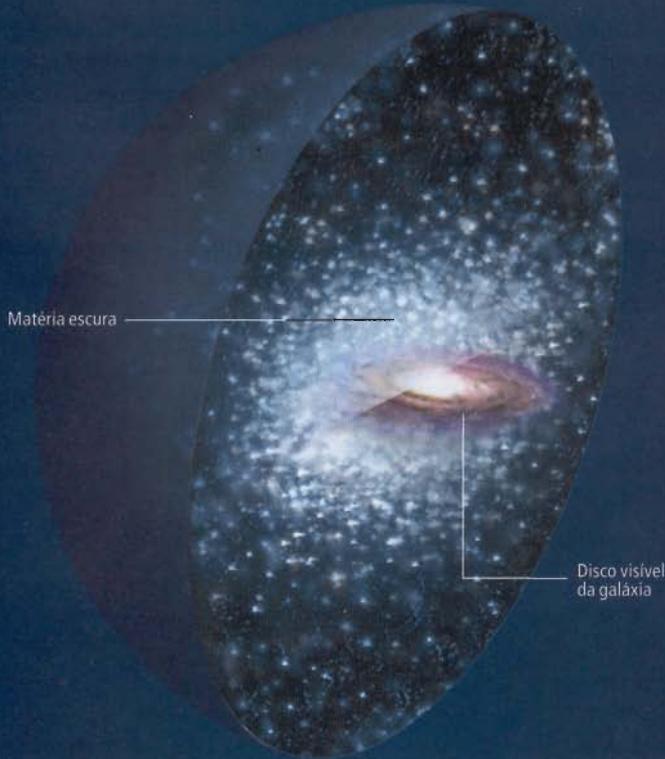
À medida que os fótons de alta energia perambulam através das perturbações eles podem percorrer distâncias mais longas ou mais curtas, encurtando ou alongando assim sua viagem pelo Universo (ver "Em busca de violações na relatividade", SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL nº 29, outubro de 2004). A melhor maneira de medir pequenas diferenças de velocidade é realizar uma corrida bem longa: quanto mais longa a corrida, maior a diferença de tempo observada entre os competidores, na linha de chegada. A natureza realiza uma corrida exatamente como essa cada vez que uma explosão de raios gama é disparada. A explosão libera pulsos de fótons de várias energias, que podem percorrer bilhões de anos-luz para chegar até nós.

O Egret detectou somente seis explosões dentro do seu campo de visão e somente um punhado de fótons em cada uma delas. O Glast certamente vai detectar muito mais explosões. Ele será capaz de encontrar diferenças nos tempos de chegada de raios gamas de altas e baixas energias de explosões originadas a diferentes distâncias de nós. Alguns modelos prevêem diferenças de 10 milissegundos ou mais, o que está dentro da resolução temporal do Glast. Se o satélite detectar alguma diferença, os físicos terão inicialmente de excluir as explicações astrofísicas mais convencionais, como efeitos dentro das próprias estrelas em que houve a explosão. Um teste a ser feito será verificar se a diferença de tempo aumenta sistematicamente com a distância cósmica. No caso afirmativo isso lançará dúvidas sobre as explicações mais convencionais. Outro teste será verificar se a mesma diferença de tempo se

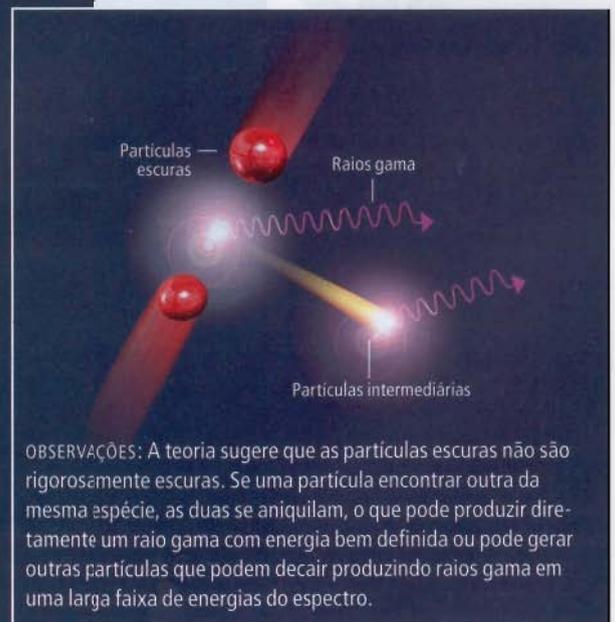
### [PARTÍCULAS EXÓTICAS]

## PROBLEMA COM A MATÉRIA

**PROBLEMA:** A galáxia tem mais massa que imaginavam os astrônomos. Será que a "massa que está faltando" é formada por um tipo exótico de partículas?



**IMPLICAÇÕES:** Se o Glast conseguir enxergar os raios gama, ele não só confirmará que a matéria escura realmente existe (descartando assim teorias alternativas), como revelará propriedades das partículas que formam a matéria escura, como sua massa e interatividade, dando aos físicos uma excelente oportunidade de entendê-las melhor.



**OBSERVAÇÕES:** A teoria sugere que as partículas escuras não são rigorosamente escuras. Se uma partícula encontrar outra da mesma espécie, as duas se aniquilam, o que pode produzir diretamente um raio gama com energia bem definida ou pode gerar outras partículas que podem decair produzindo raios gama em uma larga faixa de energias do espectro.

mantém entre raios gama emitidos por diferentes tipos de objetos, não somente por explosões de raios gama, mas também por fulgurações geradas por buracos negros supermassivos.

## 5 Matéria sob Condições Extremas

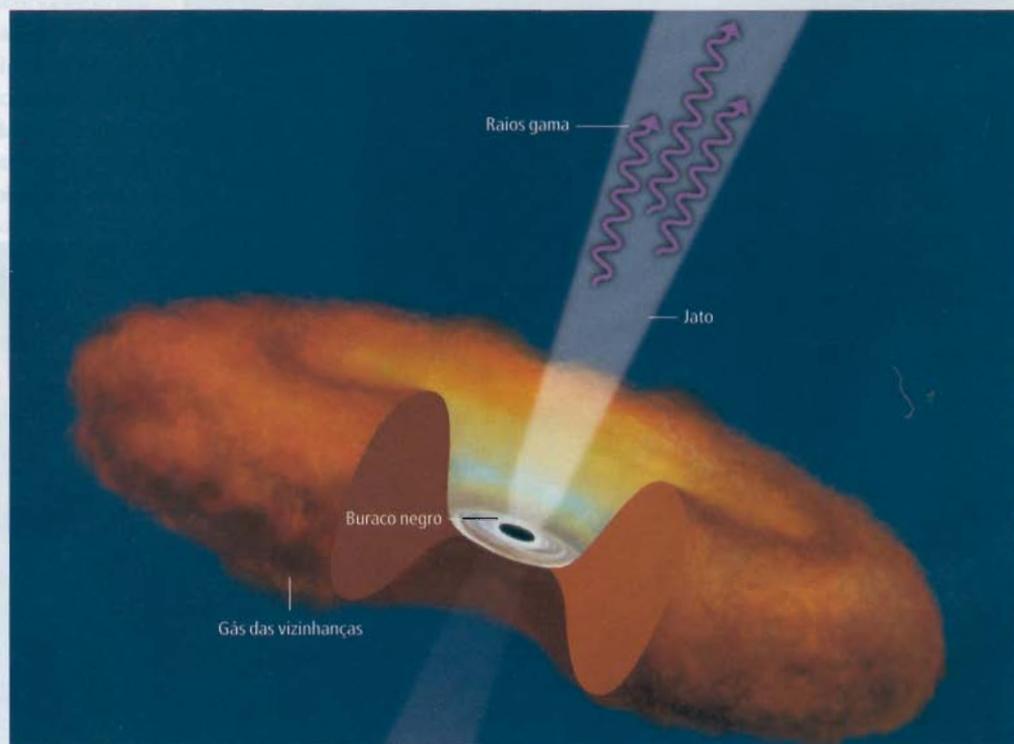
Para descrever fenômenos complexos como esses talvez sejam necessárias novas leis da física. Os cientistas estão se esforçando para aplicar as leis que já conhecemos, e aqui o *Glast* também terá um papel fundamental. Buracos negros supermassivos, por exemplo, parecem ser comuns no centro de galáxias e estão fortemente associados ao nascimento e desenvolvimento de suas galáxias hospedeiras. À medida que o buraco negro no centro da galáxia aumenta, agregando gás das vizinhanças, o núcleo da galáxia pode entrar em ignição, tornando-se um núcleo de galáxia ativa. Núcleos como esses são uma das principais fontes de raios gama do Universo.

Esses buracos negros não emitem radiação gama diretamente. Em vez disso, emitem potentes jatos de partículas energéticas, que se deslocam a velocidades próximas à da luz, e então colidem com fótons de baixa energia, elevando a energia desses fótons até as energias típicas dos raios gama. Os astrofísicos acreditam que os jatos surgem ao

longo do eixo de giro de um buraco negro em rotação e se alimentam da energia rotacional do buraco negro. A quantidade de energia emitida somente por radiação gama pode ser equivalente à emissão de energia, em todo o espectro eletromagnético, de todas as estrelas de nossa galáxia.

Os raios gama emergentes fornecem assim um diagnóstico único para as condições extremas próximas do buraco negro. Como esses jatos permanecem tão bem colimados por milhares de anos-luz de distância? Onde e como a energia cinética dos jatos é convertida em radiação gama? Como o *Glast* trabalha tanto com observações ópticas quanto com ondas de rádio, ele poderá finalmente fornecer algumas respostas sobre a evolução temporal dessas poderosas fontes de energia.

As estrelas de nêutrons, que giram rapidamente, estão apenas um nível abaixo dos buracos negros na escala de objetos cósmicos exóticos. Os campos magnéticos de algumas delas se encontram entre os mais intensos conhecidos na Natureza e formam o coração de sistemas que podem acelerar partículas carregadas até com energias muito além do que o LHC pode manipular (ver “*Magnetar, a nova espécie do zoológico cósmico*”, *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL* nº 10, março



## FATOS RÁPIDOS

Não é tão simples assim encontrar a matéria escura. Mesmo no espaço que nos rodeia, os astrofísicos acreditam que ela forme o equivalente a um próton por 3 cm<sup>3</sup>.

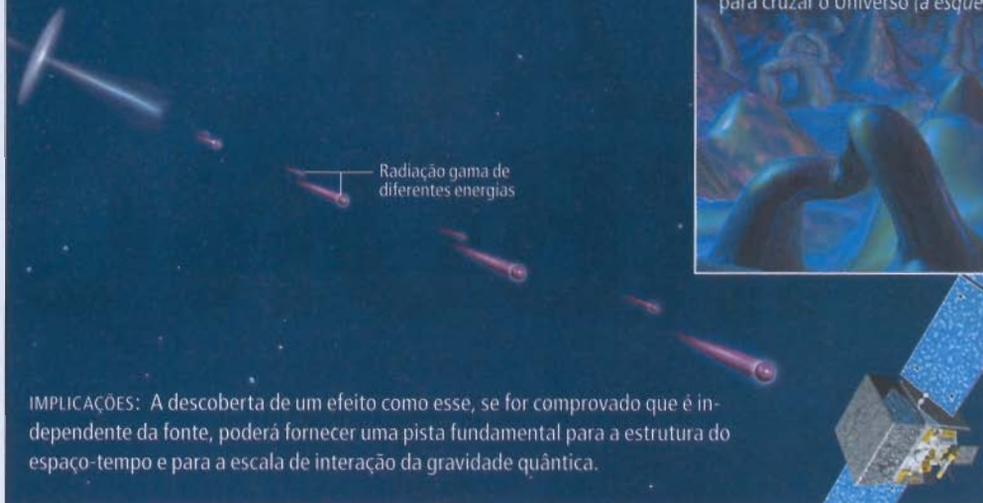
BURACOS NEGROS SUPERMASSIVOS como estes serão as fontes extragalácticas de raios gama mais comuns que o *Glast* deverá observar. Comparado com nosso Sistema Solar, o buraco negro em si ultrapassa a órbita de Marte, e o disco de matéria que o envolve vai além da estrela mais próxima de nós. Os jatos de matéria de alta velocidade produzem raios gama em profusão. Estudá-los pode ajudar os pesquisadores a entender o comportamento da matéria sob as condições mais extremas que se possa imaginar.

[TESTES DA TEORIA DA RELATIVIDADE]

# O ESPAÇO PODE SER FEITO DE ESPUMA?

**PROBLEMA:** A teoria da relatividade geral de Einstein considera o espaço-tempo contínuo. Será que observado bem de perto o espaço-tempo pode realmente ser formado de bolhas como uma espuma, como sugerem algumas versões da teoria da gravidade quântica?

**OBSERVAÇÕES:** Raios gama de alta energia (comprimentos de onda curto) podem sentir essa espuma (abaixo) mais fortemente do que os de baixa energia. O efeito é certamente muito pequeno, mas pode resultar em uma diferença perceptível no tempo que um raio gama leva para cruzar o Universo (à esquerda).



**IMPLICAÇÕES:** A descoberta de um efeito como esse, se for comprovado que é independente da fonte, poderá fornecer uma pista fundamental para a estrutura do espaço-tempo e para a escala de interação da gravidade quântica.

de 2003). Podem ocorrer reações incomuns com partículas perto da superfície desses objetos, e a melhor forma de estudá-las é observar os raios gama emitidos. O CGRO detectou radiação gama de seis estrelas de nêutrons jovens na Via Láctea. Com base nos melhores modelos teóricos atuais esperamos que o Glast detecte um número pelo menos dez vezes maior desses objetos.

Um dos maiores mistérios da astrofísica nas últimas décadas é a natureza das explosões de raios gama, *flashes* muito curtos de radiação de alta energia que provêm de direções aleatórias do céu, aparecem só uma vez e nunca mais são vistos (ver "Explosões mais fantásticas do Universo", SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL nº 8, janeiro de 2003). Nos últimos anos os astrônomos têm feito progressos enormes ao desvendar as fontes dessas explosões cósmicas. Elas parecem surgir durante o nascimento de buracos negros, no núcleo de estrelas massivas agonizantes ou da coalescência de estrelas de nêutrons binárias ou de buracos negros. Na verdade, os dois mecanismos podem ocorrer em diferentes tipos de explosões. O Glast foi especificamente projetado para resolver esses mistérios.

Em altas energias pode ocorrer um fenômeno inusitado: a luz pode interagir consigo mesma. Em baixas energias, quando dois feixes de luz se cruzam, um pode não notar a presença do outro, mas, em altas energias, os efeitos quânticos os tornam mais comunicativos. À medida que os raios gama

se deslocam pelo espaço, podem interagir com a luz das estrelas e produzir pares elétron-pósitron. Os fótons ópticos das vizinhanças agem com uma espécie de nevoeiro que os raios gamas precisam atravessar. Isso faz com que o Universo se torne opaco para os raios gama de alta energia, provenientes de fontes muito distantes. Para avaliar ou confinar a quantidade de luz visível e ultravioleta que preenche o espaço, o Glast deverá medir o espectro gama de um grande número de galáxias ativas. A partir da quantidade de luz medida, o Glast poderá determinar a variação das taxas de formação de estrelas ao longo do tempo cósmico.

## 6 O Inesperado

Historicamente grandes avanços na qualidade das medidas têm revelado aspectos imprevistos da Natureza. O CGRO observou um fenômeno muito curioso, em 1994. Setenta e cinco minutos depois do início de uma explosão de raios gama, o satélite detectou um único fóton gama com a energia espantosa de 18 GeV, o raio gama mais energético já registrado em uma explosão.

Quem sabe o que a próxima era de descobertas nos reserva? Com base somente na extrapolação de gerações anteriores de observatórios de raios gama, o Glast certamente resolverá muitas questões cruciais sobre o Universo de altas energias, mas ninguém sabe que outras surpresas essa nova janela que está se abrindo nos reserva. ■

## ➔ PARA CONHECER MAIS

**The edge of infinity: supermassive black holes in the Universe.** Fulvio Melia. Cambridge University Press, 2003.

**Very high energy gamma-ray astronomy.** Trevor C. Weekes. Taylor and Francis, 2003.

**Dark Cosmos: in search of our universe's missing mass and energy.** Dan Hooper. HarperCollins, 2006.

**The first Glast symposium Proceedings.** Editado por Steven Ritz, Peter Michelson e Charles A. Meegan. AIP Conference Proceedings, vol. 921, agosto de 2007.

Outras informações sobre o Glast podem ser encontradas na página da missão na internet: [www.nasa.gov/glas](http://www.nasa.gov/glas).