

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

Douglas Galante

Efeitos Astrofísicos e Astrobiológicos de
Gamma-Ray Bursts



São Paulo
2009

Douglas Galante

Efeitos Astrofísicos e Astrobiológicos de *Gamma-Ray Bursts*

Tese apresentada ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Astronomia

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ernesto Horvath

São Paulo

2009

À minha querida família

Agradecimentos

Ao iniciar um trabalho de doutorado, temos pouca idéia de como ele se tornará parte de nossas vidas. Muitos, como eu, iniciaram a carreira científica ainda jovens, inexperientes e autoconfiantes, assumindo esse compromisso sem ter a real dimensão do peso que carregariam. Um projeto de doutorado, no entanto, é um compromisso entre orientador e orientado, de responsabilidade e dedicação de ambas as partes. Tive a oportunidade de ter um orientador que, mais que Astronomia, ensinou-me a buscar minha independência intelectual e a não ter medo de grandes desafios. Obrigado Jorge, por seu incentivo, infinita paciência, bom humor e pelo autêntico chá turco.

Agradeço a minha família, que sempre me incentivou a buscar meus sonhos e seguir meus próprios caminhos. Sem o apoio de meus pais e irmã nunca teria conseguido.

Agradeço a todos meus amigos e colegas do IAG, do curso de Ciências Moleculares e da Física, com quem passei boa parte dos últimos anos.

Agradeço também a todos os professores e funcionários da USP, que tanto me ensinaram.

Agradeço, por fim, à Fapesp, que financiou meu doutorado.

*“Quam multa non posse, priusquam
sint facta, judicantur?”*

*(Quantas coisas são consideradas
impossíveis até que sejam realizadas)*

Plínio, o Velho

Resumo

O presente trabalho tem o objetivo principal de compreender os possíveis efeitos da radiação energética de um evento de *Gamma-Ray Burst* (GRB) sobre o meio interestelar no entorno de seu local de geração e em planetas possivelmente iluminados.

Gamma-Ray Bursts foram detectados pela primeira vez nos anos 60 e rapidamente atraíram a atenção da comunidade astrofísica, uma vez que as energias emitidas apenas em γ poderiam alcançar 10^{54} erg, o equivalente a massa de repouso do Sol. Não se conhecia nenhum mecanismo tão eficiente para extrair energia gravitacional para produzir tal evento. Mais tarde, a possibilidade da emissão ser colimada abaixou a energia em γ para 5×10^{50} erg, mas o mecanismo central de geração ainda não foi completamente desvendado, havendo muito espaço para alternativas exóticas.

Estudamos os efeitos de um GRB sobre o meio interestelar, em uma tentativa de distinguir os remanescentes do GRB do gerado por múltiplas supernovas. Usamos argumentos energéticos e sobre a possibilidade de alterações químicas e isotópicas devido a reações fotonucleares.

Também trabalhamos com as implicações biológicas da iluminação de planetas por um GRB, concluindo que os efeitos de tais eventos podem afetar seriamente a biosfera de um planeta mesmo a distâncias de ~ 10 kpc.

Abstract

The present work has the main goal of understanding the possible effects of the hard gamma radiation produced during a *Gamma-Ray Burst* (GRB) event both on the interstellar medium surrounding the source of the burst and on planets possibly illuminated.

Gamma-Ray Bursts were first detected on the 60's and quickly have attracted the attention of the astrophysical community, since the energies emitted just in γ could reach 10^{54} erg, the rest mass of the Sun. No mechanism was known to be so efficient in extracting gravitational energy to produce such emission. Later on, the possibility of the emission being collimated has lowered the energy of the γ to 5×10^{51} erg, but the central engine has not yet been completely understood, and there is still ample room for exotic alternatives.

We have studied the effects of GRB on the ISM, in an attempt to distinguish the candidates of GRB remnants from those generated by multiple supernovae. We have used both energetic arguments and the possibility of chemical alterations due to photonuclear reactions.

We have also worked on the biological implications of the illumination of planets by a GRB, concluding that the effects of such event could seriously harm the biosphere of a planet even at distances of ~ 10 kpc.

Sumário

1. Introdução	10
1.1 Histórico	14
1.2 Características da emissão	20
1.2.1 Evolução temporal e espectro	20
1.2.2 Morfologia.....	24
1.2.3 Energética.....	29
1.3 Modelos.....	30
1.4 Estatística	33
2. Interação com o ISM	34
2.1 Características do ambiente.....	34
2.1.1 Densidade ambiente	36
2.1.2 Composição	37
2.2 Remanescentes – formação e detecção	38
2.2.1 <i>Supershells</i>	40
2.2.2 Energética.....	41
2.2.3 Origem: supernovas e GRB.....	43
2.3 Efeitos “químicos” do GRB no ISM: Reações fotonucleares	45
2.3.1 Seções de choque: A importância da ressonância gigante	46
2.3.2 Espectro GRB.....	49
2.3.3 Alterações na distribuição química	49
3. Efeitos de um GRB sobre um planeta tipo-terrestre	55
3.1 Histórico	55
3.2 Supernovas: efeitos planetários.....	56
3.3 GRB: efeitos planetários.....	59
3.3.1 Organismos-teste	60
3.3.2 Flash γ	61
3.3.3 Flash UV.....	62
3.3.4 Depleção da camada de O ₃	62
3.3.4 <i>Cosmic ray jets</i> (CRJ).....	68
3.3.5 Atmosfera primitiva	72
3.4 <i>Soft-gamma repeaters</i>	75

3.4.1 Efeitos sobre um planeta	75
3.4.2 Estatística	78
4. Conclusões e perspectivas	83
Anexo 1: Tabela de abundâncias.....	103
Apêndice 1: Deposição de energia.....	105
Apêndice 2: Artigos	107

1. Introdução

O presente trabalho de doutorado tem o objetivo de fazer a conexão entre uma classe de eventos astrofísicos conhecidos como *Gamma-Ray Bursts* (GRB), ou Surtos de Raios Gama, com seus efeitos sobre o meio interestelar (ISM) circundante e sobre um planeta porventura iluminado pela radiação de alta energia. A tese se desenvolverá de forma interdisciplinar, pois serão abordados temas típicos das áreas de astronomia, física nuclear, biologia e ecologia teórica. Quando necessário, serão fornecidos esclarecimentos em notas de rodapé ou apêndices sobre temas específicos que não sejam de conhecimento comum, ou de fácil referência. Serão fornecidas as conversões de unidades para o Sistema Internacional em notas de rodapé, quando forem empregadas unidades específicas das diferentes áreas.

Essa tese não tem a pretensão de desenvolver a teoria de geração dos surtos em si, a qual vem sendo construída por outros grupos e será apresentada brevemente nesta introdução, mas sim de analisar os possíveis cenários astrofísicos, planetários e biológicos gerados por esse tipo de evento raro no Universo, onde uma grande quantidade de energia (ao redor de 10^{52}erg^1) é gerada e emitida majoritariamente na região espectral entre centenas de keV e dezenas de MeV². Esse é um caso de especial interesse na astrofísica, pois fótons nessa faixa de energia são usualmente pouco emitidos pelas fontes mais abundantes no Universo, as estrelas, salvo em algumas condições extremas.

As estrelas têm, em primeira aproximação, um espectro de emissão tipicamente de corpo negro, ou seja, obedecendo à lei de Planck (Eq. 1). Comparando-se os espectros estelares reais com a função teórica pode-se associar uma temperatura a cada estrela, chamada de temperatura de corpo negro da estrela.

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

Eq. 1: função de distribuição de Planck em função do comprimento de onda e da temperatura do corpo negro.

A Fig. 1 representa um diagrama de *Hertzsprung-Russel* (HR) de um conjunto de estrelas. Pode-se notar que existe uma grande diversidade de tipos de objetos nesse

¹ $1\text{erg} = 1 \times 10^{-7}\text{J}$

² $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-12}\text{erg}$

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

