# Raios Cósmicos

Fabio de Moraes Canedo

Insituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

5 de novembro de 2015

## 1 Introdução

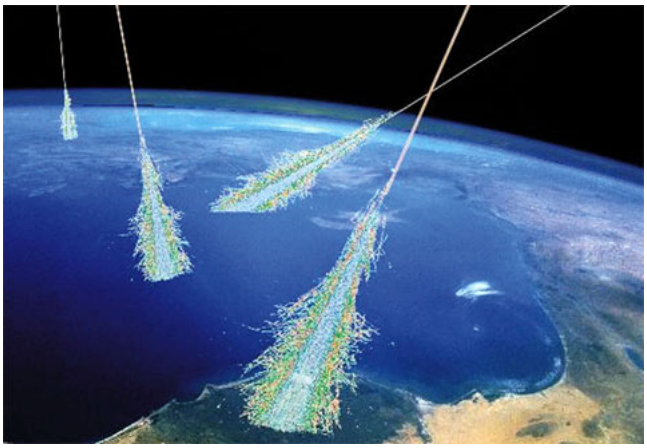

Figura 1: Representaçao artística de raios cósmicos atingindo a atmosfera.

Raios cósmicos são uma partículas de alta energia, em sua maioria oriundas de fora do Sistema Solar, que ionizam a atmosfera terrestre. Em sua grande maioria, são compostas por prótons e partículas Beta. Quando atingem a atmosfera terrestre, estas normalmente se decompõem em partícluas de menor energia, gerando uma chuva de particulas secundárias.

O termo "raio"é um mero acidente histórico. Este foi introduzido por Robert Millikan, que acreditava que suas medidas eram um forte indicativo de que os tais Raios Cósmicos eram fótons. Mais tarde, devido ao efeito leste-oeste, ficou evidente que deveriam ser compostos de partículas carregadas.

Até o início da década de 50, os raios cósmicos foram a maior fonte de dados para a fisica de partículas. Seu estudo contribuiu com a descoberta de diversas partículas, tais como os pósitrons, os múons, os káons e muitas outras. Até hoje,

Figura 2: Domenico Pacini realizando observaçoes em 1911.

são fonte para o estudo de particulas, pois bombardeiam a Terra com partículas com até 40 milhões de vezes a energia atingida pelo LHC.

## 2 História

Já no fim do século XIX, foi detectada uma ionização da atmosfera que decaía com a altitude. Na época acreditava-se que esta ionizaçao devia ser causada pela radiação emitida por elementos pesados vindos da Terra. Entretanto, em 1911, Domenico Pacini (Fig. 2) demonstrou que embaixo d'água, em um oceano e em um lago, e a uma profundidade de 3 m na terra, a ionização diminuía [1]. Isso mostrava que deveriam haver outras fontes de ionizaçao do ar que não fossem a radioatividade terrestre.

Em 1912, com o auxilio de balões que voavam até 5300 metros, o fisico Victor Hess, verifica que a taxa de ionização atmosférica(Fig. hess) cresce com a altitude[2], confirmando que os Raios Cósmicos deveriam ser oriundos do espaço. Seu trabalho lhe garantiu o Nobel de Fisica em 1936.

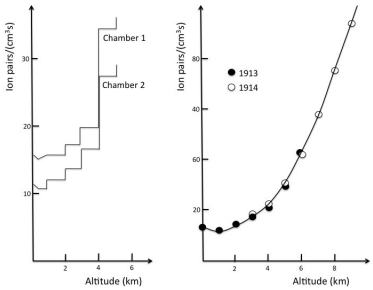


Figura 3: Ionizaçao atmosférica em funçao da altitude.

Durante a década de 20 o físico Robert Millikan (Fig. 4) realiza diversas medidas ao redor do planeta e acredita que suas medidas são evidência de que os Raios Cósmicos devem ser constituídos de fotons. Ele foi responsável pelo termo

"raio". Entretanto, no início da década de 30, Bruno Rossi prevê uma diferença entre os Raios vindos do oeste ou leste devido à carga das partículas primárias. Três experimentos independentes confirmam que as partículas primárias deveriam ter carga positiva.

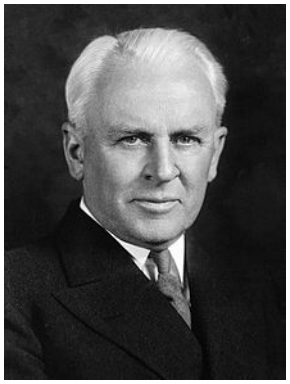

Figura 4: Robert Millikan, decada de 1920.

Estudos entre 1930 e 1945 mostraram que os raios cósmicos deveriam ser constituídos principalmente de prótons. Em 1948, um estudo com balões que carregavam emulsões nucleares ao topo da atmosfera indicava que também deveriam haver particulas Alfa nos Raios Cósmicos bem como núcleos de elementos mais pesados[3].

# 3 Tipos de Raios

Os Raios Cósmicos são basicamente classificados em dois tipos. Os Raios Cósmicos primários que sao constituídos principalmente de prótons, e os secundários[4], que são produtos da interação dos raios primários com moléculas na atmosfera terrestre (Fig.5 ).

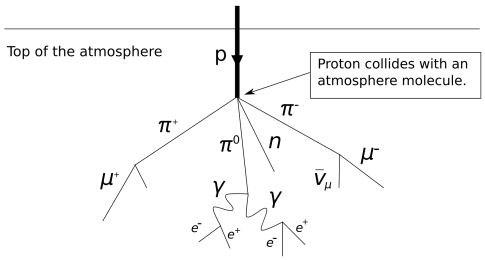


Figura 5: Composição da "chuva"de partículas dos Raios Cósmicos.

Embora o termo Raios Cósmicos possa ser usado para descrever tanto partículas oriundas do Sol como aquelas vindas de fora do Sistema Solar, conhecidas como

Raios Cosmicos Galáticos (GCR, Galatic Cosmic Rays), o termo é comumente usado para referir-se apenas ao segundo tipo. As fontes desse tipo são ainda desconhecidas e campo de ativa pesquisa.

# 4 Fontes

Embora as fontes dos Raios Cósmicos ainda não sejam completamente conhecidas, existem algumas suspeitas de onde esses podem vir. Figuram entre estes núcleos ativos de galáxias, erupções de raios-gama, quasares e supernovas(Fig. fontes). Em Fevereiro de 2013, observaçoes do telescopio Fermi revelaram que supernovas são de fato fontes de Raios Cósmicos[5].

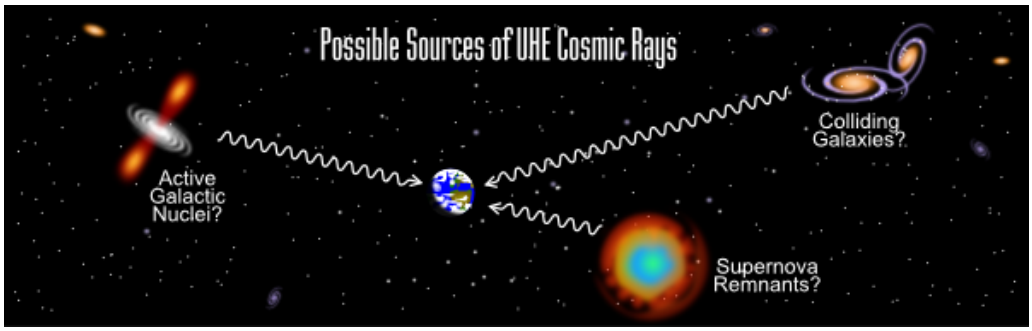


Figura 6: Fontes possiveis de Raios Cósmicos

As supernovas podem explicar uma parte do número relativo de diferentes isótopos em Raios Cosmicos. A maneira como uma estrela evolui e ejeta seu núcleo em sua fase final explica a origem de parte destes.

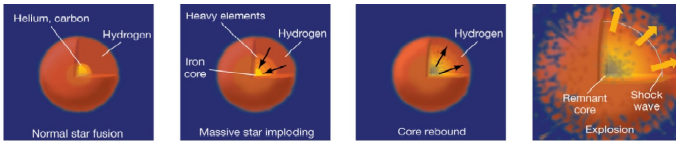


Figura 7: Evolução estelar

Em estrelas normais ocorre o processo de fusão nuclear em seu núcleo. A fusão converte uma parte do hidrogênio original e do hélio em átomos mais pesados como Carbono-12 e Oxigênio-16[6]. Ao mesmo tempo estes são convertidos em elementos mais pesados, tais como Neon-22 e Magnésio-25. Quando a estrela exaure completamente seu combustivel, ela entra em colapso e ejeta boa parte do produto dessa nucleossíntese. A onda de choque desse processo é capaz de acelerar as partículas até velocidades conhecidas nos Raios Cósmicos(Fig. supernova).

# Referências

## Referências


[1] D. Pacini (1912). "La radiazione penetrante alla superficie ed in seno alle acque". Il Nuovo Cimento, Series VI 3: 93–100. doi:10.1007/BF02957440. Traduzido e comentado em A. de Angelis (2010). "Penetrating Radiation at the Surface of and in Water". Nuovo Cimento VI/ 9 (1912) 3 (93). arXiv:1002.1810. Bibcode:2010arXiv1002.1810P

[2] V.F. Hess (1936). "The Nobel Prize in Physics 1936". The Nobel Foundation. Retrieved 2010-02-11.

[3] Freier, Phyllis; Peters, B.; et al. (December 1948). "Investigation of the Primary Cosmic Radiation with Nuclear Photographic Emulsions". Physical Review 74 (12): 1828–1837. Bibcode:1948PhRv...74.1828B. doi:10.1103/PhysRev.74.1828.

[4] Morison, Ian (2008). Introduction to Astronomy and Cosmology. John Wiley & Sons. p. 198.

[5] Ackermann, M.; Ajello, M.; Allafort, A.; Baldini, L.; Ballet, J.; Barbiellini, G.; Baring, M. G.; Bastieri, D.; Bechtol, K.; Bellazzini, R.; Blandford, R. D.; Bloom, E. D.; Bonamente, E.; Borgland, A. W.; Bottacini, E.; Brandt, T. J.; Bregeon, J.; Brigida, M.; Bruel, P.; Buehler, R.; Busetto, G.; Buson, S.; Caliandro, G. A.; Cameron, R. A.; Caraveo, P. A.; Casandjian, J. M.; Cecchi, C.; Celik, O.; Charles, E.; et al. (2013-02-15). "Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants". Science (American Association for the Advancement of Science) 339 (6424): 807–811. arXiv:1302.3307. Bibcode:2013Sci...339..807A. doi:10.1126/science.1231160. Retrieved 2013-02-14.

[6] http://helios.gsfc.nasa.gov/cosmic.html