

Densidade De Registro De Raios C3smicos Ao Longo Da Opera33o Da Estaa33o De Monitoramento Otto1

Gerbison Ferreira de Sousa, Rubens Damigle Alves Marreira,
Augusto C3esar Barros Barbosa, Antonio Carlos Santana dos Santos

Resumo:

A atmosfera superior da terra estende-se por muitos quil33metros de altitude. Est33a 33 atingida em diferentes pontos do globo por part33culas de diversas origem e quantidade de energia distinta. Estas part33culas navegam pelo universo at33 encontrar corpos celestes ou fragmentos destes. A quantidade de energia destas part33culas denominadas de raios c3smicos varia de alguns KeV a GeV. Deste modo, 33 importante realizar alguns estudos sobre os raios c3smicos que s33o comumente registrados por sistemas de monitoramento do c33u, como esta333es de observa33o de fen33menos luminosos como meteoros, b33lidos e bolas de fogo. Assim, este trabalho apresenta o perfil de registro de raios c3smicos pela esta33o de monitoramento de meteoro OTTO1 instalada no Laborat33rio de Ensino e Pesquisa em Astronomia da Universidade Estadual do Cear33. O perfil foi elaborado a partir do per33odo de 12 meses sendo ent33o distribuído por m33s e em seguida pela quantidade de registros. Obteve-se como resultados que os meses de setembro e outubro houve maiores ocorr33ncia de raios c3smicos que correspondem a 40,3% do total de eventos captados pela esta33o.

Palavras Chaves: Raios C3smicos. Monitoramento. Estaa33o. Incid33ncia. GCR.

INTRODU33O

O universo apresenta diferentes tipos de radia333es no ambiente espacial em que trafegam diferentes tipos de part33culas produzidas na Via L33ctea e em outras gal33xias. A regi33o chamada de 33rbita baixa da Terra (LEO) realiza o efeito de defletir os raios c3smicos (CR) de baixa intensidade devido a magnitude do campo magn33tico, entretanto os raios produzidos por eventos solares (SPE) n33o s33o afetados. Este cen33rio 33 modificado pelas condi333es heliosf33rica e geomagn33tica dos corpos celestes presentes.

A quantidade de RCs em regi33es de espa33o profundo, em que as condi333es s33o mais severa, sendo ainda influenciada de forma inversamente proporcional 33 intensidade da atividade solar que atinge a superf33cie dos planetas ou suas respectivas atmosferas. Estas intera333es produzem part33culas secund33rias que impactam na situa33o radiativa do local modificando os 33ndices de risco a sa33de. O processo de classifica33o destes cen33rios s33o atualmente gerados por meio de modelos de dosimetria e computacionais. Estes m33todos s33o alimentados por vari33veis como intera333es at33micas e nuclear entre outros.

O seccionamento em porcentagem dos raios c3smicos gal33cticos (GCR) s33o respectivamente aproximados em 87% de pr33tons, 12% de h33lio e o outros s33o elementos desde o l33tio at33 ur33nio (SIMPSON, 1983). Ao longo do tempo foram realizadas algumas estimativas da quantidade de energia em momentos de p33tos a intensidade aproximou-se em torno de 300 MeV/n. Em que o estado de m33nimo solar o GCR 33 m33ximo enquanto no caso oposto o GCR 33 m33nimo.

Estas intensidade de energias s33o obtidas por meio de v33os de bal33es, sat33lites e detectores instalados em 33nibus espacial ou na esta33o espacial internacional (ISS).

Entretanto, estas fontes de registro de informações ainda são insuficiente sendo então necessário o desenvolvimento de modelos que descrevem o espectro GCR dos diversos tipos de partículas. Alguns dos modelos empíricos e semi-empíricos elaborados nos anos de 1996, 2006 e 2010 por Nymmik, Panasyuk entre outros estão disponíveis.

Este trabalho apresenta a distribuição de registros de raios cósmicos pela estação OTTO1 parte integrante da Brazilian Meteor Observation Network (BRAMON) ao longo do período de janeiro a dezembro de 2018. Esta distribuição de eventos está organizada de forma a se identificar o período de maior incidência de impactos diante da orientação da câmera de monitoramento considerando os diferentes pontos de observação ao longo do período.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os modelos de GCR corroboram para o aprimoramento de sistemas de proteção contra as partículas que os astronautas estão expostos. O modelo de BON estimou a dose efetiva equivalente para proteção de 20g/cm² para a situação de mínimo solar de 1976. Em que a carga dos íons GCR representada por Z maior que 2 cuja a energia está abaixo de 500 MeV/n (SLABA, 2014) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Energia dos GCR do mínimo solar de 1976.

MeV / n	< 250	250 ≤ 500	500 ≤ 1500	1500 ≤ 4000	> 4000	Total
Z = 1	1,2	5,4	18,2	18,4	14,8	58,1
Z = 2	1,2	2,2	4,1	2,9	1,7	12,2
Z = 3 - 10	0,0	3,3	3,8	1,3	0,8	9,1
Z = 11 - 20	0,0	0,2	6,6	2,0	1,1	10,0
Z = 21 - 28	0,0	0,0	4,7	3,8	2,1	10,6
Total	2,5	11,1	37,4	28,4	20,5	100

Fonte - SLABA 2014.

Neste cenário as incertezas foram mitigadas por estudos que tiveram como foco ampliar a eficiência do método, por meio de processos mais rigorosos de validação (SLABA, 2014; SLABA et al., 2014). Estes desenvolvimento tornaram possíveis por meio de simulações computacionais das efetivas doses equivalentes calculadas pelo modelo, cujo o foco é aplicações espaciais.

Os eventos que liberam partículas solares irradiam os SPEs que atingem o LEO proporcionando riscos por exposição a partículas que contém isótopos de elementos pesados como hélio. No entanto, as intensidades destes eventos são altamente variáveis entre MeV e GeV. Em decorrência deste fato foram desenvolvidos alguns modelos que buscam representar esta oscilação de maneira probabilística construídos por Xapsos em 1999, Feynman em 2002, Kim no ano de 2009 e 2017 (FEYNMAN, 2002; KIM, 2009; KIM, 2017; XAPSOS, 2000). Mesmo diante destas tentativas ainda há incertezas significativas com relação às estimativas principalmente no período inicial de tempestade solar, permanecendo então o desafio (LOVELACE et al., 2018).

A região LEO apresenta um ambiente composto de radiação onde elétrons e prótons estão relacionados no espectro GCR que é influenciado pela atuação do campo geomagnético. Os nêutrons em decaimento presentes na atmosfera irradiam prótons, elétrons e neutrinos cuja a energia cinética dos elétrons apresentaram uma média da ordem de KeV. Por outro lado, os prótons atingem MeV cujo o seu potencial de impacto alcança ambientes internos da ISS.

METODOLOGIA

A distribuição destes raios cósmicos que foram identificados por outros estudos presentes na literatura classificaram estas partículas como já mencionado acima. Deste modo as informações deste trabalho foram obtidas por meio da estação de monitoramento de meteoros OTTO1 instalada no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Astronomia da Universidade Estadual do Ceará. Esta estação iniciou suas atividades em 16 outubro de 2016. Neste período o céu de monitoramento foi estabelecido com as seguintes coordenadas 165° de azimute e 33° de elevação com FOV de 61°.

Entretanto, desde o início do monitoramento até janeiro de 2018, os dados de registros destes raios cósmicos foram descartados não havendo então dados suficientes que para estes estudo. Porém, a partir de janeiro de 2018 as informações de raios foram armazenadas pelo sistema, permitindo então uma análise da densidade de registro de raios captados pela estação OTTO1 entre o período de janeiro a dezembro de 2018.

Deste modo os dados foram quantificados por mês de acordo com os registros de modo que possibilitasse a comparação entre os meses a partir da orientação da estação regida pela região de pareamento com outras estações da rede de monitoramento de meteoros a qual a OTTO1 faz parte. Assim, após esta etapa descreve-se as regiões do céu observadas e suas respectivas coordenadas de apontamento. Dessa forma, os equipamentos utilizados pela estação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Componentes do Sistema de Registro de Meteoros.

Materiais	Figura
Câmera Modelo SDC-435	1A
Grade de Difração de 500 linhas	1B
Sistema de Comunicação: placa de captura EasyCap	1C

O sistema descrito na Tabela 2 é utilizado para o monitoramento de uma dada região do céu exclusivo para o registro de fenômenos luminosos denominados de meteoros. No entanto, este ainda realiza a captação de raios cósmicos como elemento secundário de seu funcionamento possibilitando então a construção de um banco de dados a Figura 1 ilustra os principais elementos utilizado pelo sistema de detecção dos eventos.

Figura 1 - Sistema de registro. A é a câmera, B grade de difração e C placa de captura.



Deste modo os dados foram quantificados por mês de acordo com os registro de modo que possibilitasse a comparação entre os meses a partir da orientação da estação regida pela região de pareamento com outras estações da rede de monitoramento de meteoros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de registro de raios cósmicos captado pela estação estão organizados por mês de acordo com o mínimo e o máximo de cada período do ano. Estando ainda presente as informações de magnitude detectada pela câmera além das dados de altitude virtual, ascensão reta, declinação e a quantidade de registro, todos isto é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Informações fornecidas pelo sistema de detecção de meteoros/raios cósmicos.

Mês	Magnitude		Altitude		Ascensão Reta		Declinação		Quantidade
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	
Janeiro	1,2	-2,9	41,5	12,1	270,9	70,1	-26,6	-56,1	8
Fevereiro	-0,1	-2,8	24,5	12,8	286,5	161,6	-32,2	-50,3	7
Março	0,7	-2,8	51,0	15,0	293,6	94,7	-36,5	-73,5	8
Abril	-0,1	-4,3	47,7	20,2	318,3	151,6	-33,6	-69,7	11
Mai	1,0	-3,6	44,5	29,5	335,6	211,2	29,1	-59,2	16
Junho	1,7	-2,6	48,3	23,1	340,7	194,0	19,4	-65,9	21
Julho	2,1	-1,4	41,8	18,4	357,9	8,2	-50,1	-70,5	54
Agosto	2,8	-2,4	46,9	12,9	359,4	1,8	-26,1	-79,5	75
Setembro	2,2	-1,7	28,9	13,5	358,0	1,7	-58,8	-76,9	111
Outubro	7,8	-1,6	29,0	12,4	358,4	1,4	-58,4	-81,2	107
Novembro	3,7	-2,9	29,0	13,6	358,4	3,1	-58,8	-79,8	73
Dezembro	2,0	-3,3	29,3	14,3	356,6	0,9	-56,9	-78,6	49

Observa-se que a magnitude máxima captada pelo sistema apresenta dentre os meses 83,3% estão abaixo de 3. Por outro lado, a quantidade mínima tem se mostrado em torno de -

3, representando então 75% da amostragem utilizada na ano de 2018 a qual está-se estudando.

Identifica-se ainda que os outros parâmetros descritos na tabela 3 apresentam os respectivos valores de concentração em relação a taxa de acontecimento registrada, em que são estas as altitudes virtuais estão aproximadamente equilibradas já que 50% está entre 40 e 50 km e 41,6% está no intervalo de 24,5 e 30 km. A ascensão reta apresenta intervalo de 270,9 a 359,4 de máximo contra 0,9 a 211,2 de mínimo, no entanto 33,3% está abaixo de 2.

Os valores de declinação captadas pelo sistema demonstram uma concentração 41,6% de ocorrência entre -50 e -60 com relação ao máximo. Por outro lado, tem-se que o mínimo descreve-se uma porcentagem de 50% está no intervalo de -70 a -80. Em relação a quantidade de registro observa-se um comportamento ascendente entre janeiro a setembro mês em que ocorreu o ápice de captação e em seguida um decréscimo até dezembro em que atingiu-se 49 registros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, nota-se a ligeira tendência de que para o céu observado nas configurações utilizadas que em torno de 80% das magnitudes observados encontram-se em torno de -3 e 75% do mínimo em 3. Enquanto 50 das altitudes estão no intervalo de 40 a 50 km. Onde 100% das ascensões retas estão no intervalo de 90°, ou seja, no quadrante 4 do círculo.

Nota-se ainda que o intervalo de declinação é de 20° para o mínimo e para o máximo também são 20° no sentido negativo ou anti-horário. Sendo ainda importante destacar que os meses de setembro e outubro apresentam maior número de registros de raios cósmicos no período estudado. Deste modo, são necessários novos estudos em períodos posteriores para verificar se está tendência observada no ano de 2018 se consolida. Havendo então a possibilidade de realizar outras diferentes análises referentes a este tipo de evento tão presente no ambiente espacial e terrestre além dos outros corpos celestes presentes no universo e seus efeitos sobre organismos vivos ou em superfície.

REFERÊNCIAS

FEYNMAN, Joan; RUZMAIKIN, Alexander; BERDICHEVSKY, Victor. The JPL proton fluence model: an update. **Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics**, v. 64, n. 16, p. 1679-1686, 2002.

KIM, Myung-Hee Y. et al. Using spectral shape and predictor fluence to evaluate temporal dependence of exposures from solar particle events. **Space Weather**, v. 15, n. 2, p. 374-391, 2017.

KIM, Myung-Hee Y. et al. Prediction of frequency and exposure level of solar particle events. **Health physics**, v. 97, n. 1, p. 68-81, 2009.

LOVELACE, Alan Mitchel et al. Solar particle event dose forecasting using regression techniques. **Space Weather**, v. 16, n. 8, p. 1073-1085, 2018.

SIMPSON, J. A. Elemental and isotopic composition of the galactic cosmic rays. **Annual Review of Nuclear and Particle Science**, v. 33, n. 1, p. 323-382, 1983.

SLABA, Tony C.; BLATTNIG, Steve R. GCR environmental models I: Sensitivity analysis for GCR environments. **Space Weather**, v. 12, n. 4, p. 217-224, 2014.

SLABA, Tony C.; BLATTNIG, Steve R. GCR environmental models II: Uncertainty propagation methods for GCR environments. **Space Weather**, v. 12, n. 4, p. 225-232, 2014.

SLABA, Tony C. et al. GCR environmental models III: GCR model validation and propagated uncertainties in effective dose. **Space Weather**, v. 12, n. 4, p. 233-245, 2014.

XAPSOS, M. A. et al. Probability model for cumulative solar proton event fluences. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 47, n. 3, p. 486-490, 2000.