

Avaliação da distribuição de dose de radiação cósmica em tripulantes aeronáuticos

Santana, G.G.¹, Frigi, F.L.¹, Lapa, J.¹, Souza, G.G.¹, Carmo, T.A.¹, Federico, C.² e Pazianotto, M.T.¹
1 - Instituto Tecnológico Aeronáutico (ITA) 2- Instituto de Estudos Avançados (IEAv)

Resumo — A radiação cósmica é um campo complexo de partículas de alta energia que interage com a atmosfera terrestre, gerando partículas secundárias que podem penetrar o corpo humano e atingir órgãos diretamente. Presente os voos, especialmente em altitudes elevadas, os tripulantes estão expostos a níveis elevados de radiação cósmica. Esta exposição cumulativa pode aumentar o risco de problemas de saúde a longo prazo. A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) desenvolve diretrizes e recomendações para proteger pessoas e o meio ambiente, propondo limites de dose e medidas de proteção adotadas internacionalmente. Este trabalho visa minimizar riscos e entender melhor a interação da radiação com o material biológico, focando no transporte de radiação para os órgãos mais radiosensíveis do corpo humano. Ao analisar como a exposição contínua pode impactar a saúde, buscamos compreender esses mecanismos para desenvolver estratégias de proteção e mitigação de riscos.

I. INTRODUÇÃO

A exposição à radiação tem se tornado uma preocupação crescente em diversas áreas, especialmente para profissionais que operam em ambientes de alto risco. No contexto aeronáutico, a radiação cósmica é um campo complexo de partículas de alta energia que interage com a atmosfera terrestre. Durante essa interação, a radiação primária gera uma cascata de partículas secundárias, que são menos energéticas, mas ainda podem penetrar o corpo humano e atingir diretamente os órgãos.[1,2]

Os tripulantes de aeronáuticos são expostos a níveis elevados de radiação cósmica durante os voos, especialmente em altitudes elevadas, onde a proteção atmosférica é reduzida. Esta exposição cumulativa pode aumentar o risco de apresentar problemas como câncer, problemas cardiovasculares e outras condições de saúde a longo prazo. [3,5]

A ICRP desenvolve diretrizes e recomendações para proteção de pessoas e o meio ambiente. Suas publicações fornecem bases científicas e práticas para minimizar a exposição à radiação, propondo limites de dose e medidas de proteção adotadas por organizações internacionais. [4]

Para minimizar riscos e entender melhor a interação da radiação com material biológico, este trabalho prioriza no transporte de radiação para os órgãos mais radiosensíveis do corpo, analisando como a exposição contínua pode impactar a saúde. Compreender esses mecanismos é crucial para desenvolver estratégias de proteção e mitigação de riscos.

II. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é utilizar um fantoma antropomórfico real, correlacionando a dose medida em campos de radiação convencionais, e extrapolar computacionalmente a distribuição de dose para os campos aeroespaciais aos quais os tripulantes estão sujeitos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

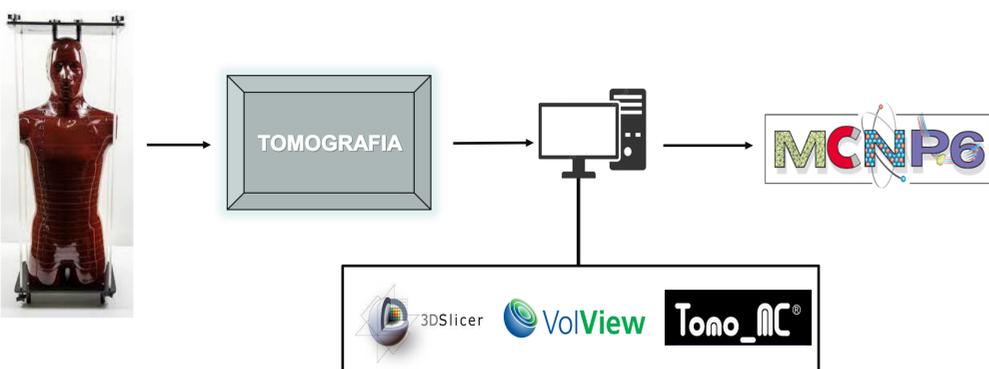


Figura 1 – Esquema simplificado dos materiais e softwares que foram utilizados para obtenção dos dados em MCNP.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aquisição de imagens de tomografia computadorizada, vem em formato DICOM permitindo estudar com precisão estruturas biológicas. As imagens DICOM variam de 8 bits a 16 bits por pixel, para representar a intensidade dos pixels em escala de cinza. Com auxílio do software 3DSlicer, o tratamento da imagem inclui etapas como filtragem de ruídos, ajuste de contraste e segmentação de regiões de interesse. A imagem do fantoma é seccionada em camadas de 5mm, permitindo uma análise detalhada e precisa.

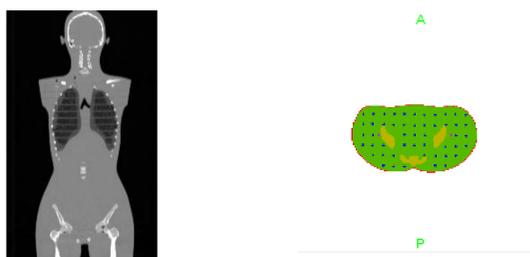


Figura 2 – Imagem da tomografia computadorizada do fantoma antropomórfico a esquerda. Imagem tratada de uma camada do fantoma com visão vertical a direita.

Após tratamento das imagens, são convertidas em BMP (Bitmap), com auxílio do software, que por sua vez é um formato de imagem que armazena dados de pixel de forma não comprimida, preservando todos os detalhes da imagem, onde cada pixel na imagem BMP é representado por bits que definem sua cor, e o formato pode suportar profundidades de cores variadas.

Depois que as imagens estão em formato BMP, elas são processadas por um software chamado "tomo_mc", que converte essas imagens em uma representação geométrica adequada para o MCNP (Monte Carlo N-Particle), permitindo a simulação precisa do transporte de partículas com base na geometria derivada das imagens originais.

```
1 INPUT FILE TO MCNP CREATED BY TOMO_MC 3, William Souza, 30/04/2024 09:57:43
2 c complex lattice
3 0000 0 -401 302 -402 304 -405 306 4111-999 imp1=1 imp1=1
4 888 0 -301 302 -303 304 -305 306 411-999 imp1=1 imp1=1
5
6 7111-01111 01111 01111
7 255 1010000 05 34 255 130e 05 255 341e 05 44e 255 120e 05
8 22 255 230e 05 2 90 39e 05 4e 255 111e 05 4e 90 20e 05
9 4e 255 111e 05 4e 90 44e 05 1e 255 107e 05 3e 90 31e 05
10 4e 255 307e 05 4e 90 49e 05 1e 255 103e 05 3e 90 39e 05
11 3e 255 302e 05 4e 90 51e 05 1e 255 98e 05 3e 90 49e 05 4e 255
12 294e 05 4e 90 55e 05 2e 255 93e 05 3e 90 49e 05 3e 255 291e 05
13 4e 90 50e 05 2e 255 89e 05 3e 90 56e 05 2e 255 290e 05 3e 90
14 41e 05 1e 255 84e 05 2e 90 50e 05 255 289e 05 3e 90 45e 05
15 2e 255 81e 05 2e 90 45e 05 255 287e 05 3e 90 40e 05 2e 255
16 78e 05 2e 90 45e 05 2e 255 283e 05 2e 90 72e 05 1e 255 76e 05
17 1e 90 40e 05 1e 255 281e 05 2e 90 74e 05 1e 255 77e 05 2e 90
18 71e 05 1e 255 279e 05 3e 90 76e 05 1e 255 71e 05 1e 90 74e 05
19 2e 255 279e 05 3e 90 78e 05 1e 255 69e 05 1e 90 77e 05 1e 255
20 274e 05 3e 90 80e 05 1e 255 67e 05 1e 90 78e 05 1e 255 271e 05
21 3e 90 81e 05 2e 255 64e 05 1e 90 81e 05 1e 255 269e 05 2e 90
22 84e 05 255 62e 05 1e 90 83e 05 1e 255 268e 05 1e 90 87e 05
23 2e 255 60e 05 1e 90 85e 05 255 267e 05 2e 90 88e 05 2e 255
24 25e 05 1e 90 87e 05 255 266e 05 2e 90 90e 05 2e 255 26e 05
25 2e 90 87e 05 1e 255 263e 05 2e 90 91e 05 2e 255 56e 05 1e 90
26 05e 05 1e 255 261e 05 2e 90 93e 05 2e 255 94e 05 1e 90 91e 05
27 255 261e 05 2e 90 94e 05 2e 255 52e 05 1e 90 92e 05 1e 255
28 259e 05 2e 90 94e 05 1e 255 51e 05 1e 90 94e 05 255 259e 05
29 2e 90 97e 05 1e 255 49e 05 1e 90 95e 05 1e 255 258e 05 1e 90
```

Figura 3 – Geometria do fantoma antropomórfico em código MCNP

Com a geometria descrita, selecionamos as fontes e os detectores de interesse e iniciamos a simulação no MCNP para a obtenção de dados, permitindo uma análise detalhada do comportamento das partículas dentro da configuração de campo e geométrica especificada. Esses dados nos permitem extrapolar computacionalmente a distribuição de dose para campos aeroespaciais, relevantes para tripulantes expostos à radiação cósmica em altitudes elevadas.



Figura 4 – Esquema de correlação entre o fantoma antropomórfico e campo de radiação convencional

III. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, permitirão uma compreensão aprofundada do transporte de radiação nos órgãos mais radiosensíveis, revelando informações essenciais sobre a distribuição e os efeitos da radiação no corpo. Compreender os padrões de distribuição é uma das etapas para o desenvolvimento de estratégias eficazes de proteção e mitigação de riscos, especialmente para profissionais que operam em ambientes de alto risco, como os tripulantes aeronáuticos expostos à radiação cósmica.

REFERÊNCIAS

- FEDERICO, C. A. Dosimetria da radiação cósmica no interior de aeronaves no espaço aéreo. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/026/46026990.pdf. Acesso em: 07 jul. 2024.
- BJRS. Avaliação da exposição do público e da tripulação de bordo em voos comerciais.5. Disponível em: https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/user/setLocale/pt_BR?source=%2Frevista%2Findex.php%2FREVISTA%2Farticle%2Fview%2F1105. Acesso em: 07 jul. 2024.
- A. C. M. Prado *et al.*, "Simulation of Cosmic Radiation Transport Inside Aircraft for Safety Applications," in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 56, no. 5, pp. 3462-3475, Oct. 2020, doi: 10.1109/TAES.2020.2985304.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). Oxford: Pergamon Press, 2007. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANI.B_37_2-4. Acesso em: 07 jul. 2024.
- Silva, F. S. Estudo do transporte e interação da radiação. Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Estadual de Santa Cruz. Disponível em: <https://ppgmc.uesc.br/storage/dissertacoes/201710285.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2024..