



VERIFICAÇÃO DA DOSE ABSORVIDA EM MALETAS DE SANGUE E HEMOCOMPONENTES POR MEIO DE FILME RADIOCRÔMICO

Maria R. P. S. Barros¹, Kainah A. Leopoldino¹, Isabella L. Ferreira¹, Lorena S. Fonseca², Chrysler R. S. Cazassa¹, Amir Z. Mesquita², Thêssa C. Alonso², Daniel S. Calheiro^{1,2}

¹ Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Av. Prof. Alfredo Balena, 190, 30130-100, Belo Horizonte, MG, Brasil

² Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Campus da Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - S/N, 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte - MG, Brasil
mrpsbarros@gmail.com

Palavras-Chave: filmes radiocrômicos, hemocomponentes, irradiação, sangue.

RESUMO

A dosimetria de hemocomponentes é uma prática essencial para garantir a segurança e eficácia das irradiações em produtos sanguíneos, sendo fundamental para medir e mapear as doses de radiação absorvidas. Este estudo aborda a aplicação de procedimentos dosimétricos utilizando filmes radiocrômicos, conforme a Norma ISO/ASTM 51939:2017, com o objetivo de assegurar a conformidade das doses absorvidas com os padrões estabelecidos. A metodologia inclui a obtenção de curvas de calibração, mapeamento dos recipientes de armazenamento e determinação da dose ideal para as irradiações, utilizando filmes radiocrômicos como dosímetros, previamente calibrados com uma margem de incerteza de $\pm 10\%$, tendo como base os padrões do Laboratório de Irradiação Gama (LIG/CDTN). Os resultados demonstram conformidade com as normas ISO/ASTM e os regulamentos da ANVISA, validando a eficácia do programa de garantia de qualidade, com uma distribuição uniforme das doses absorvidas nos recipientes analisados. Por fim, este estudo demonstrou a eficácia dos procedimentos dosimétricos adotados, conforme as normas internacionais e regulamentos locais, fornecendo uma base sólida para a melhoria contínua dos processos de irradiação de sangue e hemocomponentes. Isso assegura a qualidade dos produtos irradiados, garantindo que os pacientes recebam tratamentos seguros e eficazes.

1. INTRODUÇÃO

Os detectores de radiação, ou dosímetros, podem ser classificados em categorias como sólidos, incluindo filmes radiocrômicos, detectores termoluminescentes e semicondutores, ou líquidos, como no caso dos dosímetros *Fricke* e de alanina [1,2]. Em processos de irradiação, a dosimetria é um controle essencial para estabelecer e verificar os parâmetros relacionados à radiação ionizante. A dosimetria fornece valores quantitativos das alterações induzidas pela radiação, assegurando que o processo de irradiação esteja em conformidade com as especificações normativas e que os resultados obtidos em laboratório sejam reprodutíveis em diferentes ambientes laboratoriais ou em instalações de irradiação em escala industrial [1].

A técnica de dosimetria das radiações é de fundamental importância na irradiação de sangue e hemocomponentes, pois assegura que as doses de radiação aplicadas estejam rigorosamente dentro dos parâmetros estabelecidos para garantir tanto a eficácia quanto a segurança do processo [3]. A dosimetria permite a quantificação precisa da dose absorvida pelos hemocomponentes, garantindo que esta seja adequada para inativar os linfócitos T, prevenindo, assim, complicações como a Doença do Enxerto Contra o Hospedeiro associada à transfusão (TA-GVHD), sem comprometer a integridade dos demais componentes sanguíneos [3,4]. Ainda, a aplicação da técnica de dosimetria proporciona um controle de qualidade metuculoso e rastreabilidade dos procedimentos, em conformidade com normas internacionais [2] e nacionais



[5], assegurando que o processo de irradiação seja conduzido de forma consistente e segura, garantindo a proteção dos pacientes.

O filme radiocrômico tipo EBT3 é classificado com dosímetro de rotina empregado no processo de irradiação de sangue e hemocomponentes [2]. Este filme é projetado com uma camada de polímero que sofre uma mudança de cor em resposta à radiação ionizante, permitindo uma avaliação precisa do valor da dose absorvida. O grau de mudança de cor é analisado quantitativamente por meio de imagens de alta resolução e processamento digital, permitindo o mapeamento detalhado da distribuição da dose absorvida [6]. Sua estabilidade, precisão e alta resolução espacial tornam o EBT3 uma ferramenta inestimável para garantir a conformidade com os padrões regulatórios e para realizar avaliações rigorosas em ambientes laboratoriais e clínicos [6].

O objetivo deste trabalho é desenvolver e refinar técnicas dosimétricas para a medição precisa de doses de radiação na irradiação de sangue e hemocomponentes, usando dosímetros do tipo filme radiocrômico de acordo com os padrões ISO/ASTM 51939:2017. Este estudo visa estabelecer curvas de calibração precisas para os filmes radiocrômicos, mapear a distribuição de dose absorvida no recipiente de armazenamento de sangue e hemocomponentes. Por meio de avaliação meticulosa e otimização de práticas dosimétricas, esta pesquisa pretende fornecer uma estrutura robusta para manter altos padrões de garantia de qualidade em procedimentos de irradiação sanguínea do LIG/CDTN.

2. METODOLOGIA

SISTEMA DE DOSIMETRIA E CALIBRAÇÃO

O sistema de dosimetria deste estudo baseia-se em dosímetros classificados como filme radiocrômico do tipo EBT3. O filme radiocrômico foi calibrado para diferentes valores de dose absorvida de 3Gy, 5 Gy, 10 Gy, 15 Gy, 17Gy, 19Gy, 20 Gy, 25 Gy, 30 Gy e 35 Gy, Na Fig. 1 são apresentadas as calibrações. A incerteza adotada para a dosimetria foi de $\pm 10\%$ do valor de dose absorvida mensurado. A calibração foi realizada seguindo a ISO/ASTM 51939:2017. A escolha para os valores de calibração está relacionada com o intervalo de dose absorvida que as Normas estipulam para a irradiação de sangue e hemocomponentes que é de 15 a 50 Gy. A ANVISA determina um valor fixo de 25 Gy para a irradiação de componentes sanguíneos. Todos os equipamentos utilizados são rastreáveis a padrões reconhecidos, e a calibração foi realizada para cada lote de dosímetro no irradiador de sangue.

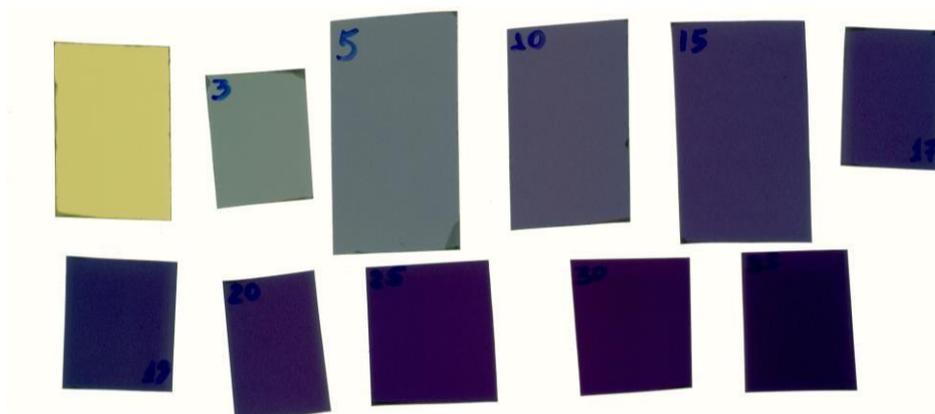


Fig.1 – Calibrações dos filmes radiocrômicos do tipo EBT3.



IRRADIAÇÃO DE HEMOCOMPONENTES

As irradiações ocorreram no irradiador Panorâmico Multipropósito de Categoria II, modelo/número de série IR-214, fabricado pela MDS Nordion, que possui uma fonte de Cobalto-60 com uma atividade máxima de 60.000 Ci conforme ilustrado na Fig. 2.



Fig. 2 – Fonte de Cobalto-60 instalada no LIG/CDTN.

Antigamente no LIG/CDTN eram utilizados cinco tipos de maletas para armazenar sangue e hemocomponentes, porém foi padronizado pela empresa apenas um tipo de maleta. Desse modo, os filmes radiocrômicos foram posicionados tanto dentro quanto fora da maleta para analisar a distribuição da dose absorvida (Fig. 3). A leitura dos filmes foi realizada com um scanner de luz transmitida (HP ScanJet G4050), e os dados foram analisados utilizando os softwares ImageJ e OriginLab 2022b, permitindo a geração de curvas de calibração e análises quantitativas detalhadas.



Fig. 3 – Maleta utilizada atualmente para a irradiação de bolsas de sangue e hemocomponentes.

Após a medição da distribuição de dose absorvida com a maleta vazia, foram conduzidos ensaios adicionais com a maleta preenchida. Para simular as bolsas de sangue, foram utilizadas luvas cirúrgicas de laboratório, as quais foram preenchidas com aproximadamente 200 ml de água, visando replicar as bolsas contendo sangue e dos hemocomponentes.



LEITURA E ANÁLISE DOS FILMES RADIOCRÔMICOS

A leitura dos filmes radiocrômicos foi realizada utilizando um scanner de luz transmitida (HP ScanJet G4050). Os dados foram analisados através de dois softwares: ImageJ e OriginLab 2022b. No ImageJ, a imagem escaneada foi separada em canais de cores, e o canal azul (*Blue*) foi selecionado devido à sua adequação para a leitura dos resultados. Com o OriginLab, foi gerada a curva de calibração e realizada a análise quantitativa dos valores de dose absorvida dos filmes radiocrômicos.

Através desses procedimentos, foi possível mapear a distribuição da dose absorvida dentro e fora da maleta, assegurando que os hemocomponentes não receberam a dose mínima de 15 Gy e que nenhuma parte ultrapassasse a dose máxima de 50 Gy, conforme especificado na legislação vigente.

3. RESULTADOS

Antes de expor as maletas contendo sangue e hemocomponentes, foi realizada a medida da maleta vazia para verificar a distribuição de dose absorvida dentro e fora. O resultado apresentado por meio do gráfico presente na Fig. 4 mostra que há uma variação no valor de dose absorvida na maleta.

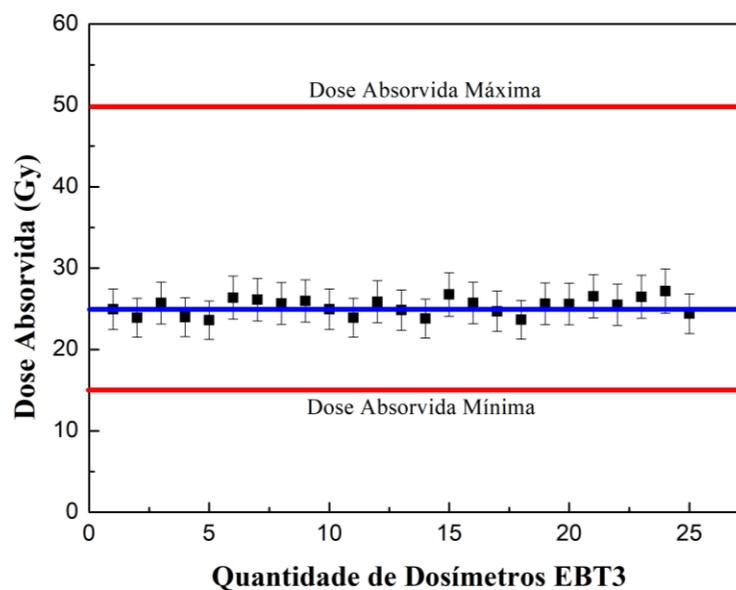


Fig. 4 – Quantificação da distribuição de dose absorvida na maleta.

Os resultados obtidos indicam que a dose absorvida para a maleta vazia está em conformidade com as normas nacionais e internacionais aplicáveis à irradiação de sangue e hemocomponentes [2,5]. Em nenhum momento, a dose absorvida apresentou valores inferiores a 15 Gy ou superiores a 50 Gy, assegurando que os requisitos regulamentares foram plenamente atendidos.

Para avaliar a distribuição de dose absorvida nas maletas preenchidas com materiais simulando as bolsas de sangue e hemocomponentes, foram realizadas 10 irradiações. Os resultados obtidos são apresentados na Tab. 1, expressos pelo valor médio da dose absorvida, medido por 20 filmes radiocrômicos para cada irradiação. Esses filmes foram distribuídos fora da maleta, conforme ilustrado na Fig. 3.



Mês	Quantidade de Dosímetros	Quantidade de Bolsas	Média da Dose Absorvida (Gy)
1° Medida	20	32	22,12
2° Medida	20	32	22,29
3° Medida	20	32	21,01
4° Medida	20	32	22,89
5° Medida	20	32	21,97
6° Medida	20	32	21,09
7° Medida	20	32	22,28
8° Medida	20	32	22,66
9° Medida	20	32	21,07
10° Medida	20	32	21,92

Tab. 1 – Levantamento dos valores médios da dose absorvida na maleta.

A dose absorvida aplicada às bolsas de sangue e hemocomponentes deve ser de 25 Gy, conforme estabelecido pela Norma da ANVISA [5]. No entanto, os valores medidos apresentaram, em média, uma ligeira redução em relação a esse valor. Um possível motivo para essa discrepância pode ser o efeito de blindagem proporcionado pelos materiais presentes. É importante destacar que, em nenhum momento, a dose absorvida ficou abaixo de 15 Gy ou acima de 50 Gy, mesmo ao se considerar a incerteza de $\pm 10\%$ na medição da dose absorvida. Adicionalmente, serão realizadas mais medições, variando a quantidade de bolsas de sangue e hemocomponentes, com o objetivo de verificar e estabelecer uma padronização precisa.

4. CONCLUSÃO

Em conclusão, a análise dos dados obtidos revela que a variação na dose absorvida na maleta de sangue e hemocomponentes está em conformidade com as normas regulamentares. Os resultados indicam que a dose absorvida na maleta vazia está dentro dos limites estabelecidos, com valores consistentemente acima de 15 Gy e abaixo de 50 Gy, conforme exigido para a irradiação de sangue e hemocomponentes pela ISO/ASTM 51939:2017 e as determinações da ANVISA. A metodologia de verificação aplicada no LIG/CDTN demonstrou a eficácia do controle de qualidade, com um total de 10 levantamentos realizados.

As simulações realizadas com água, devido à sua densidade semelhante à do sangue, confirmaram a adequação da dose de 25 Gy aplicada, apesar de uma leve redução no valor médio da distribuição de dose absorvida, possivelmente causada pelos efeitos de blindagem das bolsas de sangue e hemocomponentes. Nos próximos passos, será realizada a padronização da quantidade de bolsas e hemocomponentes nas maletas, visando aproximar o valor médio da dose absorvida dos 25 Gy. No entanto, mesmo com essa ligeira variação e considerando uma incerteza de $\pm 10\%$ nas medidas, a dose absorvida nunca foi inferior a 15 Gy ou superior a 50 Gy.

Esses resultados corroboram a eficácia da metodologia de irradiação utilizada, assegurando a conformidade com os padrões de qualidade e segurança estabelecidos para a irradiação de hemocomponentes.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VANHAVERE, Filip et al. An overview on extremity dosimetry in medical applications. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 129, n. 1-3, p. 350-355, 2008.
- [2] ISO/ASTM 51939:2017. International Organization for Standardization - Standard Practice for Blood Irradiation Dosimetry. 2017.
- [3] CALHEIRO, D. S.; MEIRA-BELO, L. C.; ALONSO, T. C. Mapping absorbed dose distribution in containers of blood and blood components using radiochromic dosimeters irradiated in an industrial irradiator. **Radiation Physics and Chemistry**, p. 111797, 2024.
- [4] MOROFF, Gary; LUBAN, N. L. C. The irradiation of blood and blood components to prevent graft-versus-host disease: technical issues and guidelines. **Transfusion Medicine Reviews**, v. 11, n. 1, p. 15-26, 1997.
- [5] Brasil. (2022). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Manual para o Sistema Nacional de Hemovigilância no Brasil. Revisão do Marco Conceitual e Operacional da Hemovigilância: guia para a hemovigilância no Brasil. Brasília.
- [6] BORCA, Valeria Casanova et al. Dosimetric characterization and use of GAFCHROMIC EBT3 film for IMRT dose verification. **Journal of applied clinical medical physics**, v. 14, n. 2, p. 158-171, 2013.