

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE FÍSICA – INFIS  
GRADUAÇÃO EM FÍSICA MÉDICA

CAIO JOSÉ GOMES GUSTAVO

**PROJETO DE IRRADIAÇÃO DE HEMOCOMPONENTES POR ACELERADOR  
LINEAR NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
UBERLÂNDIA (HC UFU / EBSERH)**

UBERLÂNDIA

2024

CAIO JOSÉ GOMES GUSTAVO

**PROJETO DE IRRADIAÇÃO DE HEMOCOMPONENTES POR ACELERADOR  
LINEAR NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
UBERLÂNDIA (HC UFU / EBSERH)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel em Física  
Médica

Orientador: Prof. Dr. Antônio Ariza Gonçalves Júnior

UBERLÂNDIA

2024

CAIO JOSÉ GOMES GUSTAVO

PROJETO DE IRRADIAÇÃO DE HEMOCOMPONENTES POR ACELERADOR LINEAR  
NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (HC  
UFU / EBSERH)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Uberlândia, 30 de Abril de 2024.

Banca Examinadora:

---

Prof. Antônio Ariza Gonçalves Júnior  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. José Roberto Tozoni  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Diego Merigue da Cunha  
Universidade Federal de Uberlândia

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ângela e José, e meu irmão, Victor, por sempre me apoiarem e me motivarem para que eu chegasse até aqui. Vocês são o maior presente e exemplo que tenho na minha vida, serei eternamente grato a tudo que moveram por mim.

Ao meu orientador, Prof. Me. Antônio Ariza Gonçalves Júnior por toda atenção, compartilhamento de conhecimentos, conselhos e apoio nesse processo final de estágio e trabalho de conclusão de curso.

A médica Dra. Patrícia Oliveira da Cunha Terra, pelo apoio e dedicação ao projeto.

Ao Dosimetrista Victor Ribeiro, pelo tempo e conselhos dedicados a esse trabalho.

A Profa. Dra. Ana Paula Perini, por me ajudar em todo caminho da graduação, bem como ao Prof. Dr. Lucio Pereira Neves.

Aos meus familiares e amigos que se tornaram família, Andrea, Ana, Viviana e Lirith.

A minha companheira de apartamento e de vida, Hemi, que sempre esteve comigo nos melhores e piores dias dessa jornada.

Aos amigos que o curso me presenteou, Ágatha, Dimitra, Ane, Toledo, Colombo e Noronha, por sempre me ajudar.

Aos amigos que a Atlética Exatas UFU me concedeu, Weliton, Eli, Levy, Sameny, Zazá, Guzin, Fabi, Andressa e Paulo.

Aos amigos de infância que também estiveram comigo e me incentivaram a não desistir, Dani, Danilo, Natália e Isa.

A minhas amigas, Elis e Montezzo.

Gratidão por tudo.

**Dedico este trabalho à minha família e amigos que me acompanharam até aqui.  
Dedico este trabalho, também, aos meus queridos avós, Dalva e Irineu (*in memoriam*).**

**“One day, you'll leave this world behind**

**So live a life you will remember”**

**“AVICCI”**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Indicador RAD CONTROL © antes (A) e depois (B) da irradiação. ....	17
<b>Figura 2.</b> Posicionamento das primeiras bolsas de sangue e do indicador. ....	18
<b>Figura 3.</b> Caixa acrílica contendo todas as bolsas a serem irradiadas. ....	18
<b>Figura 4.</b> Caixa acrílica com tampa para procedimento de irradiação.....	19
<b>Figura 5.</b> Caixa de hemocomponentes com distância de 95cm da fonte de irradiação. ....	20
<b>Figura 6.</b> Visão do Gantry a 180° com as lâminas abertas. ....	21
<b>Figura 7.</b> Relação das especificações utilizadas no software do acelerador linear.....	21
<b>Figura 8.</b> Gantry a 0° (A) emitindo 1000UM (A).....	22
<b>Figura 9.</b> Gantry a 0° (A) emitindo 222 UM (B). ....	22
<b>Figura 10.</b> Gantry a 180° (A) emitindo 1000 UM (B). ....	23
<b>Figura 11.</b> Gantry a 180° (A) emitindo 222 UM (B). ....	23
<b>Figura 12.</b> Visão do momento da irradiação através do monitor externo. ....	24
<b>Figura 13.</b> Comparação entre indicador não irradiado e indicador retirado das bolsas submetidas ao protocolo. ....	24
<b>Figura 14.</b> Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 07/06 a 30/06/2023.....	25
<b>Figura 15.</b> Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 04/07 a 28/07/2023.....	25
<b>Figura 16.</b> Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 01/08 a 29/08/2023.....	25

## RESUMO

Com a implementação de transplante de medula autogênico no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, a necessidade de hemoderivados para a complementação destes tratamentos aumentou consideravelmente. Inicialmente, estes hemoderivados eram fornecidos pelo Hemocentro de Belo Horizonte e, como mandam as normas, os mesmos já vinham irradiados. Pela distância entre Uberlândia e a capital do estado, e pelas dificuldades logísticas do processo, dependendo, inclusive de transporte aéreo, começou-se a levar este material para ser irradiado na faculdade de Medicina de Uberaba, agilizando a chegada do material em Uberlândia. Com o aumento significativo da demanda destes componentes irradiados, começou a haver uma grande dificuldade em ajustar a logística necessária para atender esta demanda crescente; a continuidade de se levar este material para Uberaba com retorno programado, estava impactando consideravelmente a eficiência dos tratamentos, que exigem tempo ideal para o seu uso. Sendo assim, em acordo firmado entre o Hemocentro de Uberlândia e o setor de radioterapia do Hospital do Câncer, resolveu-se começar a irradiação destes hemoderivados no próprio município. Esta pesquisa tem o objetivo de mostrar a implantação da irradiação dos hemoderivados na Universidade Federal de Uberlândia e se apresentou resultados satisfatórios.

**Palavras-chave:** Hemoderivados. Doença Enxerto Contra Hospedeiro Associada À Transfusão. Aceleração de Partículas.

## **ABSTRACT**

With the implementation of autologous bone marrow transplantation at the Clinical Hospital of the Federal University of Uberlândia, the need for blood derivatives to complement these treatments increased significantly. Initially, these blood derivatives were provided by the Blood Center of Belo Horizonte, and, as regulations dictate, they were already irradiated. Due to the distance between Uberlândia and the state capital, and the logistical difficulties of the process, which sometimes required air transportation, it became necessary to transport this material to be irradiated at the Medical School of Uberaba, expediting its arrival in Uberlândia. With the significant increase in demand for these irradiated components, there began to be a great difficulty in adjusting the necessary logistics to meet this growing demand. Continuously transporting this material to Uberaba with scheduled return was significantly impacting the efficiency of the treatments, which require an ideal time for their use. Therefore, an agreement was reached between the Uberlândia Blood Center and the radiotherapy department of the Cancer Hospital to begin irradiating these blood derivatives in the municipality itself. This research aims to show the implementation of blood derivative irradiation at the Federal University of Uberlândia and has presented satisfactory results.

**Keywords:** Blood derivatives. Transfusion-Associated Graft-Versus-Host Disease. Particle Acceleration.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	12
<b>3. OBJETIVOS:</b> .....	13
<b>3.1. Objetivo Geral</b> .....	13
<b>3.2. Objetivos Específicos</b> .....	13
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>5.1. Materiais</b> .....	16
<b>5.2. Informações Gerais</b> .....	16
<b>5.3. Protocolo de irradiação</b> .....	18
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

Com sua inauguração no ano 2000, através da ONG filantrópica intitulada Grupo Luta Pela Vida (GLPV), o Hospital do Câncer de Uberlândia (HCU) é referência em terapias oncológicas no interior de Minas Gerais, oferecendo a seus pacientes tratamentos humanizados e assistência médica de qualidade. Atualmente administrado oficialmente pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) que pertence ao MEC, com o apoio do GLPV, o hospital oferece tratamentos como: oncologia clínica, radioterapia, quimioterapia, oncopediatria, hematologia, internação e cuidados paliativos, além de possuir um Tomógrafo dedicado principalmente para a radioterapia, utilizado na geração de imagens para os planejamentos radioterápicos adquirido por ações do Grupo Luta Pela Vida.

Dentro de um Hospital de Clínicas, existe uma heterogeneidade de casos e em sua grande parte, esses procedimentos médicos necessitam de transfusões sanguíneas, seja do tipo alogênica, que usa o sangue doado por outras pessoas, ou por transfusão autóloga, que usa o sangue da própria pessoa. A técnica de transfusão do sangue e dos hemocomponentes tem grande importância clínica em diferentes áreas. Quando estabelecida de maneira adequada, melhora a saúde e a qualidade de vida dos pacientes tratados. Entretanto, assim como vários outros tipos de intervenção terapêutica, é importante ressaltar que há o risco inerente de complicações, sejam imediatas ou posteriores, como a transmissão de doenças infectocontagiosas (Brasil, 2023).

Para prevenções dessas doenças infecciosas, são utilizados métodos especiais para clarificar o sangue, como a irradiação de hemocomponentes. Uma das principais doenças a serem prevenidas é a doença do enxerto versus hospedeiro associada à transfusão (DECH-AT), cuja apresentação clínica inclui sintomas como hipoplasia da medula óssea, diarreia e alterações de enzimas hepáticas, em que apresenta taxa de mortalidade de aproximadamente 90% (Foukaneli *et al.*; 2020; Kopolovic *et al.*, 2015).

A irradiação de hemocomponentes por acelerador linear já foi realizada em outros centros em diversos países ao redor do mundo e provou-se ser segura e viável (Pinnarò *et al.*, 2011; Shastry *et al.*, 2013). No Brasil, por sua vez, algumas cidades já dispõem da tecnologia para realizar esse procedimento, como é o caso das cidades mineiras de Uberaba e Belo Horizonte. As bolsas de sangue coletadas em Uberlândia, também em Minas Gerais, eram destinadas a estas duas cidades para passar pela irradiação. Porém, o prazo de validade dos hemocomponentes irradiados é bastante limitado; as hemácias, por exemplo, são viáveis por 35 dias, ao passo que o concentrado de plaquetas dura apenas 5 dias, enquanto o plasma fresco

congelado corretamente armazenado pode durar entre 12 e 24 meses (Hemocentro Rio Preto, 2023). A distância desses centros irradiadores de bolsas em relação aos locais que necessitam desse produto final, somados com os protocolos de biossegurança aos quais as bolsas são submetidas antes da irradiação, encurtam o tempo útil da utilização desse item. As plaquetas são os componentes mais prejudicados, uma vez que sua liberação é condicionada ao resultado dos exames microbiológico e sorológico do doador, quando estão com dois dias após a coleta, o que limita muito o tempo disponível para envio, retorno e disponibilização deste hemocomponente.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Tendo em vista a alta complexidade do serviço de atendimento de pacientes oncológicos e a disponibilidade de recursos internos já liberados no Setor de Radioterapia do HC-UFU/EBSERH, o presente trabalho visa contribuir com a implantação da irradiação de hemocomponentes, avaliando a eficácia da mesma, com o intuito de diminuir os problemas de logística, reduzindo o tempo para realização do processo e assim, desagregando a dependência da disponibilidade de outros centros (Belo Horizonte – MG e Uberaba – MG).

### **3. OBJETIVOS:**

#### **3.1.Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo a implantação do protocolo de irradiação de hemocomponentes por acelerador linear no HC – UFU.

#### **3.2.Objetivos Específicos**

Descrever e demonstrar o protocolo de irradiação de hemocomponentes por acelerador linear proposto para o HC – UFU.

#### 4. REVISÃO DE LITERATURA

A radiação ionizante começou a ser estudada no final do século XIX. O físico alemão Wilhelm Conrad Rontgen (1845 – 1923) foi um dos pioneiros na área, quando observou, em um de seus experimentos, o contorno dos ossos de seus dedos em uma tela fluorescente, oriundo do que chamou de raios X. Posteriormente, Rontgen realizou uma radiografia da mão de sua esposa, Anna Bertha, publicando-a em um artigo que lhe rendeu o prêmio Nobel em 1901 (Okuno, 2018).

Com o passar dos anos, a radiação passou a ser estudada com mais detalhes, sendo responsável pela concessão de prêmios Nobel a grandes nomes, como por exemplo, Marie Curie, considerada uma das pioneiras da aplicação radiológica na medicina. Curie descobriu os principais elementos radioativos utilizados na medicina, o Rádio e o Polônio (Carvalho, 2014).

A ascensão de estudos físicos aplicados à medicina, a partir das descobertas de radioisótopos, foi primordial para as terapias conhecidas hoje, como, por exemplo, braquiterapia e telerapia. A braquiterapia é a aplicação de um isótopo dentro do paciente em contato com o tumor a ser tratado, ou seja, tratamento de dentro para fora. Já a telerapia, ou conhecida como radioterapia externa, consiste em uma aplicação de radiação emitida por um aparelho fora do corpo do paciente (Rosa *et al.*, 2015).

Com o desenvolvimento das tecnologias, principalmente aquelas aplicadas nos hospitais no setor de radioterapia e radiodiagnóstico, os equipamentos deixaram de ter como a fonte fundamental de radiação os elementos naturais encontrados na natureza, como Césio, Cobalto e Iodo. A radiação empregada atualmente é do tipo artificial, uma vez que é oriunda de aceleradores lineares modernos, capazes de emitir radiação apenas quando ligados a uma fonte de energia, tornando assim uma radiação mais segura em termos de radioproteção, acidentes radiológicos e manuseio dos equipamentos (Morais, 2015).

Alinhada ao estudo da radioatividade, a radiobiologia é basicamente o estudo dos efeitos biológicos causados pela radiação ionizante (Segreto; Segreto, 2000). Algumas doenças são tratadas e outras tem a capacidade de serem prevenidas, através do uso de aceleradores lineares que produzem, a partir da qualificação do equipamento, diversos tipos de radiação como alfa, beta, elétrons e neutros. A prevenção da doença do enxerto versus hospedeiro associada à transfusão (DECH – AT) é um exemplo disso. Essa doença consiste em uma complicação imunológica com alta mortalidade, causada pela enxertia e expansão clonal, mecanismo pelo qual os linfócitos sofrem considerável proliferação logo após a exposição ao antígeno, do

doador em receptores suscetíveis (Foukaneli *et al.*; 2020; Júnior *et al.*, 2021; Kopolovic *et al.*, 2015).

A transfusão de hemocomponentes é um procedimento realizado com indicações clínicas específicas. No Brasil, tais indicações são: transfusão intrauterina; exsanguíneo-transfusão posterior à intrauterina; recém nascidos prematuros (abaixo de 28 semanas de gestação) ou com peso abaixo de 1.200g; pacientes portadores de imunodeficiências graves; após transplante, autólogo ou heterólogo de medula óssea; após transplante de células progenitoras do sistema hematocitopoiético oriundas de cordão umbilical ou placenta; pacientes em tratamento com análogos de purina (fludarabina, cladribina, desoxicoformicina, etc.); pacientes transplantados de órgãos sólidos que estejam em uso de medicação imunossupressora; portadores de linfoma, leucemia mieloide aguda e anemia aplástica que estejam em uso de medicação imunossupressora ou tenham estado nos últimos seis meses; receptores de concentrado de plaquetas HLA-compatíveis; e em casos de transplante em que haja qualquer grau de parentesco entre doador e receptor (Brasil, 2015; Junior *et al.*, 2021).

Com relação à dosagem, a literatura aponta que é necessário aplicar uma dose mínima de 25Gy de raio-X sobre as células-T para assegurar que não haja desenvolvimento de DECH-AT. A dose máxima, por sua vez, é de 50Gy, para que desta forma não haja prejuízo à função celular ou diminuição da vida útil de plaquetas, eritrócitos e granulócitos (Pinnarò *et al.*, 2011).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Materiais**

Para a realização do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: um Acelerador linear Elekta Versa HD, Acelerador linear Varin Clinac 600C e Precise; uma caixa de acrílico com dimensão 31 x 31 x 21 cm; um indicador de irradiação 25Gy para produtos de sangue (RAD CONTROL ©); uma bolsa de hemácias e uma bolsa de plaquetas.

### **5.2. Informações Gerais**

O procedimento para o transporte dos hemocomponentes a serem irradiados até o acelerador linear e a sua posterior devolução aos estoques pós-irradiação fica sob a responsabilidade do Hemocentro de Uberlândia/Fundação Hemominas. O transporte requer a utilização de caixas térmicas de material plástico (poliuretano), que devem ser periodicamente lavadas e desinfetadas para garantir qualidade higiênico-sanitária ao procedimento. As caixas de transporte também devem estar íntegras e dispor de travas para evitar a possibilidade de vazamento do conteúdo armazenado. O transporte também deve se submeter à legislação vigente cabível, que deve ser observada e aplicada pelo Hemocentro de Uberlândia/Fundação Hemominas.

Os hemocomponentes irradiados possuem variados prazos de validade, em virtude dos diferentes níveis de lesão de membrana que cada célula sofre. Concentrados de hemácias devem ser produzidos até 14 dias após a coleta e armazenados até no máximo 28 dias após a irradiação, sempre observando seu prazo de validade original. Nos casos em que for necessária e justificada a irradiação de componentes com data de coleta acima de 14 dias, a transfusão deve ser realizada em no máximo 48 horas. O concentrado de hemácias destinado a transfusão intrauterina ou neonatal deve ser usado após no máximo 24 horas da irradiação e 5 dias após a coleta. Já os concentrados plaquetários não apresentam alteração com relação ao prazo de validade original. Todas estas informações devem constar no rótulo das bolsas irradiadas, sendo que as alterações de validade necessárias ficam sob a responsabilidade do Hemocentro de Uberlândia/Fundação Hemominas.

O período preferencial para realização do procedimento de irradiação, considerando as rotinas tanto do Hospital das Clínicas quanto do Hemocentro de Uberlândia/Fundação Hemominas, é na parte da manhã de segunda-feira, terça-feira e quarta-feira, embora seja possível o encaixe em outros horários em caso de necessidade.

O RAD CONTROL © é uma etiqueta indicadora de dose de radiação X ou gama específico para produtos hematológicos. A alteração de cor do vermelho para o preto indica que foi alcançada uma exposição de no mínimo 25Gy (Figura 1).

**Figura 1.** Indicador RAD CONTROL © antes (A) e depois (B) da irradiação.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Os fabricantes orientam, em seu manual, que, antes da irradiação, a etiqueta RAD CONTROL © deve ser aplicada em local apropriado da bolsa de produto sanguíneo. Para tal, inicialmente, deve-se retirar as folhas individuais do invólucro e preencher com as informações de operador (utilizador) e data. Em seguida, deve-se retirar uma etiqueta RAD-CONTROL da folha, tocando o lado adesivo o mínimo possível, e colar a etiqueta numa parte seca da bolsa de plástico, aplicando apenas a pressão estritamente necessária. Nesta etapa, é necessário assegurar que o campo indicador está na cor vermelha, indicando que não foi previamente exposto, para apenas depois disso ser realizado o procedimento de irradiação.

Após irradiado, o indicador deve assumir a cor preta em toda a extensão da faixa indicadora, atestando que o produto pode ser utilizado. Caso a cor não esteja suficientemente escura, deve-se verificar o processo. Os indicadores são descartáveis, podendo ser utilizados uma única vez. É importante ressaltar que o RAD CONTROL © apenas atesta que os hemocomponentes foram irradiados com uma dose mínima de 25Gy, sem quantificar com exatidão a dose recebida. Por esse motivo, a integridade dos equipamentos deve sempre ser acompanhada através de procedimentos de calibração e manutenção periódicos, e os protocolos devem ser bem ajustados. Para garantir a integridade dos marcadores, eles sempre devem ser armazenados em embalagem original e submetidos a temperaturas entre -18°C e 50°C durante transporte e temperatura ambiente durante armazenamento, protegidos de luz e longe de fontes

de radiação. O prazo de validade é de 24 meses a partir da data de fabricação indicada na embalagem.

### 5.3. Protocolo de irradiação

Primeiramente, as bolsas são posicionadas dentro da caixa de acrílico, que foi confeccionada especialmente para esse procedimento. Em seguida, o RAD CONTROL © é colocado no meio das bolsas para que seja possível ter o controle de que a dose mínima seja de 25Gy (Figura 2).

**Figura 2.** Posicionamento das primeiras bolsas de sangue e do indicador.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Em seguida, a caixa é preenchida com o restante das bolsas de forma uniforme (Figura 3), posicionada sobre a mesa do acelerador linear alinhada com a marcação do laser com Gantry e Colimador a zero. Vale ressaltar que não importa a ordem que elas são colocadas, visto que o Gantry irá girar em 180° graus de forma que todo o material receba a quantidade mínima de radiação.

**Figura 3.** Caixa acrílica contendo todas as bolsas a serem irradiadas.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Após acondicionadas todas as bolsas e o indicador, coloca-se uma tampa, também em acrílico, para reduzir a espessura do feixe de laser e deixá-lo mais uniforme e, desta forma, controlar a irradiação (Figura 4).

**Figura 4.** Caixa acrílica com tampa para procedimento de irradiação.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

A Tabela 1 apresenta as medidas de “*Source Skin Distance*”, que representa a relação de distância entre a fonte de radiação até a pele do paciente, ou, no caso, até as bolsas de hemocomponentes. Para a obtenção dessa tabela, foi utilizado um fantom através da simulação nos sistemas específicos de cada máquina respeitando as curvas de isodose nos campos paralelo-oposto para que haja cobertura total e garantia do recebimento mínimo de radiação de cada bolsa com energia de 6MeV.

**Tabela 1.** Medidas de “*Source Skin Distance*”.

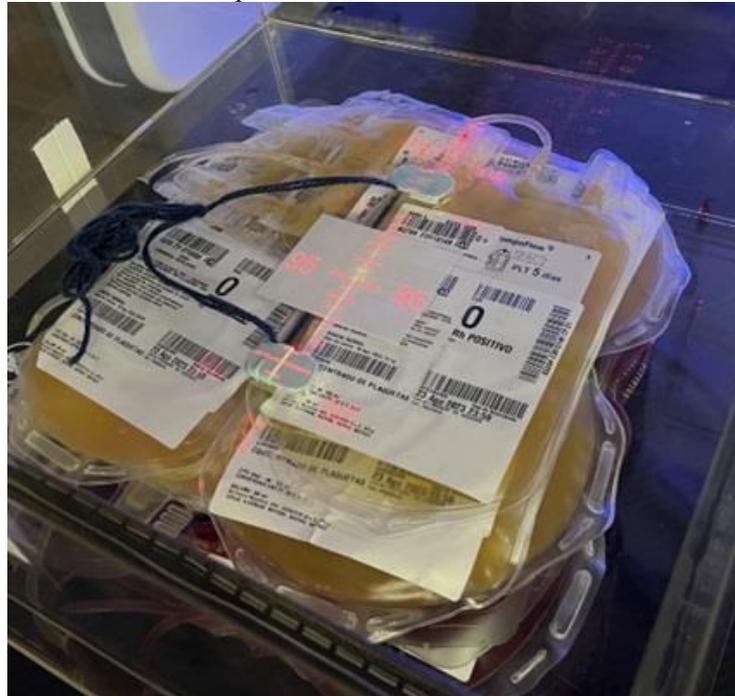
Espessura (cm)	SSD para aplicação	UM por campo (AP/PA)		
		Clinac 600C	Precise	Versa
4,0	98,0	1139	1167	1178
5,0	97,5	1148	1174	1183
6,0	97,0	1157	1182	1189
7,0	96,5	1166	1190	1196
8,0	96,0	1177	1199	1204
9,0	95,5	1188	1208	1212
10,0	95,0	1199	1219	1222
11,0	94,5	1211	1230	1233
12,0	94,0	1224	1241	1244
13,0	93,5	1237	1254	1257
14,0	93,0	1251	1267	1270
15,0	92,5	1266	1281	1285

16,0	92,0	1281	1296	1300
17,0	91,5	1296	1312	1316
18,0	91,0	1313	1328	1334
19,0	90,5	1330	1345	1352
20,0	90,0	1347	1363	1371
21,0	89,5	1365	1381	1391

Fonte: Adaptado de Hospital do Câncer – Uberlândia, 2023.

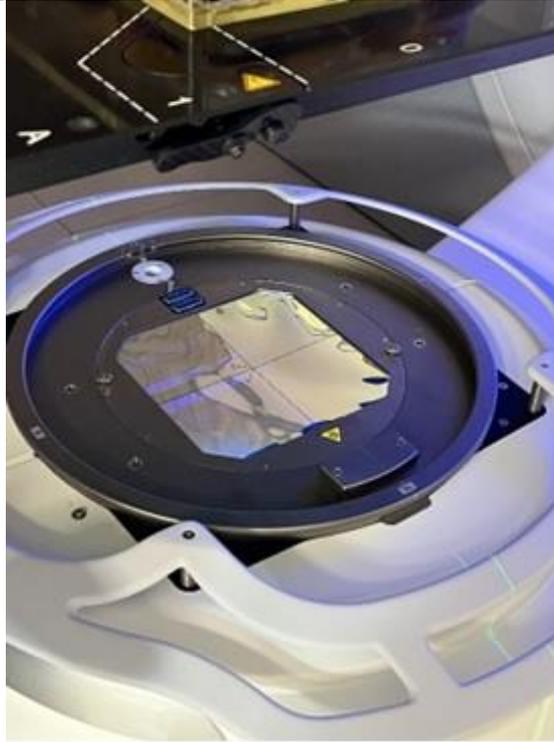
A caixa acrílica apresenta uma régua que delimita sua espessura. Para o presente protocolo, foi utilizada uma caixa de 10,0 cm de espessura, de modo que a distância calculada foi de 95cm e foi utilizado um campo de 40 x 40cm (Figuras 5, 6 e 7). Logo, a unidade monitora (UM) é de 1222.

**Figura 5.** Caixa de hemocomponentes com distância de 95cm da fonte de irradiação.



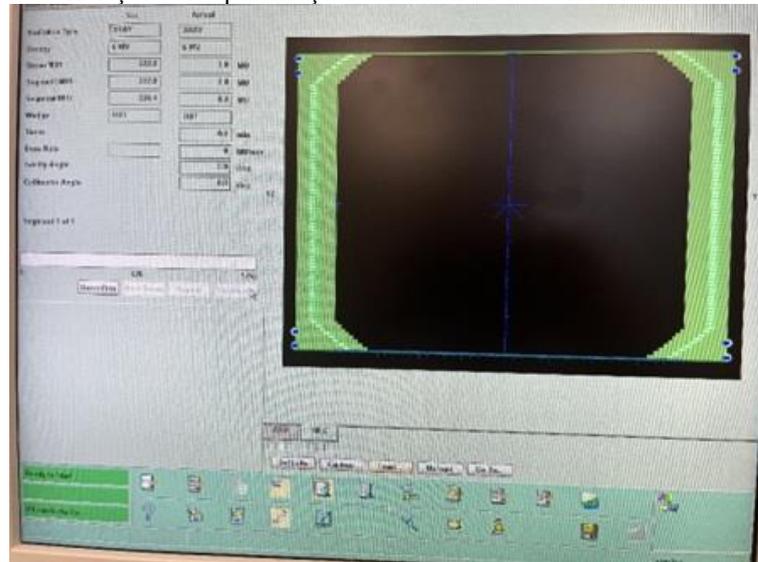
Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

**Figura 6.** Visão do Gantry a 180° com as lâminas abertas.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

**Figura 7.** Relação das especificações utilizadas no software do acelerador linear.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

A irradiação ocorreu em 4 etapas, devido a capacidade máxima de 1000 unidades monitoras permitida no modo de configuração própria do aparelho utilizado (Elekta Versa HD ©), Na primeira etapa, o Gantry foi posicionado a 0° emitindo 1000UM (Figura 8). Na segunda etapa, por sua vez, a posição do Gantry foi mantida, porém a emissão foi ajustada para 222UM (Figura 9).

**Figura 8.** Gantry a 0° (A) emitindo 1000UM (A).



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

**Figura 9.** Gantry a 0° (A) emitindo 222 UM (B).



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Da mesma forma, para a terceira etapa, o Gantry foi posicionado a  $180^\circ$  emitindo 1000UM (Figura 10), e em seguida, para a quarta etapa, a posição foi mantida e a emissão foi reprogramada para 222UM (Figura 11).

**Figura 10.** Gantry a  $180^\circ$  (A) emitindo 1000 UM (B).



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

**Figura 11.** Gantry a  $180^\circ$  (A) emitindo 222 UM (B).



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Todas as etapas foram programadas e acompanhadas a partir da sala de monitoramento que fica anexa à sala onde fica localizado o acelerador linear (Figura 12).

**Figura 12.** Visão do momento da irradiação através do monitor externo.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Após a execução das 4 etapas, os hemocomponentes foram retirados da caixa e foi feita a comparação das etiquetas RAD-CONTROL©, para que se comprove a eficiência mínima da radiação emitida para qualificação das bolsas. Segundo o manual do fabricante, se a etiqueta estiver completamente PRETA, pode-se encaminhar as bolsas irradiadas para o banco de sangue, que ficará responsável pela sua distribuição para as unidades de saúde necessitantes (Figura 13).

**Figura 13.** Comparação entre indicador não irradiado e indicador retirado das bolsas submetidas ao protocolo.



Fonte: Acervo Pessoal, 2023.

Após a finalização do protocolo e conferência das etiquetas indicadoras, as bolsas corretamente irradiadas foram recolhidas pela equipe de transporte fornecida pelo Hemocentro de Uberlândia / Fundação Hemominas de volta para sua sede, ficando disponíveis para uso até o final de seu prazo de validade.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

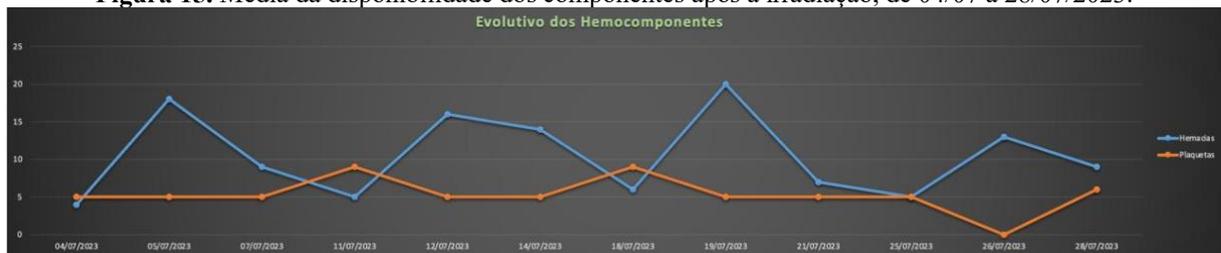
Segundo o banco de dados disposto pelo hemonúcleo, o número de pacientes em risco de DECH-AT que requerem transfusão de componentes irradiados é de aproximadamente 20 aféreses ou *pools* de plaquetas, 10 concentrados de plaquetas randômicas e 15 concentrados de hemácias por semana. Os gráficos abaixo (Figuras 14, 15 e 16) mostram, em média, a disponibilidade dos componentes após a irradiação no período de 07/06/2023 à 29/08/2023.

**Figura 14.** Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 07/06 a 30/06/2023.



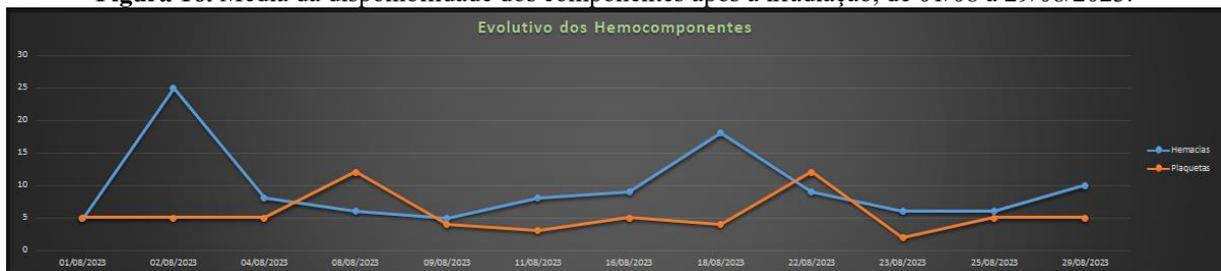
Total de hemácias: 77. Total de plaquetas: 40. Fonte: Autoria Própria, 2023.

**Figura 15.** Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 04/07 a 28/07/2023.



Total de hemácias: 126. Total de plaquetas: 64. Fonte: Autoria Própria, 2023.

**Figura 16.** Média da disponibilidade dos componentes após a irradiação, de 01/08 a 29/08/2023.



Total de hemácias: 115. Total de plaquetas: 67. Fonte: Autoria Própria, 2023.

No período analisado é possível notar que a quantidade disponível, com relação a quantidade necessária, é suficiente em algumas semanas. Dados mais recentes fornecidos pelos responsáveis pela irradiação mostram que, atualmente, as irradiações estão sendo realizadas três vezes por semana, produzindo cerca de 300 bolsas por mês.

## 7. CONCLUSÃO

Com este presente trabalho, pode-se concluir que a utilização dos equipamentos, dentro do serviço de radioterapia do HCU/ EBSEH, para irradiar hemocomponentes mostrou-se favorável, benéfica e útil para todos os pacientes dependentes das bolsas. A utilização da etiqueta RAD-CONTROL é uma forma simplificada e direta para garantir que a dose mínima seja entregue por todo o volume da caixa.

O Hospital de Clínicas de Uberlândia passou a possuir um estoque de hemocomponentes irradiados muito superior após a aplicação desse projeto em relação ao que era observado anteriormente, bem como uma redução significativa nos custos e tempo, visto que as bolsas não precisam mais transitar entre cidades.

Destaca-se, ainda, que não houve comprometimento na agenda de tratamentos no acelerador linear utilizado para desenvolvimento e aplicação desse projeto. Além disso, em relação a utilização desses hemoderivados nos pacientes, conforme relatório médico não aconteceu nenhum efeito colateral adverso, bem quando era utilizado as bolsas irradiadas vindas de Belo Horizonte ou Uberaba. O que pode ser concluído é que a qualidade manteve o mesmo padrão.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada e Temática. Guia para uso de hemocomponentes / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. **Guia para uso de hemocomponentes**. 2.ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

CARVALHO, F. P. Marie Curie: pioneira na descoberta da radioatividade, dos primeiros núclidos e suas aplicações em medicina. **Gazeta de Física**, v.37, n.1, p.2-9, 2014.

FOUKANELI, T.; KERR, P.; BOLTON-MAGGS, P. H. B.; CARDIGAN, R.; COLES, A.; GENNERLY, A.; JANE, D.; KUMARARATNE, D.; MANSON, A.; NEW, H. V.; TORPEY, N. BCSH Committee. Guidelines on the use of irradiated blood components. **Br J Haematol.**, v.191, n.5, p.704-724, 2020.

GRUPO LUTA PELA VIDA. **Apresentação Institucional**. 2023. . Disponível em: <[https://grupolutapelavida.org.br/wp-content/uploads/2023/03/APRESENTACAO\\_INSTITUCIONAL\\_2023.pdf](https://grupolutapelavida.org.br/wp-content/uploads/2023/03/APRESENTACAO_INSTITUCIONAL_2023.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2023.

HEMOCENTRO DE RIO PRETO. **Dúvidas Frequentes**. 2023. Disponível em: <<https://www.hemocentroriopreto.com.br/duvidas-frequentes#:~:text=O%20sangue%20tem%20validade%3F,%C3%89%20cobrado%20pelo%20sangue%20doado%3F>>. Acesso em: 02 out. 2023.

JÚNIOR, A. A. L.; MACARI, K. S. M.; CORREA, M. F.; LIMA, E. M.; CORACIN, F. L.; NETO, V. T.; FERREIRA, R. S.; VILLELA, N. C.; LOPES, L. F.; NEVES, L. J. Doença do enxerto contra o hospedeiro crônica oral em paciente submetido a transplantes de células-tronco hematopoiéticas haploidêntico: relato de caso. **Hematol. Transfus. Cell. Ther.**, v.43, n.1, p.282-288, 2021.

KOPOLOVIC, I.; OSTRO, J.; TSUBOTA, H.; LIN, Y.; CSERTI-GAZDEWICH, C. M.; MESSNER, H. A.; KEIR, A. K.; DENHOLLANDER, N.; DZIK, W. S.; CALLUM, J. A systematic review of transfusion-associated graft-versus-host disease. **Blood**, v.126, n.3, p.406-414, 2015.

MORAIS, B. H. Características e funcionamento dos aceleradores lineares em radioterapia e aspectos da evolução do planejamento radioterápico. **Tekhne e Logos**, v.6, n.2, p.140-154, 2015.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

PINNARÒ, P.; SORIANI, A.; D'ALESSIO, D.; GIORDANO, C.; FODDAI, M. L.; PINZI, V.; STRIGARI, L. Implementation of a new cost efficacy method for blood irradiation using a non dedicated device. **J Exp Clin Cancer Res.**, v.30, n.1, p.7-12, 2011.

ROSA, L. M.; MARINHO, M. M.; ILHA, P.; RADUNZ, V.; FERMO, V. C. Radioterapia e braquiterapia na enfermagem: uma revisão bibliométrica. **Cogitare Enfermagem**, v.20, n.2, p.408-416, 2015.

SEGRETO, H. R. C.; SEGRETO, R. A. Revisão e atualização em radiobiologia: aspectos celulares, moleculares e clínicos. **Folha Médica**, v.119, n.4, p.9-27, 2000.

Shastri, S.; Ramya, B.; Ninan, J.; Srinidhi, G. C.; Bhat, S. S.; Fernandes, D. J. Linear accelerator: a reproducible, efficacious and cost effective alternative for blood irradiation. **Transfus Apher Sci.**, v.49, n.3, p.528-532, 2013.