

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS – DASS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**DANIELA MARIA MÜLLER
TAINAH OLIVEIRA E MIRANDA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO SIMULADOR ACESSÓRIO
PARA VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE TAMANHO DE CAMPO
NO CONTROLE DE QUALIDADE EM ACELERADORES LINEARES**

Florianópolis, 2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO DE SAÚDE ACADÊMICO E SERVIÇOS – DASS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**DANIELA MARIA MÜLLER
TAINAH OLIVEIRA E MIRANDA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO SIMULADOR ACESSÓRIO
PARA VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE TAMANHO DE CAMPO
NO CONTROLE DE QUALIDADE EM ACELERADORES LINEARES**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Tecnólogo em
Radiologia.

Orientadora: Juliana dos Santos Müller,
Dra.

Coorientadora: Charlene da Silva, Me

Florianópolis, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

MÜLLER, Daniela Maria
MIRANDA, Tainah Oliveira e
DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO SIMULADOR ACESSÓRIO PARA
VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE TAMANHO DE CAMPO NO CONTROLE
DE QUALIDADE EM ACELERADORES LINEARES / Daniela Maria MÜLLER,
Tainah Oliveira e MIRANDA; orientação de Juliana dos Santos
Müller; coorientação de Charlene da Silva. - Florianópolis,
SC, 2022.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal 36
p. de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST em
Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços.
Inclui Referências.

1. Acelerador Linear. 2. Controle de Qualidade.
3. Radioterapia. 4. Impressão Tridimensional. I. Müller,
Juliana dos Santos. II. Silva, Charlene da. III. Instituto
Federal de Santa Catarina. IV. DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO
SIMULADOR ACESSÓRIO PARA VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE
TAMANHO DE CAMPO NO CONTROLE DE QUALIDADE EM ACELERADORES
LINEARES

**DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO SIMULADOR ACESSÓRIO PARA
VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE TAMANHO DE CAMPO NO
CONTROLE DE QUALIDADE EM ACELERADORES LINEARES**

**DANIELA MARIA MÜLLER
TAINAH OLIVEIRA E MIRANDA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em Radiologia, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Florianópolis, 20 de julho de 2022.



Documento assinado digitalmente
juliana.muller
Data: 02/08/2022 09:17:37-0300
CPF: 046.766.539-79
Verifique as assinaturas em <https://vlfsc.edu.br>

Prof. Juliana dos Santos Müller, Dra.

Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
charlene.silva
Data: 02/08/2022 11:18:41-0300
CPF: 060.766.539-63
Verifique as assinaturas em <https://vlfsc.edu.br>

Prof. Charlene da Silva, Me.

Coorientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
MATEUS BRUN MARQUES BIANCHI SÁVI
Data: 02/08/2022 16:13:36-0300
CPF: 054.042.219-33
Verifique as assinaturas em <https://vlfsc.edu.br>

Prof. Matheus Savi, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
MAURICIO MITSUO MONÇÃO
Data: 03/08/2022 13:42:33-0300
Verifique em <https://verificador/s.br>

Prof. Mauricio Mitsuo Monção, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossa eterna gratidão aos nossos familiares, que nos apoiaram durante todo o percurso de formação pessoal e profissional. Aos nossos professores do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do IFSC, sempre dispostos a transmitir seus conhecimentos e nos conduzir pelo caminho da sabedoria e da valorização da ciência.

A nossa orientadora Dra. Juliana dos Santos Müller e a coorientadora Me. Charlene da Silva por nos inspirarem por meio da extraordinária competência, inteligência e responsabilidade a nos tornar profissionais de tanta habilidade quanto elas, além de cultivarem desde os primeiros semestres o nosso amor à radioterapia.

Nosso agradecimento especial ao nosso futuro colega de profissão Me. Marco Antônio Bertoncini Andrade e ao Laboratório de Manufatura Aditiva e Inovação em Saúde (LabMAIS) pelo auxílio técnico e prático durante toda execução da pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Florianópolis, por tornar possível nossa formação.

Por fim, pela colaboração de todos os colegas e funcionários do IFSC.

RESUMO

A radioterapia é uma modalidade de tratamento médico que faz uso da radiação ionizante para atingir a cura ou controle de uma neoplasia. Nesse tipo de tratamento, a energia depositada por meio de radiação gera um dano sistemático na massa tumoral até atingir a perda da função reprodutiva do clone tumoral ou a morte do tecido doente. Por se tratar de um recurso terapêutico de alta complexidade e de necessidade de precisão na execução do tratamento, é fundamental a aplicação de um controle de qualidade rigoroso em todos os equipamentos. Os testes necessários durante a realização do controle de qualidade costumam envolver o uso de equipamentos e acessórios de aferição. Sendo assim, o objetivo deste estudo é desenvolver um objeto simulador para o uso no controle de qualidade para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia. O desenho de estudo desta pesquisa foi uma abordagem quantitativa do tipo experimental exploratória descritiva. Na fase exploratória, foram feitas visitas ao setor de radioterapia, a fim de acompanhar os processos que envolvem a execução dos testes do controle de qualidade diário, principalmente os testes mecânicos, escopo deste estudo. A partir desta observação foi modelado, no *software fusion 360*, um protótipo do acessório complementar para utilização nos testes mecânicos. Para produção do acessório, utilizou-se como base uma placa de mdf de 3mm de espessura onde foi marcado a laser os tamanhos de campo, isocentro e réguas e inseriu-se marcadores radiopacos impressos em impressora 3D. Realizaram-se testes de funcionalidade nos protótipos até que fosse aprovado todas as características para a produção do objeto simulador, sendo possível constatar a competência do acessório simulador no teste proposto. A partir da pesquisa realizada foi possível constatar que as recomendações sobre o controle de qualidade em radioterapia identificam as necessidades dos profissionais frente a realização dos testes do campo luminoso e coincidência de campos de luz-radiação. Por fim, enfatiza-se a necessidade dos pesquisadores de realizarem mais aplicações da tecnologia de impressão 3D na área da saúde.

Palavras-Chave: Acelerador Linear. Controle de Qualidade. Radioterapia. Impressão Tridimensional.

ABSTRACT

Radiotherapy is a medical treatment modality that makes use of ionizing radiation to achieve the cure or control of a neoplasm. In this type of treatment, the energy deposited by means of radiation generates systematic damage to the tumor mass until it reaches the loss of reproductive function of the tumor clone or the death of the diseased tissue. Because it is a highly complex therapeutic resource and requires precision in the execution of the treatment, it is essential to apply a rigorous quality control in all equipment. The tests required during quality control usually involve the use of gauging equipment and accessories. Therefore, the objective of this study is to develop a phantom for use in quality control for mechanical tests in linear accelerators in the Radiotherapy Sector. The study design of this research was a quantitative approach of the descriptive exploratory experimental type. In the exploratory phase, visits were made to the radiotherapy sector, in order to monitor the processes that involve the execution of daily quality control tests, mainly the mechanical tests, scope of this study. From this observation, a prototype of the complementary accessory was modeled in the fusion 360 software for use in the mechanical tests. For the production of the accessory, a 3mm thick mdf board was used as a basis, where the field, isocenter and ruler sizes were laser marked and radiopaque markers printed on a 3D printer were inserted. Functionality tests were carried out on the prototypes until all the characteristics for the production of the simulator object were approved, and it was possible to verify the competence of the simulator accessory in the proposed test. From the research carried out, it was possible to verify that the recommendations on quality control in radiotherapy in addition to identifying the needs of professionals in the face of carrying out the tests of the luminous field and coincidence of light-radiation fields. Finally, it emphasizes the need for researchers to apply 3D printing technology in healthcare.

Keywords: Linear Accelerator. Quality control. Radiotherapy. Three-dimensional Printing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Descrição dos testes de controle de qualidade diário em aceleradores lineares.....	21
Figura 2 - Plano de impressão e corte a laser do protótipo 1.....	22
Fluxograma 1 - Etapas de produção do objeto simulador.....	23
Figura 3 - Testes do protótipo 1.....	25
Figura 4 - Plano de impressão e corte a laser do protótipo 2.....	27
Figura 5 - Protótipo 1 e 2.....	28
Figura 6 - Testes do protótipo 2.....	29
Figura 7 - Objeto simulador.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Insumos utilizados na produção do objeto simulador e seus protótipos.....	30
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPM – *American Association of Physicists in Medicine*

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

AL – Acelerador Linear

INCA – Instituto Nacional do Câncer

IOE- Indivíduo Ocupacionalmente Exposto

MDF– *Medium Density Fiberboard*

TG – *Task Group*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivo específico.....	15
2 APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO	16
RESUMO.....	16
3 INTRODUÇÃO	18
4 METODOLOGIA	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS TESTES MECÂNICOS DIÁRIOS	23
5.2 PRODUÇÃO DO OBJETO SIMULADOR	25
6 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICE A – TERMO DE ANUÊNCIA	35

1 INTRODUÇÃO

A radioterapia é uma modalidade de tratamento médico que faz uso da radiação ionizante para atingir a cura ou controle de uma neoplasia (SALVAJOLI et al., 2013). Nesse tipo de tratamento a energia depositada por meio de radiação corpuscular ou não corpuscular é capaz de liberar elétrons das moléculas constituintes das células tumorais, como o DNA e as moléculas de água. Dessa maneira, é gerado um dano sistemático na massa tumoral até atingir a perda da função reprodutiva do clone tumoral ou a morte do tecido doente (CAMARGO, 2015).

A radioterapia é dividida em duas categorias: braquiterapia e teleterapia. A teleterapia é a modalidade de radioterapia onde o paciente recebe o tratamento por meio de irradiação a uma determinada distância, geralmente realizada com o uso do equipamento eletrônico de emissão denominado acelerador linear (AL) (INCA, 2010).

Por se tratar de um recurso terapêutico de alta complexidade e de necessidade de precisão na execução do tratamento, é fundamental a aplicação de um controle de qualidade rigoroso em todos os equipamentos e nos diversos setores profissionais envolvidos no processo (INCA, 2000).

A Garantia de Qualidade em Radioterapia encontra-se diretamente ligada a ações da equipe médica, responsável pelo diagnóstico, localização do tumor, definição de tratamento e acompanhamento clínico; à área física, encarregada pelos cálculos dosimétricos, otimização e verificação da dose terapêutica, a idoneidade dos equipamentos; a área relacionada à aplicação prática do tratamento e o manuseio do paciente (INCA, 2001).

O controle de qualidade dos equipamentos utilizados em radioterapia deve ser feito de maneira diária, mensal e anual. A equipe responsável pela sua realização deve ser supervisionada pelo físico médico responsável (CNEN, 2014). Entretanto, cabe aos IOEs (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto), dentre eles os profissionais das técnicas radiológicas, a verificação do correto funcionamento de alguns componentes constituintes do equipamento antes do início do atendimento diário (INCA, 2000).

O Programa de Controle de Qualidade nos serviços de radioterapia é proposto internacionalmente pela Associação Americana de Físicos em Medicina a partir do documento base *Task Group 142*. Nesta publicação, são definidas as

diretrizes específicas de procedimentos para a realização dos testes; a estimativa do intervalo de tempo entre cada teste; o profissional apropriado para realizá-lo e os modelos de formulários de garantia de qualidade (KLEIN et al., 2009).

No território brasileiro, o documento responsável por reger o controle de qualidade em serviços de radioterapia é o TEC DOC-1151, publicado pelo INCA (2000). Este documento aborda os aspectos físicos da garantia de qualidade em radioterapia a fim de padronizar os parâmetros básicos para o controle de qualidade dos equipamentos utilizados nos tratamentos radioterápicos.

A correta execução do controle de qualidade e dos protocolos de segurança é fundamental para assegurar o funcionamento correto dos equipamentos de radioterapia, permitindo a entrega precisa da dose de tratamento e garantindo a segurança do paciente e da equipe multidisciplinar. Os testes necessários durante a realização do controle de qualidade costumam envolver o uso de equipamentos e acessórios de aferição, como detectores de radiação, réguas ou ponteiras e de objetos mais simples, como papel milimetrado (INCA, 2000).

O acessório utilizado para a aferição do indicador do campo luminoso costuma ser comprado pelo serviço de radioterapia ou confeccionado pela equipe responsável pelo controle de qualidade com o auxílio de um papel milimetrado para verificação das medidas. A compra de um acessório de aferição do indicador do campo luminoso campos de luz-radiação é ineficaz com a realidade da instituição. Uma vez que os acessórios disponíveis no mercado possuem um valor elevado, e por vezes, são vendidos por empresas de outros países, necessitando de importação.

Justificou-se a proposta de investigação a partir do pressuposto de que o desenvolvimento e confecção de um objeto simulador se dá de acordo com a necessidade do setor utilizando o recurso de impressão 3D. O desenvolvimento desse objeto possui os seguintes benefícios: custo menor quando comparado às ferramentas comerciais, além de apresentar maior resistência e melhor desempenho da funcionalidade ao comparar com o recurso atualmente utilizado, folha de papel milimetrado. Além disso, a pesquisa e a produção do acessório possuem um caráter inovador em território nacional. Uma vez que não foram encontradas pesquisas relatando o uso de acessórios produzidos com tecnologia 3D em radioterapia.

O recurso de impressão tridimensional vem se desenvolvendo cada vez mais e a aplicação dessa tecnologia na área da saúde já chega a uma escala de

produção de próteses, implantes e modelos anatômicos baseados em imagem (MIRONOV *et al.* 2003; WONG; PFAHNL, 2014; REZENDE *et al.*, 2015). Esse processo possibilita a produção de peças complexas, totalmente personalizadas, com exatidão e em um tempo relativamente curto (LIPSON, 2012). Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo desenvolver por meio de impressão 3D acessórios complementares para o uso no controle de qualidade diário para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia.

Com isso, objetivou-se desenvolver com o auxílio de impressão 3D um objeto simulador para o uso no controle de qualidade diário e mensal para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia, por meio da caracterização dos testes mecânicos diários em aceleradores lineares; produção com o auxílio da impressão 3D de um objeto simulador para verificação dos indicadores de tamanho de campo no controle de qualidade diário em aceleradores lineares e com a realização de testes de funcionalidade do objeto simulador desenvolvido para os testes mecânicos.

Este manuscrito será submetido à uma revista científica ainda não definida pelas pesquisadoras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver por meio de impressão 3D, marcação e corte a laser um objeto simulador para o uso no controle de qualidade para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia.

1.1.2 Objetivo específico

Os objetivos específicos do trabalho incluem:

- a) caracterizar os testes mecânicos diários em aceleradores lineares;
- b) produzir, com o auxílio da impressão 3D e marcação a laser, um objeto simulador para verificação dos indicadores de tamanho luminoso e de luz-radiação no controle de qualidade em aceleradores lineares;
- c) testar a funcionalidade do objeto simulador desenvolvido para os testes mecânicos.

2 APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO

DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO SIMULADOR ACESSÓRIO PARA VERIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE TAMANHO DE CAMPO NO CONTROLE DE QUALIDADE EM ACELERADORES LINEARES

Daniela Maria Müller¹

Tainah Oliveira e Miranda²

Juliana do Santos Müller³

Charlene da Silva⁴

Resumo

A radioterapia é uma modalidade de tratamento médico que faz uso da radiação ionizante para atingir a cura ou controle de uma neoplasia. Nesse tipo de tratamento, a energia depositada por meio de radiação gera um dano sistemático na massa tumoral até atingir a perda da função reprodutiva do clone tumoral ou a morte do tecido doente. Por se tratar de um recurso terapêutico de alta complexidade e de necessidade de precisão na execução do tratamento, é fundamental a aplicação de um controle de qualidade rigoroso em todos os equipamentos. Os testes necessários durante a realização do controle de qualidade costumam envolver o uso de equipamentos e acessórios de aferição. Sendo assim, o objetivo deste estudo é desenvolver um objeto simulador para o uso no controle de qualidade para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia. O desenho de estudo desta pesquisa foi uma abordagem quantitativa do tipo experimental exploratória descritiva. Na fase exploratória, foram feitas visitas ao setor de radioterapia, a fim de acompanhar os processos que envolvem a execução dos testes do controle de qualidade diário, principalmente os testes mecânicos, escopo deste estudo. A partir desta observação foi modelado, no *software fusion 360*, um protótipo do acessório complementar para utilização nos testes mecânicos. Para produção do acessório, utilizou-se como base uma placa de mdf de 3mm de espessura onde foi marcado a laser os tamanhos de campo, isocentro e réguas e inseriu-se marcadores radiopacos impressos em impressora 3D. Realizaram-se testes de funcionalidade nos protótipos até que fosse aprovado todas as características para a produção do objeto simulador, sendo possível constatar a competência do acessório simulador no teste proposto. A partir da pesquisa realizada foi possível constatar que as recomendações sobre o controle de qualidade em radioterapia identificam as necessidades dos profissionais frente a realização dos testes do campo luminoso e coincidência de campos de luz-radiação. Por fim, enfatiza-se a necessidade dos pesquisadores de realizarem mais

¹ Acadêmico (a) do curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Santa Catarina.

² Acadêmico (a) do curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Santa Catarina.

³ Docentes do curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Santa Catarina.

⁴ Docentes do curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Santa Catarina.

aplicações da tecnologia de impressão 3D na área da saúde.

Palavras-chave: Acelerador Linear. Controle de Qualidade. Radioterapia. Impressão Tridimensional.

3 INTRODUÇÃO

A radioterapia é uma modalidade de tratamento médico que utiliza radiações ionizantes para causar a perda da capacidade funcional e reprodutiva da célula doente e promover a morte do clone tumoral, diminuindo o tamanho da massa tumoral e/ou impedindo sua proliferação (SALVAJOLI et al., 2013). Para o sucesso do tratamento, é necessário entregar a dose de radiação prescrita pelo médico radioterapeuta ao tumor, poupando ao máximo os tecidos adjacentes (GIGLIOLI, 2012).

As ações que integram controle de qualidade de equipamentos de radioterapia são divididas nas categorias de testes físicos ou dosimétricos, testes de segurança e testes mecânicos (INCA, 2000). Os testes mecânicos envolvem a verificação do funcionamento e da calibragem correta de componentes do equipamento de radioterapia a fim de evitar valores elevados de desvio da dose de tratamento entregue aos pacientes (KLEIN et al., 2009).

No caso de aceleradores lineares, a aferição do funcionamento dos componentes do equipamento tem como objetivo manter o desvio da fração de dose de tratamento abaixo do valor de tolerância de $\pm 5\%$, sendo desejável manter-se menor que $\pm 3\%$ (KLEIN et al., 2009).

O teste mecânico diário do campo luminoso tem como finalidade verificar se os indicadores do tamanho do campo estão de acordo com a configuração desejada dos colimadores (KLEIN et al., 2009). Para a realização do teste, pode-se utilizar uma folha de papel milimetrado, o dispositivo fornecido pelo fabricante ou um objeto simulador (FURNARI, 2021; KLEY et al., 2009). Deve ser medida a abertura do campo nas áreas típicas de 5x5cm, 10x10cm, 15x15cm, 20x20cm e 30x30cm (INCA, 2000).

O instrumento utilizado deve ser posicionado no centro do campo luminoso. Em seguida, com o uso do controle de mão, cada colimador representado por seu eixo x, y e z são movimentados assimetricamente até as medidas pré definidas. No momento em que o limite do campo luminoso se encontra sobre o valor desejado, verifica-se a conformidade do valor expresso no indicador eletrônico com o valor medido manualmente. Nesse processo, a tolerância de desvio do valor obtido é de 2mm para cada placa do colimador (KLEY et al., 2009).

O teste mecânico de coincidência de campos de luz-radiação deve ser realizado de maneira mensal com a finalidade de comprovar a coincidência do tamanho e simetria do campo de irradiação segundo a colimação utilizada. Para a realização desse teste, é necessário realizar exposições em filmes radiográficos de baixa sensibilidade ou de um receptor de imagem do tipo radiologia computadorizada (CR) utilizando os tamanhos de campo 5x5, 10x10, 15x15, 20x20 e 30x30 (INCA, 2000) e verificar por meio de medição se o tamanho do campo irradiado está de acordo com a colimação luminosa. Segundo o Task Group 142 da AAPM (2009) a tolerância de desvio desse teste é de $\pm 2\text{mm}$ para cada lado da colimação.

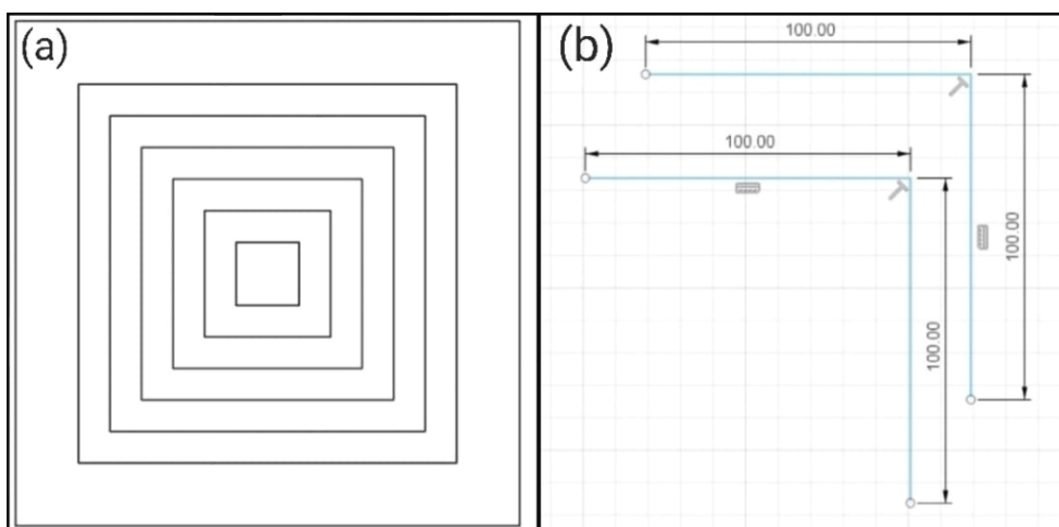
A correta execução do controle de qualidade e dos protocolos de segurança é fundamental para assegurar o funcionamento correto dos equipamentos de radioterapia, permitindo a entrega precisa da dose de tratamento e garantindo a segurança do paciente e da equipe multidisciplinar. Os testes necessários durante a realização do controle de qualidade costumam envolver o uso de equipamentos e acessórios de aferição, como detectores de radiação, réguas, ponteiros e objetos mais simples, como papel milimetrado (INCA, 2000). A partir disso, a pesquisa tem como objetivo desenvolver por meio de impressão 3D, marcação e corte à laser um objeto simulador para o uso no controle de qualidade para os testes mecânicos em aceleradores lineares do Setor de Radioterapia.

4 METODOLOGIA

O desenho de estudo foi uma abordagem quantitativa do tipo experimental exploratória descritiva (GIL, 2007; FONSECA, 2002; OLIVEIRA, 2011). As etapas seguintes compreenderam de uma fase exploratória com a compilação de dados acerca das regulamentações nacionais e internacionais sobre Controle de Qualidade no Setor de Radioterapia, seguido de visitas in locu em um ambiente de saúde referência no Estado de Santa Catarina para observação dos testes mecânicos realizados nos Aceleradores Lineares.

Dentro deste contexto iniciou-se o desenvolvimento do objeto simulador com cooperação técnica de especialistas do Setor de Radioterapia e professores do Laboratório de Manufatura Aditiva e Inovação em Saúde (LabMAIS) do IFSC. A primeira versão do protótipo intitulado “projeto piloto” foi construída a partir de uma base de material, placa de MDF cru de medidas 43x43cm seguidos de marcações e cortes planejadas com o auxílio do programa Autodesk Fusion 360 (AUTODESK INC, 2014). Em uma base de MDF com espessura de 5mm foram desenhados os campos de tratamento na forma quadrangular (5x5; 10x10; 15x15; 20x20; 25x25; 30x30; 40x40), conforme visto na Figura 1 (a) que representa o desenho utilizado para a marcação e corte a laser do protótipo. Nos vértices dos campos 5x5 e 40x40 houve as marcações a laser com espessura de 0,8mm e altura de 0.5mm que foram utilizadas posteriormente para aderir o material radiopaco (bismuto e tungstênio), o plano de impressão é visto na Figura 2 (b).

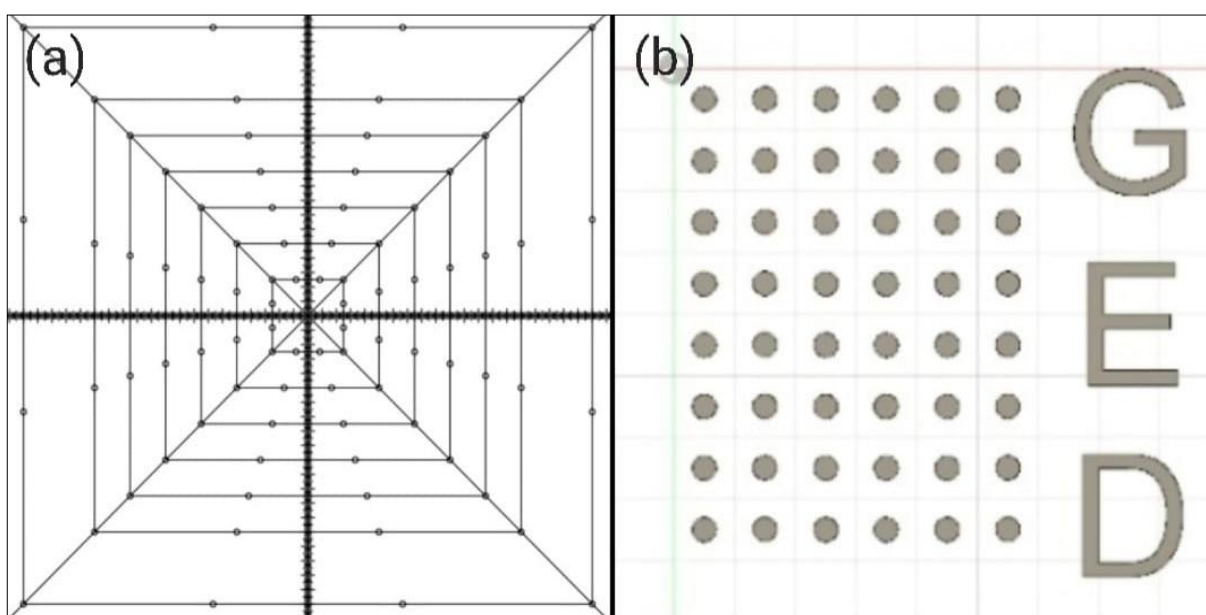
Figura 1 - Plano de impressão e corte a laser do protótipo 1.



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

Para o segundo protótipo, utilizou-se a base de MDF de 3 mm. Na Figura 2(a) observa-se as marcações a laser das linhas de referência para a definição do campo luminoso e duas réguas milimetradas que se cruzam em um ângulo de 90° no isocentro da placa para mensuração do possível desvio. Na Figura 4(b) é apresentado o plano dos cortes a laser em formato circular para abrigar os marcadores radiopacos, a fim de testar a possível distorção na radiografia devido a altura do objeto e divergência do feixe.

Figura 2 - Plano de impressão e corte a laser do protótipo 2.

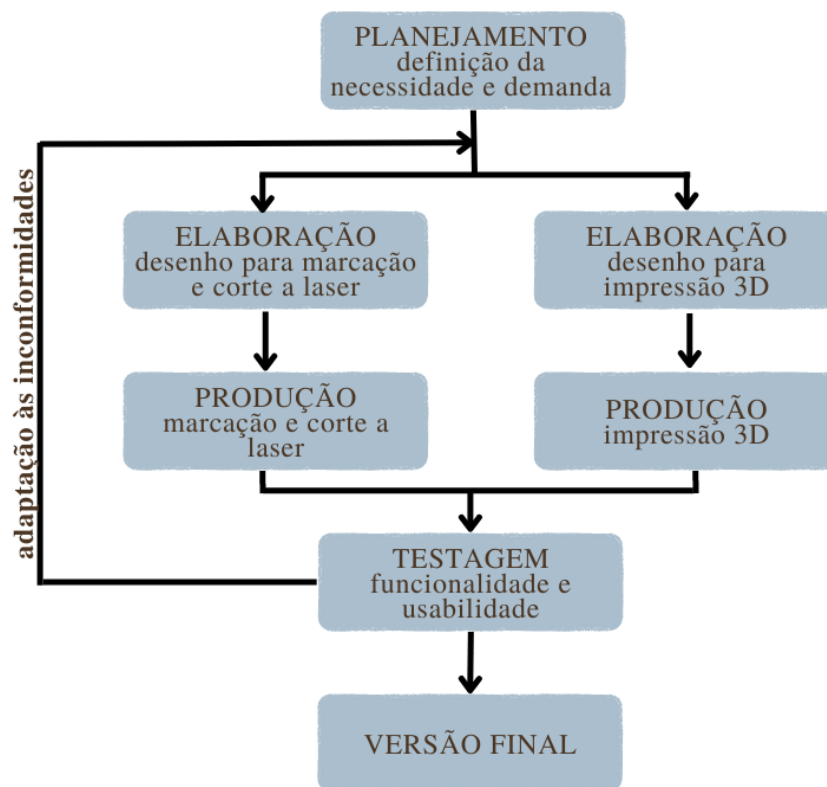


Para as marcações a laser foram utilizados os seguintes parâmetros no Autodesk Fusion 360: 5% de potência máxima e velocidade desejada de 6 mm/min. Estes parâmetros foram definidos a partir da expertise do laboratório cedente. Após essa etapa, realizou-se a impressão 3D com o auxílio do programa Simplify 3D (SIMPLIFY3D, 2019). As impressões foram feitas na impressora 3D Creality Ender 3 utilizando um bico de extrusão de 0,8mm com dois filamentos GMASS comercializados pela Turner Medtech (Orem, Utah, USA) a base de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), um contendo Bismuto e outro Tungstênio.

O projeto piloto foi testado no ambiente de saúde referência do Estado de Santa Catarina, no qual adaptou-se às inconformidades para impressão da versão final. As etapas de produção do objeto simulador e seus protótipos estão contidos no Fluxograma 1. O objeto simulador construído será utilizado no controle de qualidade

diário nos testes de indicador do tamanho de campo, centro reticulado e centro do campo luminoso, bem como no controle de qualidade mensal no teste de coincidência de campo luminoso e campo de irradiação.

Fluxograma 1 – Etapas de produção do objeto simulador.



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

O plano de análise partiu do pressuposto do consenso de especialistas e respeito às normativas da área de radioterapia. Ressalta-se que a referida construção do protótipo não envolve diretamente e/ou indiretamente envolvimento de seres humanos, logo sem a necessidade de submissão e aprovação em Comitê de Ética. Entretanto, os pesquisadores envolvidos em respeito à integridade científica e os pressupostos éticos envolvidos, consideram o respeito dos dados provenientes do processo investigativo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os objetivos da pesquisa a saber, caracterizar os testes mecânicos diários em aceleradores lineares; produzir, com o auxílio da impressão 3D e marcação a laser, um objeto simulador para verificação dos indicadores de tamanho luminoso e de radiação e de testar a funcionalidade do objeto simulador desenvolvido para os testes mecânicos, apresentam-se os resultados nas secções vindouras.

5.1 Caracterização dos testes mecânicos diários

Para garantir o melhor funcionamento do equipamento e diminuir a possibilidade de acidentes são realizados testes onde são analisados todos os componentes, dispositivos e suas respectivas atribuições, garantindo que as características do equipamento não se desviem significativamente dos seus valores de referência adquiridos no teste de aceitação e/ou comissionamento do equipamento (HANLEY, 2009; IAEA, 2004).

A ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) em 2009 estabeleceu que quando instalado, um novo equipamento passa por testes de comissionamento e os valores obtidos servirão como referência. A partir do comissionamento a instituição estabelece seus dados de referência. Quando executado um teste de qualidade, é feita uma comparação entre os valores medidos e os valores de referência e, quando feita essa comparação, a taxa de incerteza não pode ultrapassar 5%. Os testes do controle de qualidade de aceleradores lineares podem ser separados quanto a sua periodicidade, em três grupos: diários, mensais e anuais; e quanto a sua função: mecânicos, físicos/dosimétricos e de segurança, sendo que cada um tem o seu limite de tolerância já estipulado (KLEIN, et al., 2009).

As ações que integram controle de qualidade de equipamentos de radioterapia são divididas nas categorias de testes físicos ou dosimétricos, testes de segurança e testes mecânicos (INCA, 2000). Os testes mecânicos envolvem a verificação do funcionamento e da calibragem correta de componentes do equipamento de radioterapia a fim de evitar valores elevados de desvio da dose de tratamento entregue aos pacientes (KLEIN et al., 2009).

Seguindo as recomendações internacionais, o INCA (2000) estabelece que os testes mecânicos básicos necessários durante o controle de qualidade diário são:

a verificação do posicionamento dos lasers em relação ao isocentro mecânico; a confirmação da movimentação correta da mesa de tratamento, da estativa, do colimador e do cabeçote; a checagem da firmeza do suporte da luz do telêmetro luminoso, a correspondência da escala indicadora do colimador com o tamanho real do campo luminoso e do centro reticulado em relação ao eixo mecânico e de irradiação. A Figura 3 lista os testes diários estabelecidos pelo TEC DOC 1151 e seus limites de aceitação.

Figura 3 - Descrição dos testes de controle de qualidade diário em aceleradores lineares.

Testes Dosimétricos	Tolerância
Constância de saída de fótons	3%
Constância de saída de elétrons	3%
Testes Mecânicos	
Localização do laser	2 mm
Indicador da distância (Telêmetro)	2 mm a DFI
Tamanho de campo (10 x 10 cm ²)	2 mm
Centro do Reticulado	2 mm diâmetro
Centro do campo Luminoso	2 mm
Movimento de Estativa	Funcionando
Movimento de Cabeçote	Funcionando
Movimento do Colimador	Funcionando
Movimentos da mesa	Funcionando
Testes de Segurança	
Bloqueio da Porta (feixe off)	Funcionando
Segurança de Fechamento da Porta	Funcionando
Monitor audiovisual	Funcionando
Indicador de feixe	Funcionando
Luzes no painel de controle ON/OFF	Funcionando
Verificação de câmaras monitoras	Funcionando
Luzes de irradiação	Funcionando
Interruptor de radiação/programação	Funcionando
Interrupção por UM	Funcionando

Fonte: adaptado de INCA (2000).

A Associação Americana de Física Médica (AAPM) em 2009 estabelece

que, mesmo que as tarefas diárias do controle de qualidade sejam realizadas por técnicos, a equipe deve ser liderada por um especialista em física médica, que, além de executar/supervisionar os testes mensais e anuais, deve gerar relatórios anuais, possibilitando a verificação posterior.

No caso de aceleradores lineares, a aferição do funcionamento dos componentes do equipamento tem como objetivo manter o desvio da fração de dose de tratamento abaixo do valor de tolerância de $\pm 5\%$, sendo desejável manter-se menor que $\pm 3\%$ (KLEIN et al., 2009).

5.2 Produção do objeto simulador

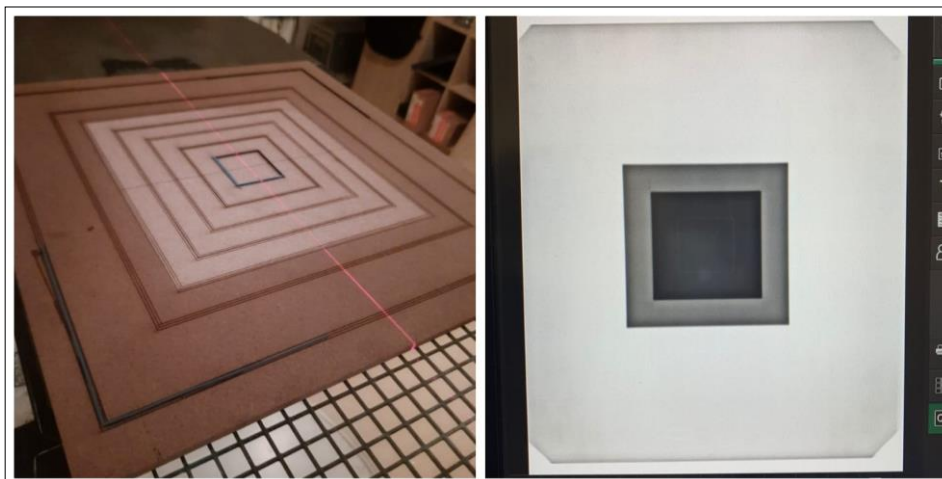
O objeto simulador e seus protótipos tiveram como base o MDF (Fibra de Média Densidade), que é um material derivado da madeira. Costuma ser encontrado na forma de uma placa uniforme, plana e densa, sendo utilizado principalmente em móveis, uma vez que não possui defeitos de superfície como a madeira em sua forma natural, além de ser de menor custo e renovável. Das propriedades mecânicas do MDF natural cita-se a densidade de 750 kg/m³, a resistência à tração perpendicular 0,61 MPa, a umidade ideal de 4 a 11 % e inchamento 15 %. Entretanto, sua resistência pode ser aumentada com a utilização de por meio de tratamentos químicos. Quando não realizados tratamentos de proteção e conservação, é necessário ter cautela a exposição do MDF a umidade e a tração excessiva, para evitar alteração da forma original (CAMPOS; LAHR, 2002)

É possível encontrar no mercado de filamentos de impressão 3D produtos que incorporam materiais atenuantes ao filamento termoplástico. Como produtos compostos de ABS, que contém diferentes materiais metálicos em sua constituição, destes elementos, cita-se o tungstênio e o bismuto. Pelas suas propriedades atenuantes, estes materiais podem ser utilizados na blindagem contra a radiação ou como marcadores radiopacos (KÜHN, 2019).

Uma vez pronto, o protótipo 1 foi submetido aos testes para validação, por meio de uma radiografia com exposições de uma unidade monitora em cada campo (10x10 e 15x15). Na Figura 4 visualiza-se o protótipo 1 submetido ao teste de campo luminoso, bem como o teste de coincidência de campo luminoso e campo de irradiação. Constatou-se a possibilidade de divergência de análise das linhas dos campos de tratamento, além da dificuldade na visualização dos vértices impressos em

material radiopaco na imagem de raios X de validação, uma vez que não houve diferenças visuais entre os filamentos radiopacos utilizados.

Figura 4 - Testes do protótipo 1.



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

Segundo Furnari (2021), o acessório utilizado para controle de qualidade do campo luminoso e radioativo deve ter a menor espessura possível a fim de respeitar a distância de 100 cm entre a fonte e a superfície da mesa ou do receptor de imagem. Em vista disso, definiu-se a necessidade de diminuição da espessura do objeto simulador, com vistas a gerar o aperfeiçoamento na confiabilidade do teste, uma vez que diminui a distância entre a superfície da mesa de tratamento e a face da placa.

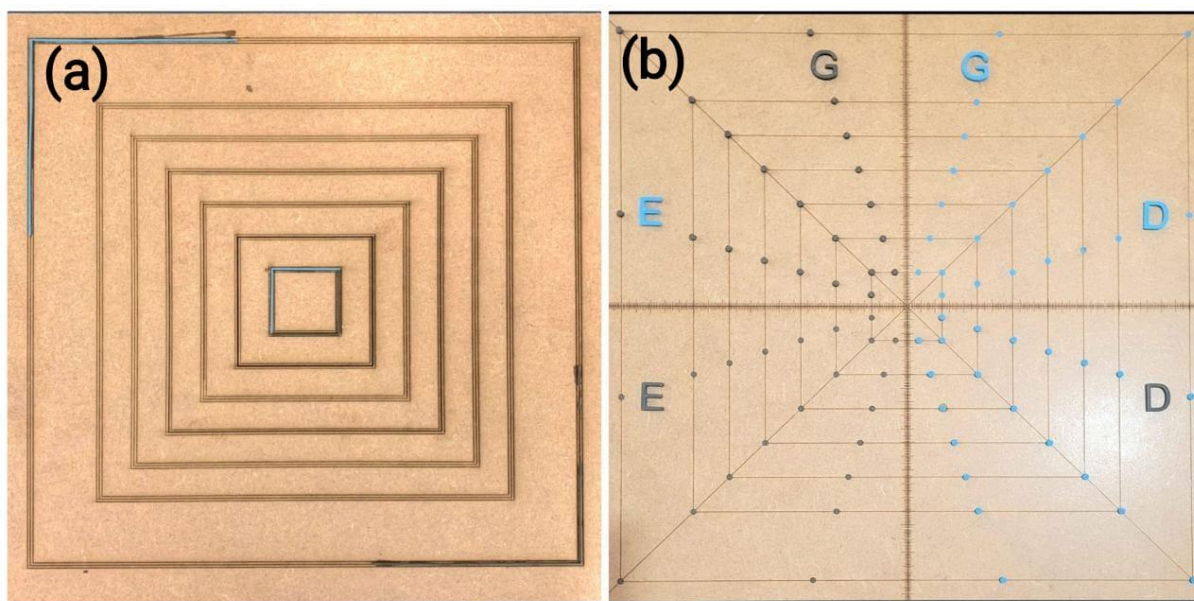
Além disso, a diminuição da espessura da placa de MDF permite a melhor visualização dos marcadores radiopacos. Visto que quanto menor a espessura do objeto a ser radiografado melhor o contraste da imagem obtida, já que o grau de enegrecimento da imagem está diretamente ligado a diferença de densidade e espessura (SOARES, LOPES; 2015).

A partir das análises do objeto simulador, iniciou-se o desenvolvimento do protótipo 2 com as necessárias melhorias: redução da espessura da placa de MDF, novo formato (circular) e posição do material radiopaco, inserção do isocentro da grade reticulado (eixo X e Y), indicação do lado direito e esquerdo bem como localização do *gantry*.

Considerando a tolerância dos testes de coincidência do campo luminoso de radiação, o segundo protótipo utilizou os dois materiais radiopacos com dimensão de 3 mm de altura e 4 mm de diâmetro, com disposições espaciais distintas. O

posicionamento dos discos foi dividido por lados e quadrantes. No quadrante superior esquerdo foram abrigados discos de tungstênio embutidos na placa; no quadrante inferior esquerdo, os discos feitos/impressos com o filamento de tungstênio sobrepostos na placa; já no quadrante superior direito foram acoplados os discos de bismuto sobrepostos na placa; por fim, o quadrante inferior direito foi destinado aos discos de bismuto na incrustados na placa de MDF. A Figura 5 (a) representa a primeira versão do protótipo, e ao lado (b) o protótipo 2 finalizado.

Figura 5 - Protótipo 1 e 2.

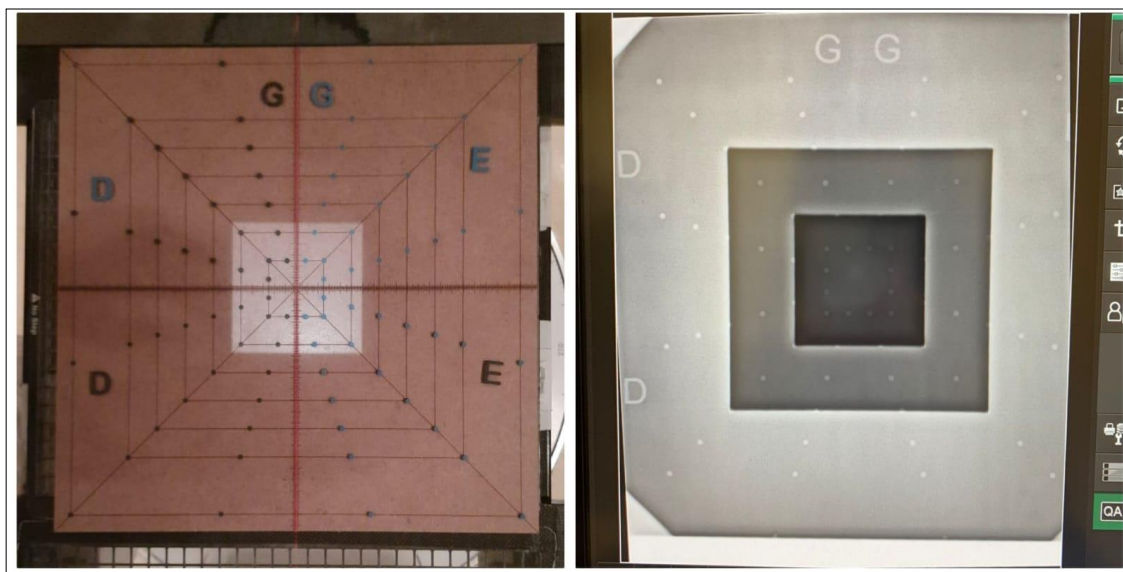


Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

A letra “D” representa o lado direito, “E” o lado esquerdo e a letra “G” representa a direção do *gantry*, indicando a orientação do posicionamento do objeto simulador durante a realização dos testes. Estas indicações foram impressas em ambos materiais radiopacos (bismuto e tungstênio). O plano de impressão desta etapa está representado na Figura 2 (b).

O protótipo 2 foi submetido aos testes para validação, conforme Figura 6, foram analisados o campo luminoso e de irradiação. Realizou-se uma radiografia com exposições de uma unidade monitora em cada campo (10x10 e 20x20).

Figura 6 - Testes do protótipo 2.

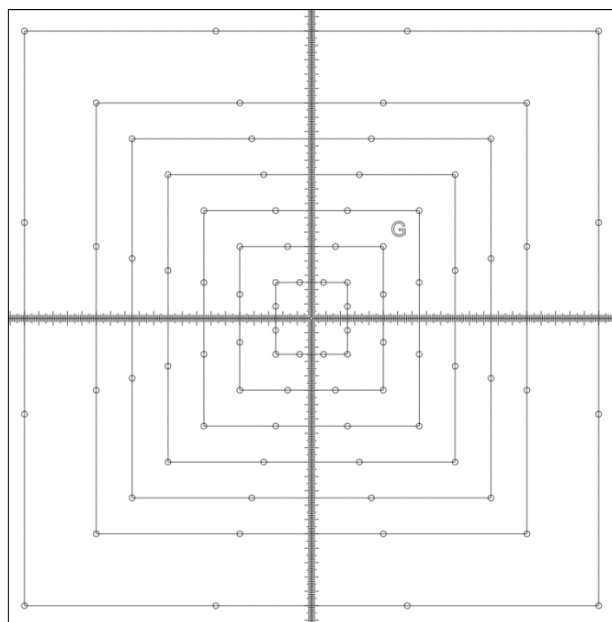


Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

Não houve diferença na inspeção visual (qualitativa) entre os materiais radiopacos na radiografia (bismuto e tungstênio), apesar da redução da espessura do MDF. Além disso, não foi constatada visualmente a distorção da imagem devido a divergência do feixe do acelerador linear. Na inspeção visual e da sua usabilidade do objeto simulador, definiu-se: posicionamento do disco incrustado na placa de MDF na cor azul, por possuir melhor contraste visual em relação à tonalidade do MDF; e posicionamento da letra “G” no quadrante superior esquerdo incrustado na placa entre os campos 10x10 e 15x15.

A versão final do protótipo 3 é apresentada na Figura 7, sendo que o objeto simulador foi batizado de CoDaTa-RT. Na parte posterior da placa encontra-se: a logo das instituições participantes da pesquisa, o laboratório responsável pela confecção, os nomes dos pesquisadores responsáveis pela idealização e elaboração do objeto simulador, bem como sua versão e data de fabricação.

Figura 7: Objeto simulador.



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

O objeto simulador, CoDaTa-RT, tem como função auxiliar a execução dos testes mecânicos de controle de qualidade diário e mensais. Tais testes são uma parte das ações de controle de qualidade que garantem a segurança e a aplicação correta da dose de tratamento (INCA, 2000). Entretanto, sua correta execução é vital para prevenção e percepção de desvios que podem evoluir para situações mais graves (IAEA, 1995). Portanto, a utilização de um objeto simulador acessório, como propõe este estudo, pode facilitar a execução do controle de qualidade, processo fundamental no fluxo de trabalho do serviço de radioterapia, uma vez que está diretamente relacionado à qualidade do tratamento.

Dentre as inúmeras vantagens da impressão 3D, destaca-se a rapidez e o baixo custo de produção, quando comparado a produção e venda industrial (KRUTH et al., 2010; LINO et al., 2001). O fato corrobora com o achado desta pesquisa, conforme visto na Tabela 1, são descritos os custos dos insumos utilizados para a produção do objeto CoDaTa-RT. Para a mensuração do peso utilizado dos filamentos, utilizou-se uma balança de precisão.

TABELA 1: INSUMOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DO OBJETO SIMULADOR E SEUS PROTÓTIPOS.

Materiais	Quantidade	Valor
Filamento Bismuto	10 g	R\$ 8,14
Filamento Tungstênio	10 g	R\$ 9,94
Placa de MDF	4 unidades	R\$ 19,76

Valor total	R\$ 37,84
--------------------	------------------

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Para mensurar o custo monetário do tempo despendido para executar uma tarefa, divide-se o tempo de produção pelo preparo dos dados, construção/impressão e pós-processamento (XU et al., 2001; KIM; OH, 2008). A partir deste método, o tempo de produção do objeto CoDaTa-RT foi estimado em 25 horas, somando-se o tempo utilizado para a realização dos testes dos protótipos de 3 horas. Logo, o tempo total de produção foi de 28 horas.

A IAEA (*International Atomic Energy Agency*) define que para garantir a exatidão e precisão na aplicação do tratamento é fundamental a aplicação de um controle de qualidade adequado. Segundo Yeung et al. (2005), os erros mais comuns no setor de radioterapia envolvem equívocos de documentação devido a falha de comunicação. Muitas dessas falhas podem ser geradas devido à falta de compreensão dos processos e das limitações no compartilhamento do conhecimento em radioterapia (RAMOS, 2018). Neste sentido, facilitar o entendimento de ferramentas de trabalho é fundamental para a implementação da nova tecnologia no processo de trabalho (ESPINHA, 2022).

6 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada foi possível constatar que as recomendações sobre o controle de qualidade em radioterapia feitas pelo órgão nacional de referência em oncologia no Brasil se baseiam em normativas internacionais consolidadas na comunidade científica mundial. Além disso, demonstra-se que os testes de controle de qualidade realizados seguem uma ordem lógica de acordo com a sua natureza e possui uma frequência de repetição baseada na probabilidade de desvio e o impacto que este causaria.

Por meio do desenvolvimento e produção dos protótipos do objeto simulador foi possível identificar as necessidades dos profissionais frente a realização dos testes do campo luminoso e coincidência de campos de luz-radiação. Durante o processo de desenvolvimento do objeto simulador, foi constatado a importância de facilitar a compreensão no posicionamento e uso do acessório durante a realização dos testes, deixando-o mais intuitivo e diminuindo as chances de percepções equivocadas.

Em relação à produção material do objeto simulador, constata-se que a espessura final da placa interfere diretamente na confiabilidade dos testes. Pois quanto maior a sua altura quando posicionada na mesa a 100 cm da fonte maior o desvio da medida que deve ser feita com a maior exatidão possível. Por esse motivo, a placa de espessura de 3mm foi considerada mais adequada para a produção do objeto simulador. Além disso, a diminuição da espessura da placa influenciou diretamente na melhoria da visualização das marcações radiopacas durante o teste de coincidência de campos de luz-radiação.

A escolha do filamento de bismuto para impressão dos marcadores radiopacos foi feita exclusivamente devido a cor do filamento (azul) possuir maior contraste visual quando inserido no MDF quando comparado ao filamento de tungstênio (cinza). Na radiografia realizada durante o teste de coincidência de campos de luz-radiação, não foi possível notar diferença de contraste entre os dois materiais.

Para futuros estudos neste tema sugere-se a produção de objetos simuladores acessórios em materiais mais resistentes e com menor espessura em relação ao produzido. Por fim, enfatiza-se a necessidade dos pesquisadores de aplicação da tecnologia de impressão 3D na área da saúde atentarem-se a área da

radioterapia, que possui vastas oportunidades de aplicação da tecnologia de impressão 3D em seu cotidiano.

REFERÊNCIAS

AUTODESK INC. (Califórnia, EUA). **Autodesk Fusion 360: CAD/CAM Software.**, 2014. Disponível em: <https://www.autodesk.com.au/products/fusion360/overview>. Acesso em: 07 jul. 2022.

CAMARGO, Renato. História da radioterapia. In: CAMARGO, Renato. **Radioterapia e Medicina Nuclear: radconceitos, instrumentação, protocolos, tipos de exames e tratamentos.** São Paulo: Saraiva, 2015. Cap. 12. p. 104-105. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536521336/pageid/104>. Acesso em: 01 set. 2021.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: Uec, 2002. 127 p. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2022.
FURNARI, Laura (org.). **Controle de Qualidade em Radioterapia.** 2. ed. São Paulo: Crayon, 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

INCA. **Programa de Qualidade em Radioterapia: TEC DOC - 1151: aspectos físicos da garantia da qualidade em radioterapia..** Rio de Janeiro: Inca, 2000. 162 p. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//tecdoc-1151_-_aspectos_fisicos_da_garantia_da_qualidade_em_radioterapia.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

INCA. **Programa de Qualidade em Radioterapia.** Rio de Janeiro: Inca, 2001. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/curso-de-atualizacao-para-tecnicos-em-radioterapia>. Acesso em: 04 maio 2021.

INCA. **Atualização para técnicos em radioterapia.** Rio de Janeiro: Inca, 2010. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/atualizacao-para-tecnicos-em-radioterapia>. Acesso em: 06 set. 2021.

IAEA. International Atomic Energy Agency. Onu (org.). **Quality assurance in radiotherapy.** Vienna: laea, 1995. 248 p. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_989_prn.pdf. Acesso em: 06 jul. 2022.

KIM G. D.; OH, Y. T. **A benchmark study on rapid prototyping processes and machines: quantitative comparisons of mechanical properties, accuracy, roughness, speed, and material cost.** Proc IMechE, Part B: J Engineering Manufacture; 222(2): 201–215. 2008.

KLEIN, Eric E.; HANLEY, Joseph; BAYOUTH, John; YIN, Fang-Fang; SIMON, William; DRESSER, Sean; SERAGO, Christopher; AGUIRRE, Francisco; MA, Lijun; ARJOMANDY, Bijan. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators). **Medical Physics**, [S.L.], v. 36, n. 91, p. 4197-4212, 17 ago. 2009.

Wiley. <http://dx.doi.org/10.1118/1.3190392>. Disponível em:
<https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=125>. Acesso em: 20 fev. 2022.

OMS. **Garantia de Qualidade em Radioterapia**. Geneva: Macmillan, 1988. 63 p.
 Disponível em:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/40423/9241542241_eng.pdf. Acesso
 em: 23 fev. 2022.

KRITH, J. P.; BADROSSAMAY, M.; YASA, E.; DECKERS, J.; THIJS, L.; VAN, Humbeeck, J. **Part and material properties in selective laser melting of metals**. In Proceedings of the 16th International Symposium on Electromachining. 2010.
 LINO, J.; BRAGA, F.; SIMÃO M.; NETO, R.; DUARTE, T. **Protoclick - Prototipagem Rápida**. Porto, FEUP. 2001.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **METODOLOGIA CIENTÍFICA**:: um manual para a realização de pesquisas em administração. Goiania: Ufg, 2011. 73 p. Disponível em:
 um manual para a realização de pesquisas em administração. Acesso em: 06 jul. 2022.

RAMOS, Daniela de Fatima Juncêck. **Gestão do Conhecimento na Melhoria da Dinâmica Organizacional em um Serviço de Teleterapia**. 2018. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Radiologia, Departamento de Saúde e Serviços, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
 Disponível em:
https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/521/TCC_Daniela.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 08 jul. 2022.

SALVAJOLI, João Victor; SOUHAMI, Luís ; FARIA, Sérgio Luiz. **Radioterapia em Oncologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

SIMPLIFY3D. Print Quality Troubleshooting Guide. 2019.
 Disponível em <<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>>. Acesso em: 07 de jul de 2022.

SOARES, Flavio Augusto; LOPES, Henrique Batista. **Equipamento Radiográfico e Processamento de Filme**. Porto Alegre: Bookman, p215. 2015.

YEUNG, Tai Keung; BORTOLOTTI, Karen; COSBY, Scott; HOAR, Margaret; LEDERER, Ernst. Quality assurance in radiotherapy: evaluation of errors and incidents recorded over a 10 year period. **Radiotherapy And Oncology**, [S.L.], v. 74, n. 3, p. 283-291, mar. 2005. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2004.12.003>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167814004005687>. Acesso em: 07 jul. 2022.

Xu, F., Wong, Y. S.; LOH, H. T. **Toward generic models for comparative evaluation and process selection in rapid prototyping and manufacturing**. Journal of Manufacturing Systems, 19(5), 283-296. 2001.

APÊNDICE A – Termo de Anuência

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que autorizamos o uso das imagens (fotografias) dos testes de controle de qualidade diário realizado em aceleradores lineares desta instituição, com objetivo único para fins didático pedagógico e também como auxiliar no desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado: “Desenvolvimento e Impressão 3D de um acessório complementar para verificação dos indicadores de tamanho de campo no controle de qualidade diário em aceleradores lineares” que está sob a coordenação/orientação das Professoras: Dra. Juliana dos Santos Müller e MSc Charlene da Silva cujo objetivo principal é desenvolver um acessório complementar para verificação dos indicadores de tamanho de campo no controle de qualidade diário em aceleradores lineares utilizando a impressão 3D com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

Como a presente proposta de estudo não envolverá a participação direto-indireta de seres humanos não necessitará da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, entretanto os pesquisadores envolvidos em respeito à integridade científica, ressaltam os seguintes pressupostos éticos envolvidos, considerando o respeito dos dados provenientes do processo investigativo, observa-se as seguintes condições:

§ garantia de confidencialidade e proteção da imagem individual e institucional. Salienta-se que os resultados do presente estudo poderão ser apresentados em encontros ou revistas científicas, no entanto será mantida a confidencialidade a qualquer informação relacionada à sua privacidade;

§ respeito a valores individuais e/ou institucionais manifestos, sejam de caráter religioso, cultural ou moral;

§ liberdade de recusa a participação total, o serviço de saúde poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo;

§ amplo acesso a qualquer informação acerca do estudo;

§ garantia da não violação e a integridade dos documentos;

§ assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem da instituição;

§ os dados e informações do estudo serão mantidos pelos pesquisadores em arquivo digital localmente em seu próprio computador e também no armazenamento em nuvem: drive google. Os registros e anotações coletadas ficarão sob a guarda do pesquisador principal por 5 anos. Só terão acesso aos mesmos os pesquisadores envolvidos;

Local, em 02/04/2022.

Luciano Roberto da Silva

Nome/assinatura e carimbo do responsável onde a pesquisa será realizada

Luciano Roberto da Silva
Físico Médico - CEPON
CRMEN/RT 0144 - RT 152/994

