

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

LUCAS FACONI CAMARGO

PROPOSTA DE PROTOCOLO DE ORIENTAÇÕES EM PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA APLICADO A RADIOIODOTERAPIA

FLORIANÓPOLIS

2024

LUCAS FACONI CAMARGO

**PROPOSTA DE PROTOCOLO DE ORIENTAÇÕES EM PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA APLICADO A RADIOIODOTERAPIA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Proteção Radiológica, do Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), como requisito parcial necessário para obtenção do título de Mestre em Proteção Radiológica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato

Co-orientador: Prof. Dr. Adriano Vitor

FICHA CATALOGRÁFICA

CDD 616.07575
C172p

Camargo, Lucas Faconi

Proposta de protocolo de orientações em proteção radiológica aplicado a radioiodoterapia [DIS] / Lucas Faconi Camargo; orientação de Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, coorientação de Adriano Vitor – Florianópolis, 2024.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Proteção Radiológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Medicina nuclear. 2. Proteção radiológica. 3. Radioisótopos do iodo. 4. Radioiodoterapia. 5. Pacientes internados. I. Camozzato, Tatiane Sabriela Cagol. II. Vitor, Adriano. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE PROTOCOLO DE ORIENTAÇÕES EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA APLICADO A RADIOIODOTERAPIA

Prof^a. Dr^a. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato - ORIENTADORA

Assinatura: _____

Prof. Dr. Adriano Vitor - COORIENTADOR

Assinatura: _____

Prof. Dr. Flavio Augusto Penna Soares - IFSC

Assinatura: _____

 Documento assinado digitalmente
FLAVIO AUGUSTO PENNA SOARES
Data: 21/03/2025 13:13:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ednaldo Alexandre Zandoná - FACULDADE EDUVALE AVARÉ

Assinatura: _____

Prof^a. Dr^a. Lina Vieira - ESTeSL/IPL

Assinatura: _____



RESUMO

CAMARGO, L.F. **Proposta de Protocolo de Orientações em Proteção Radiológica Aplicado a Radioiodoterapia.** 2024. Projeto de Dissertação - Programa de Pós Graduação Strictu Sensu em Proteção Radiológica. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços. Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

Orientadora: Dra. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato

Linha de Pesquisa: Gestão nos Serviços de Diagnóstico e Terapia

A otimização dos processos relativos à proteção radiológica é um importante parâmetro a ser implementado, pois permite uma melhor gestão dos procedimentos e recursos dos Serviços de Medicina Nuclear, principalmente nas terapias realizadas nestes ambientes. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta *web* e uma cartilha personalizada focada na radioiodoterapia. Este estudo foi desenvolvido de maneira prospectiva, com abordagem qualitativa e exploratória. Os dados foram coletados em um Serviço de Medicina Nuclear (SMN) do Sul do Brasil após a aprovação do comitê de ética em pesquisa. A ferramenta *web* para cálculo de meia vida efetiva foi desenvolvida utilizando um modelo auxiliar de regressão linear múltipla utilizando as variáveis importantes para determinar o tempo de meia vida efetiva. A criação da cartilha foi desenvolvida no *software Microsoft Excel 2021®*. Para a validação da ferramenta foram utilizados dados de pacientes que já haviam sido coletadas anteriormente. A ferramenta *web* foi desenvolvida e a cartilha de proteção radiológica integrada, ambos estão disponibilizados on-line. O *site* solicita o preenchimento dos dados essenciais para a realização dos cálculos, após gerar um gráfico que permite a seleção da terapia realizada (disponível apenas radioiodoterapia no momento) e gera um arquivo PDF com as orientações de proteção radiológica personalizadas de acordo com o cálculo individual de meia vida efetiva.

Descritores: Medicina Nuclear; Proteção radiológica; Radioisótopos do iodo; Radioiodoterapia; Pacientes internados

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tipos de carcinomas malignos da tireoide.....	15
Figura 2- Bases e diretrizes norteadoras em proteção radiológica.....	17
Figura 3- Demonstração dos passos utilizados no modelo de algoritmo genético....	28
Figura 4- Influência do IMC e taxa de dose em pacientes do sexo masculino com atividade de administração de 100 mCi.....	30
Figura 5- Influência do IMC e taxa de dose em pacientes do sexo feminino com atividade de administração de 100 mCi.....	31
Figura 6- Campos da ferramenta web desenvolvida.....	32
Figura 7- Resultado estimado do tempo de internação e previsão da meia-vida efetiva calculada e nominal.....	33
Figura 8- Avaliação da radiometria clínica após 24 horas da administração da dose terapêutica variando a distância.....	33
Figura 9- Avaliação da radiometria clínica após 14 dias após administração da dose terapêutica variando a distância.....	34
Figura 10- Página inicial do cálculo e personalização da cartilha.....	34
Figura 11- Página acessada após a inserção dos dados.....	35
Figura 12- Campos da ferramenta desenvolvida.....	43
Figura 13- Resultado estimado do tempo de internação e previsão da meia-vida efetiva.....	44
Figura 14- Avaliação da radiometria clínica após 24 horas da administração da dose terapêutica variando a distância.....	45
Figura 15- Avaliação da radiometria clínica em função do tempo adotado em dias variando a distância.....	46
Figura 16- Página inicial do cálculo e personalização da cartilha.....	47
Figura 17- Página acessada após a inserção dos dados.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis utilizadas no algoritmo.....	27
Tabela 2- Variáveis apresentadas e suas faixas de valores.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. JUSTIFICATIVA	11
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. OBJETIVO GERAL	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1. MEDICINA NUCLEAR	12
2.3. RADIOISÓTOPOS DO IODO	13
2.4. CARCINOMA DIFERENCIADO DA TIREOIDE	14
2.5. PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA	20
4. RESULTADOS	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6. REFERÊNCIAS	60
APÊNDICES	64
APÊNDICE B – PROJETO DA CARTILHA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	66

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual, existem aproximadamente 471 serviços de Medicina Nuclear (MN) distribuídos no território nacional (CNEN, 2015). Esta é uma modalidade médica considerada segura, indolor e não invasiva que utiliza fontes radioativas não seladas, com finalidade diagnóstica e terapêutica (SBMN, 2020). As técnicas de diagnóstico empregam a tomografia por emissão de fóton único (do inglês – *Single Photon Emission Computed Tomography* – SPECT) e a tomografia por emissão de pósitron (do inglês – *Positron Emission Tomography* – PET) (CNEN, 2013), resultando em número significativo de profissionais que rotineiramente manipulam grande variedade de radionuclídeos, podendo ser destacados o tecnécio-99 metaestável (^{99m}Tc), o iodo-131 (^{131}I), o gálio-67 (^{67}Ga) e o tálio-201 (^{201}Tl).

Conforme preconizado em Norma Nuclear CNEN NN 3.05 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear (Resolução CNEN 159/13), o paciente submetido à terapia com ^{131}I com dose prescrita superior a 1850 MBq (50 mCi) necessita de uma unidade de internação, denominado quarto terapêutico (CNEN, 2013). Nesse período de internação, sob a guarda do Serviço de Medicina Nuclear (SMN), o paciente é acompanhado por uma equipe multidisciplinar até que sejam atendidos os requisitos necessários para a sua liberação (CNEN, 2013), (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020). Após atingir o valor de taxa de dose preconizado na Norma NN 3.05, o paciente recebe alta clínica e dosimétrica, sendo orientado sobre cuidados de proteção radiológica a serem seguidos em casa até a data do exame de Pesquisa de Corpo Inteiro (PCI) (CAMPOS, 2015).

A Radioiodoterapia (RIT) assim como é denominada, possui como finalidade combater possíveis remanescentes glandulares, neoplásicas ou não, após a cirurgia de tireoidectomia. Nesta prática, são administradas doses que podem variar de acordo com a prescrição clínica, sendo intimamente ligada ao tipo do carcinoma, se existe ocorrência de metástases, entre outros parâmetros avaliados pelo corpo médico (INCA, 2020).

Devido ao quarto terapêutico ser um ambiente totalmente controlado, o período de permanência do paciente nesse leito dispõe de um melhor controle clínico, pois garante a diminuição da taxa de dose, diminuindo significativamente a

exposição a outros indivíduos além de reduzir a ocorrência de contaminações com altas concentrações radioativas (CNEN, 2013); (CHO, KIM e SON, 2017). Vale ressaltar que parâmetros que influenciam diretamente a taxa de dose são: tempo, atividade, quantidade de líquido ingerido, uso de TSH recombinante (rhTSH) e peso do paciente (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020).

Diante disso, a RIT envolve e reúne questões voltadas à proteção radiológica, sejam elas ligadas ao paciente, aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs), aos indivíduos do público ou ao meio ambiente. De modo geral, considera-se que a exposição dos trabalhadores envolvidos na RIT, possa ser gerenciada quando estes estiverem bem treinados e trabalharem em condições adequadas (CNEN, 2013), o mesmo prevalece quando a proteção radiológica é aplicada para os indivíduos do público e ao meio ambiente, por meio da gestão de rejeitos radioativos (IAEA, 2009).

No entanto, para as orientações de proteção radiológica oferecidas aos pacientes, ainda consiste em esclarecimentos genéricos, sendo carente de uma atenção única e personalizada dos cuidados após a alta dosimétrica de cada paciente. Consequentemente, a notável escassez de critérios e orientações que regem os níveis seguros de proteção radiológica levam a uma superestimação dos cuidados de proteção radiológica que devem ser seguidos pelo paciente em domicílio (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014), prolongando algumas medidas que na prática seriam excessivas.

Com base nas normativas que evidenciam a proteção radiológica na alta dosimétrica do paciente após a RIT, devem ser fornecidas ao paciente instruções e informações, inclusive escritas, relacionadas à proteção contra a radiação (IAEA, 2009). Entretanto, percebe-se que um modelo único de critérios para a liberação dos pacientes após a terapia com ^{131}I não seria uma otimização apropriada. Recomenda-se que a liberação de pacientes seja feita individualmente e com orientações personalizadas (U.S. NRC, 2020); (STOKKE, GABINA, *et al.*, 2017); (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014). (U.S NRC, 2020; HOSONO, 2018; STOKKE *et al.*, 2017; IAEA 2014).

Ademais, recomenda-se que o paciente receba um pequeno cartão com os detalhes de sua terapia e os detalhes de contato do departamento responsável, incluindo os cuidados referentes à proteção radiológica e o tempo que precisará ter

em cada cuidado (IAEA, 2009). Por essa razão, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma cartilha de proteção radiológica personalizada, respeitando as exigências legais.

1.1. JUSTIFICATIVA

Diante dos dados apresentados e tendo em vista a possibilidade de mensuração e controle personalizado da proteção radiológica para o paciente submetido a RIT, esta pesquisa propõe a elaboração de um protocolo padronizado, automatizado e que seja capaz de reunir e gerar orientações individualizadas (U.S. NRC, 2020), com bases fundamentadas no *Safety Reports Serie Nº 63: Agency Release of patients after radionuclide therapy / with contributions from the International Commission on Radiological Protection* (IAEA, 2009) .

Esse projeto visa implementar tal processo em um SMN particular, e caso este processo se mostre acurado para tal atividade, poderá ser gestado pela empresa de física médica BrasilRad-Inovação e Qualidade em Física Médica para ser implementado em outros serviços.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da importância de esclarecer de maneira simples e objetiva os pacientes submetidos a RIT e os profissionais envolvidos nesta prática, o ponto norteador desta pesquisa foi conduzir e entender como disponibilizar a orientação individualizada e personalizada pós alta dosimétrica dos pacientes submetidos a RIT?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Implementar um protocolo de orientações de proteção radiológica individualizado para pacientes submetidos a RIT, com direcionamento na proteção radiológica e aporte nutricional favorecendo melhor qualidade de vida pós RIT.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para melhor compreender e atender os objetivos gerais deste trabalho, será possível determinar os seguintes aspectos:

- a) Desenvolver ferramenta *Web* de cálculo da meia vida efetiva;

- b) Criar e automatizar as orientações de proteção radiológica personalizada por meio da atividade administrada, taxa de dose após administração e no momento da alta dosimétrica;
- c) Disponibilizar a cartilha de proteção radiológica desenvolvida em um SMN para utilização dos profissionais na orientação dos pacientes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. MEDICINA NUCLEAR

A Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que compreende na administração de radiofármacos, na qual possuem finalidade diagnóstica e/ou terapêutica (SBMN, 2020). Os radiofármacos consistem na união de fármacos (moléculas ou células), que se acumulam seletivamente em um tecido, órgão ou lesão por meio de processos fisiológicos e metabólicos, que são então marcados – ou ligados – quimicamente com radionuclídeos (CHERRY, SORENSON e PHELPS, 2012).

Os radiofármacos teranósticos, ou seja, responsável pelo diagnóstico quanto para terapia, são frequentemente administrados no paciente por via intravenosa, entretanto, administrações orais, intracavitárias e intra-arteriais também são empregadas. Estes atingem o órgão alvo na superfície das células tumorais ou, às vezes, em células normais, possuindo uma interação direta com meio (HOSONO, 2018).

Sua biodistribuição pode ser detectada por meio da radiação gama emitida, formando imagens com base na quantidade de interação da radiação detectada, sendo então utilizados para o diagnóstico (ZIESSMAN, O'MALLEY e , 1995).

Já os fármacos marcados com radionuclídeos emissores de partículas alfa (α) e beta (β) se acumulam em lesões, tal como o câncer, e podem destruir as células por irradiação focalizada dos tecidos patológicos. Estes últimos são então utilizados como tratamento terapêutico, ou terapia (SBMN, 2020); (YONEKURA, MATTSSON, *et al.*, 2019), como no caso da RIT, para tratamento de carcinoma diferenciado de tireoide (CHERRY, SORENSON e PHELPS, 2012).

A célula tireoidiana é composta por células de origem epitelial chamadas células foliculares, que expressam uma proteína de membrana denominada transportador de sódio-iodo (*Na-I Symporter* - NIS) que internaliza o iodo para dentro da célula. Assim, devido a esta propriedade de internalizar o iodo e sabendo que o câncer bem diferenciado de tireoide e suas metástases mantêm em parte a expressão do NIS, utiliza-se o iodo radioativo para o tratamento deste tipo de carcinoma (ZIESSMAN, O'MALLEY e, 1995), (YONEKURA, MATTSSON, *et al.*, 2019).

O ^{131}I é absorvido pelo trato gastrointestinal após a administração via oral. Outros órgãos que concentram iodo são: glândulas salivares, sudoríparas, estômago, mamas e placenta, sendo eliminados rapidamente. A principal via de excreção é a renal, além de ser secretado no suor e em pequena quantidade nas fezes (HIRONAKA, ONO, *et al.*, 2012).

Em ambas as modalidades da medicina nuclear o paciente se torna uma fonte radioativa, havendo necessidade de adotar blindagens de chumbo, barita ou concreto, nas instalações de um serviço (YONEKURA, MATTSSON, *et al.*, 2019).

2.2. TERAPIAS RADIOISOTÓPICAS

A terapia radioisotópica, ou terapia com radionuclídeos tem suas diretrizes consolidadas nos *guidelines* nacionais e internacionais.

Sua aplicação no tratamento de doenças relacionadas à tireoide é uma alternativa viável devido ao número de opções de tratamentos que oferece, tanto paliativo quanto curativo, englobando uma variedade de outras doenças malignas e não malignas (STOKKE, GABINA, *et al.*, 2017).

2.3. RADIOISÓTOPOS DO IODO

Descoberto em 1938 pelo químico Glenn Seaborg e pelo físico nuclear John Livingood, o uso do ^{131}I ganhou espaço na Medicina Nuclear, principalmente por suas características física, que consistem na emissão de raios gama e partículas beta, tornando-se um excelente teranóstico natural, ou seja, capaz de realizar a terapia e avaliação diagnóstica pós dose terapêutica. O primeiro registro de tratamento foi em 1941, para um caso de hipertireoidismo, realizado no Hospital Geral de Massachusetts (MCCREADY, 2017).

O ^{131}I emite fótons de 364 keV, possui uma meia-vida física de aproximadamente 8,02 dias e é obtido como produto da fissão do ^{235}U ou em reator, por meio do bombardeio do elemento Telúrio-130 (^{130}Te) (KAIHO, 2014). De acordo com Barros et al. (2020) o tempo médio de meia-vida efetiva, ou seja, combinação da meia-vida física e da meia-vida biológica, para o ^{131}I é de 10,7 horas.

A meia-vida-efetiva corresponde ao tempo para que a concentração estimada em um órgão ou tecido se reduza à metade da concentração inicial. Nessa linha, o tempo de internação para pacientes que realizam a radioiodoterapia é em média 14,70 horas, considerando que nesse tempo eles atinjam uma taxa de dose inferior 30 $\mu\text{Sv/h}$ (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020); (CNEN, 2013).

A definição da dose terapêutica a ser administrada ao paciente submetido a RIT está intimamente ligada com o período de internação. Conhecer essas características permite a otimização da logística envolvendo os insumos radioativos, materiais e custo operacional, bem como, a otimização da gestão do processo de internação (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020); (YONEKURA, MATTSSON, *et al.*, 2019); (IAEA, 2009).

2.4. CARCINOMA DIFERENCIADO DA TIREOIDE

Os tipos de câncer de tireoide mais frequentes são os carcinomas diferenciados, como por exemplo o papilífero, o folicular e o de células de *Hürtle*. Além destes, existem ainda os carcinomas pouco diferenciados e os indiferenciados (INCA, 2019), (FERLAY, COLOMBET, *et al.*, 2019).

Este tipo de carcinoma pode ser classificado e dividido em três grupos distintos, de acordo com a sua origem e definição. As neoplasias originárias de células parafoliculares, produtoras de calcitonina, são definidas como carcinomas medulares da tireoide (CMT), responsáveis por cerca de 5 % do total de carcinomas tireoidianos (MACIEL, 2011).

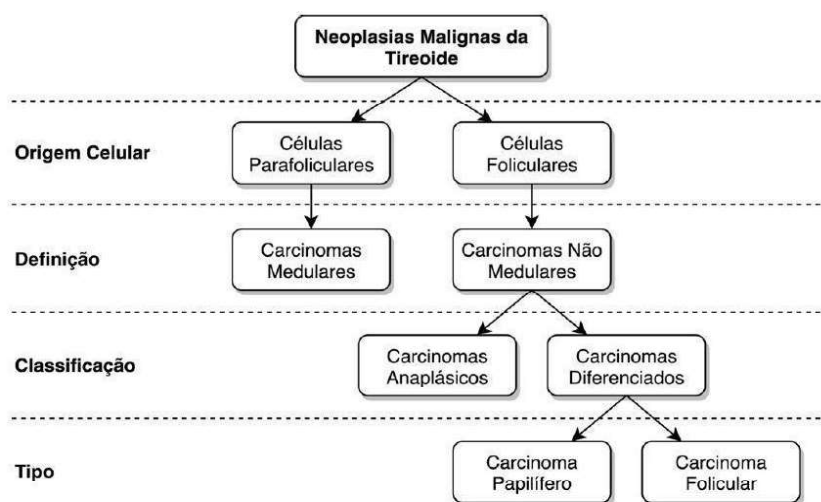
Já as neoplasias com origem em células foliculares da tireóide, correspondem a cerca de 90% dos tumores malignos da tireoide. Para este grupo, as neoplasias podem ser subdivididas e classificadas como carcinomas diferenciados da tireoide (CDT) ou carcinomas anaplásicos da tireoide (CAT),

também ditos como indiferenciados, de acordo com o grau de diferenciação histológica.

O CDT é uma doença que afeta milhares de pessoas no mundo. As estimativas indicam que ele é o nono tipo de câncer mais frequente (BRAY, FERLAY, *et al.*, 2018); (FERLAY, COLOMBET, *et al.*, 2019).

A Figura 1 apresenta um esquema ilustrativo da classificação dos tumores da tireoide.

Figura 1- Tipos de carcinomas malignos da tireoide



Fonte: Adaptado WHO (2004)

Na maioria dos casos o câncer de tireoide é removido cirurgicamente, este processo cirúrgico denominado tireoidectomia, tem como objetivo a retirada total ou parcial da glândula tireóide, e pode ser complementado pela RIT (GOLBERT, WAJNER, *et al.*, 2005).

Posteriormente, e dependendo extensão cirúrgica e da indicação clínica, pode ser necessária uma complementação terapêutica que é feita com o uso do ^{131}I , que por sua vez tem a finalidade de eliminar células remanescentes ou metástases e é seguida da terapêutica substitutiva hormonal (INCA, 2019); (HAUGEN, ALEXANDER, *et al.*).

Uma vez que, estes tumores diferenciados são dependentes do Hormônio Estimulante da Tireoide (TSH) para o seu crescimento, a terapêutica substitutiva com T4, não apenas para promover o eutireoidismo, mas também para bloquear o TSH secretado pela hipófise (MACIEL, 2011).

Os radionuclídeos utilizados nesta modalidade terapêutica, possuem uma característica de emissão corpuscular, partículas beta com baixa penetração tecidual, fundamental para minimizar os danos em tecidos adjacentes ao tecido que será tratado e devido ao tempo de meia-vida biológica curto, contribuem para uma boa correspondência entre os benefícios obtidos com o tratamento e os possíveis danos causados por este (CAMPOS, 2015). Além do mais, podem emitir raios gama e/ou raios X característicos, como produto da interação da radiação com a matéria (IAEA, 2009).

O uso da terapia com ^{131}I , se deve pelo fato, da glândula da tireoide ter alta afinidade de captação de iodo, absorvendo assim praticamente todo o ^{131}I presente no sangue. Desse modo, esta terapia age de forma seletiva, auto irradiando a tireoide e o tumor, preservando as demais células que não absorvem e retêm este radionuclídeo (NGUYEN, LEE, *et al.*, 2015).

Quando um paciente possui a indicação clínica para realizar a terapia com ^{131}I , o processo de internação começa com as orientações relativas a todo fluxograma da internação. Cada paciente deve ser orientado antecipadamente sobre os cuidados necessários antes da internação, durante o período em que ficará internado e, ainda, com relação à alta hospitalar e os demais cuidados quando já estiver em domicílio (IAEA, 2009).

Na fase pré-tratamento o paciente é orientado a seguir uma dieta restrita de iodo, portanto, os níveis de iodo não-radioativo no sangue sofrem uma redução significativa, dessa forma, quando administrada a dose terapêutica de ^{131}I , as células tireoidianas absorverão o máximo possível de todo radiofármaco, permitindo uma maior eficiência e resposta terapêutica (A. C. CAMARGO, 2021).

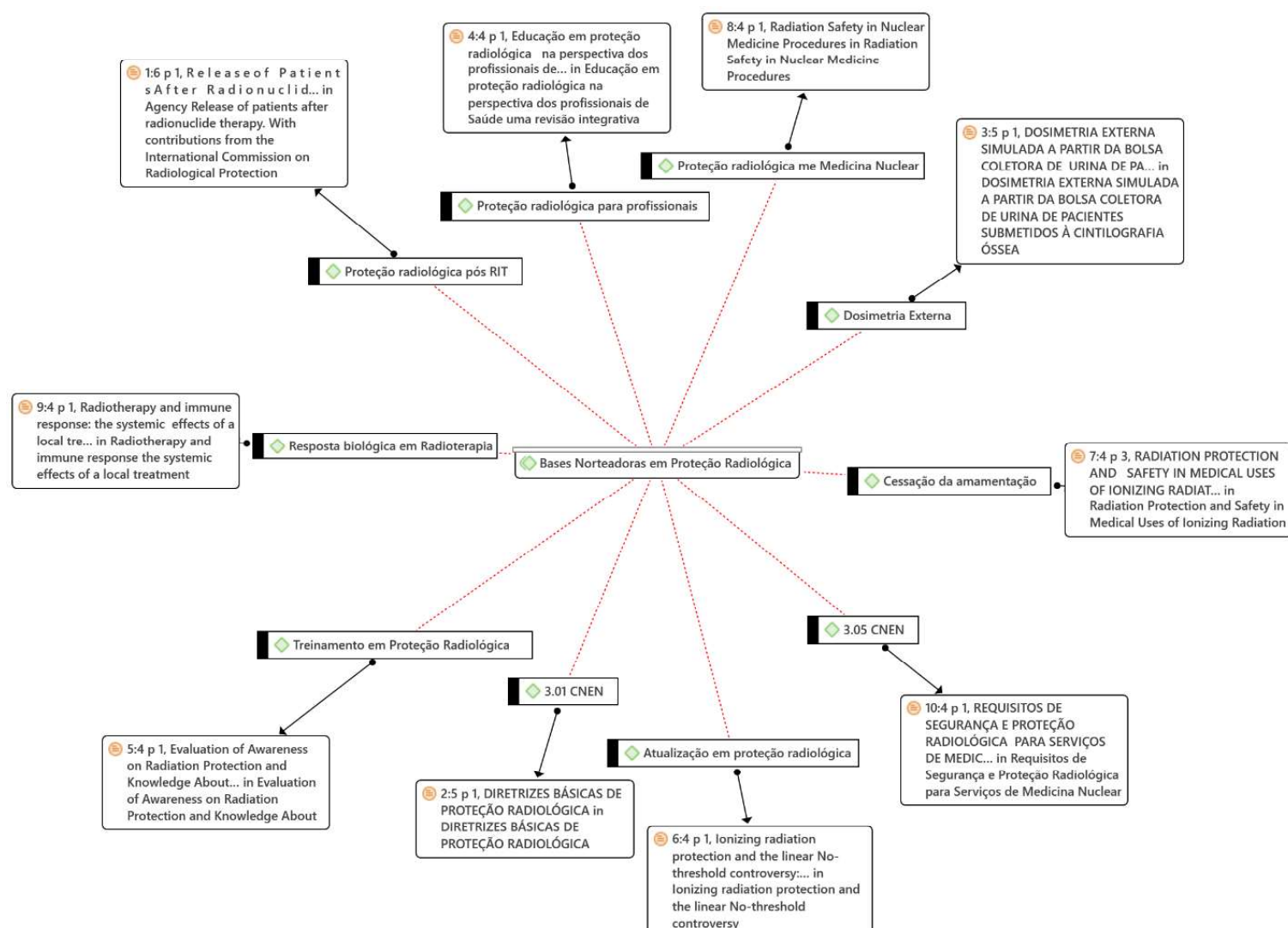
Para os pacientes que fazem uso do hormônio tetraiodotironina, ou tiroxina (T_4), o protocolo utilizado consiste na suspensão do medicamento para que os níveis de TSH no sangue aumentem, fazendo com que a absorção de ^{131}I pela tireoide seja estimulada e facilitada a internalização do material radioativa para dentro da célula (OLIVEIRA, 2020).

2.5. PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Para melhor compreensão da proteção radiológica aplicada nesta pesquisa, foi utilizado o *software* Atlas TI® como ferramenta para agrupamento dos manuscritos voltados à proteção e segurança radiológica.

A Figura 2, retrata por meio das diretrizes, os caminhos escolhidos para construção dos pilares que sustentam a usabilidade e aplicabilidade em desenvolver uma ferramenta simples e de baixo custo, agindo precocemente dentro do cenário legislativo nacional (U.S. NRC, 2020).

Figura 2- Bases e diretrizes norteadoras em proteção radiológica



Fonte: Própria (2022)

O uso terapêutico de radioisótopos pode tornar-se um risco potencial de exposição à radiação para familiares e indivíduos próximos ao paciente, ao meio

ambiente e aos funcionários das instalações do SMN (CHO, KIM e SON, 2017). De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), fundamentada pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), esta prática deve seguir todas as diretrizes de segurança estabelecidas para garantir a liberação segura do paciente injetado (IAEA, 2009).

Tratando-se dos IOEs do SMN, considera-se que este problema possa ser gerido quando se trabalha com pessoal bem treinado e em instalações adequadas. Em contrapartida, uma vez que o paciente é liberado, os grupos de risco incluem os familiares e indivíduos próximos ao paciente, incluindo aquelas pessoas encontradas em locais, transportes ou em eventos públicos (IAEA, 2009).

O efeito da radiação ionizante no material biológico é devido à absorção de energia dos raios gama, raios X ou partículas carregadas pelos átomos, que podem ser ionizados ou excitados, dando início a uma série de ações que levam a um efeito biológico final (CARVALHO e VILLAR, 2018). Embora a utilização da radiação ionizante traga benefícios, em qualquer que seja sua aplicação, os riscos intrínsecos ao seu uso devem ser contabilizados, tendo como fundamento os princípios de proteção radiológica, que são: justificação, otimização e limitação de dose (PASQUETA, 2019)

Desse modo, com base em normas que tratam de proteção radiológica na alta do paciente após a terapia com radionuclídeos, devem ser fornecidas ao paciente algumas instruções e informações, inclusive escritas, relacionadas à proteção contra a radiação (IAEA, 2009). Pode-se citar o exemplo da aplicação do princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) para manter as doses para pessoas em contato com ou nas proximidades do paciente o mais baixo possível e, para evitar a propagação de contaminação (HOSONO, 2018); (NGUYEN, LEE, *et al.*, 2015).

Entretanto, percebe-se que um modelo único de critérios para a liberação dos pacientes após a terapia com ^{131}I não seria uma otimização apropriada e, portanto, recomenda-se que a liberação de pacientes seja feita individualmente e com orientações personalizadas (IAEA, 2009).

Além disso, recomenda-se que o paciente receba uma cartilha com os detalhes de sua terapia e os detalhes de contato do departamento responsável,

incluindo os cuidados referentes à proteção radiológica e o tempo que precisará ter em cada cuidado (IAEA, 2009). Para pacientes que estejam amamentando, deve-se fornecer instruções e informações sobre a interrupção da amamentação, incluindo as consequências de não seguir a recomendação (IAEA, 2018). Pode-se ressaltar ainda, a necessidade do cumprimento dessas ações de proteção radiológica a fim de reduzir o risco de efeitos estocásticos (IAEA, 2014); (CNEN, 2013).

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo prospectivo, com abordagem qualitativa e exploratória, cuja fundamentação da pesquisa qualitativa é especialmente adequada para áreas, temas ou problemas que possuem escassez dentro da literatura (KERR e KENDALL, 2013)

Foram coletados 283 pacientes sendo 172 do sexo feminino e 111 do sexo masculino.

Para o estudo exploratório, consiste na caracterização de um estudo preliminar de um assunto relativamente recente ou pouco conhecido. Tem como essência, proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a torná-lo mais acessível ou fundamentar suas bases (GIL, 2017).

O estudo obteve aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa, após cadastro na Plataforma Brasil, e será executado conforme a Resolução nº 466/2012 e a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, as quais regulamentam a pesquisa com seres humanos, sob protocolo CAAE: 52057921.9.0000.0113, conforme anexo A.

A coleta de dados foi realizada em um SMN no Sul do Brasil, que oferece atendimento médico completo, incluindo os serviços ambulatoriais e de diagnósticos por imagem. Além disso, oferece atendimento via convênio, particular e uma pequena demanda pelo Sistema Único de Saúde (SUS) via parcerias externas, fornecendo estrutura adequada, confortável e acessível para todas as faixas etárias.

Além da RIT, o Serviço oferece terapias radionuclídicas com Lutécio-177 (^{177}Lu) e Rádio-223 (^{223}Ra), funcionando em caráter de internação e ambulatorial.

3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa iniciou-se com a revisão das publicações e normas nacionais e internacionais sobre RIT, proteção radiológica e critérios para a alta dosimétrica e após com o planejamento e desenvolvimento da ferramenta *web* de cálculo da meia vida efetiva.

Como modelo auxiliar foi proposto um modelo híbrido envolvendo algoritmo genético e regressão linear múltipla que é uma extensão da regressão linear simples e permite a modelagem da relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. O objetivo é encontrar a melhor combinação linear dessas variáveis independentes para descrever a variável dependente. Para guiar o ajuste da regressão linear múltipla foi utilizado o método dos mínimos quadrados, usado para estimar os coeficientes do modelo, minimizando a soma dos quadrados dos resíduos (diferenças entre os valores observados e os valores previstos).

A fórmula geral para o modelo de regressão linear múltipla é:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$$

Onde:

- ✓ y é a variável dependente do modelo,
- ✓ $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ são as variáveis independentes do modelo.
- ✓ β_0 é o intercepto (constante do modelo).
- ✓ $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ são os coeficientes das variáveis independentes.
- ✓ ε É o termo de erro (resíduo), que constitui-se uma variável aleatória normalmente distribuída com média zero e variância constante.

O objetivo do método dos mínimos quadrados é estimar os coeficientes de tal forma que a soma dos quadrados dos resíduos seja minimizada. A soma dos quadrados dos resíduos (SSR) é dada por:

$$SSR = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Onde:

- ✓ y_i são os valores observados da variável dependente.

- ✓ $\hat{y}_i$ são os valores previstos da variável dependente com base no modelo.

O presente modelo foi usado para gerar a população de soluções no passo de geração de soluções iniciais do algoritmo genético proposto que será descrito nas seções seguintes.

O algoritmo utiliza os dados de algumas variáveis que devem ser informados no formulário disponível.

O modelo de algoritmo selecionado para o desenvolvimento da ferramenta *web* foi o modelo de algoritmo genético.

Os algoritmos genéticos são algoritmos probabilísticos que fornecem um mecanismo de busca paralela e adaptativa. (AURÉLIO; PACHECO; PACHECO, [s.d.])

Os algoritmos genéticos são bastante eficientes quando trabalhamos com um problema com muitas variáveis, pois eles não limitam os métodos de busca. Além da sua capacidade de identificar e explorar esses fatores durante a sua utilização, melhorando a adaptação das variáveis. (CARLOS; JAMILSON; SOUZA, [s.d.])

A escolha do algoritmo genético baseou-se no exposto acima, a quantidade de dados que possuímos para definir um valor final, e a evolução dos resultados baseados na utilização do algoritmo se mostrou uma opção extremamente viável.

Por fim foi vinculado a ferramenta *web* a cartilha de proteção radiológica. A cartilha de proteção radiológica tem como objetivo fornecer ao paciente orientações individuais com uma estimativa personalizada por meio da atividade administrada, taxa de dose após administração e no momento da alta dosimétrica.

Todo o processo para construção da cartilha foi desenvolvido no *software Microsoft Excel 2021®* e a implementação do modelo híbrido baseado em AGs e Regressão múltipla foi implementado em Matlab.

Foram utilizados os dados de 100 pacientes coletados anteriormente para calibração da ferramenta desenvolvida.

4. RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa estão dispostos na forma de dois artigos:

ARTIGO 1 – Desenvolvimento *Web* de Ferramenta para Cálculo de Meia Vida Efetiva

ARTIGO 2 – Elaboração de Cartilha de Proteção Radiológica Personalizada e Integração de Ferramenta *Web* para Cálculo de Meia Vida Efetiva

ARTIGO 1 – DESENVOLVIMENTO *WEB* DE FERRAMENTA PARA CÁLCULO DE MEIA VIDA EFETIVA

CAMARGO, Lucas Faconi¹; CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol²; VITOR, Adriano³

RESUMO

A otimização dos processos relativos à proteção radiológica é um importante parâmetro, pois permite uma melhor gestão dos procedimentos e recursos de um Serviço de Medicina Nuclear. Além de disseminar o conhecimento, garante a facilidade de acesso à população atendida, sobre os cuidados em relação à proteção radiológica aplicada na radioiodoterapia, levando em consideração a importância ao paciente que realiza uma terapia com radionuclídeos e aos profissionais que participam desse processo, surge a necessidade de propor um protocolo de orientação individualizado pós radioiodoterapia. Este trabalho tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento *web* de uma ferramenta que facilitará a realização e a visualização do cálculo de meia vida efetiva de pacientes que realizam radiodoterapia. Como modelo auxiliar foi proposto uma regressão linear múltipla que é uma extensão da regressão linear simples e permite a modelagem da relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. O algoritmo utiliza os dados de algumas variáveis que devem ser informados no formulário disponível. O modelo de algoritmo selecionado para o desenvolvimento da ferramenta *web* foi o modelo de algoritmo genético. Este processo resultou em uma ferramenta que possibilita a inserção de diversos dados referentes a terapia realizada que resultará em uma estimativa da meia vida efetiva e consequentemente em uma estimativa de tempo para liberação do convívio social.

Descritores: Medicina Nuclear; Proteção radiológica; Radioisótopos do iodo;

Pacientes internados

INTRODUÇÃO

No contexto atual, existem aproximadamente 471 serviços de Medicina Nuclear (MN) distribuídos no território nacional (CNEN, 2015). Esta é uma modalidade médica considerada segura, indolor e não invasiva que utiliza fontes radioativas não seladas, com finalidade diagnóstica e terapêutica. As técnicas de diagnóstico empregam a tomografia por emissão de fóton único (do inglês – *Single Photon Emission Computed Tomography* – SPECT) e a tomografia por emissão de pósitron (do inglês – *Positron Emission Tomography* – PET) (CNEN, 2013), resultando em número significativo de profissionais que rotineiramente manipulam grande variedade de radionuclídeos, podendo ser destacados o tecnécio-99 metaestável (^{99m}Tc), o iodo-131 (^{131}I), o gálio-67 (^{67}Ga) e o tálio-201 (^{201}Tl).

Conforme preconizado em Norma Nuclear CNEN NN 3.05 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear (Resolução CNEN 159/13), o paciente submetido à terapia com ^{131}I com dose prescrita superior a 1850 MBq (50 mCi) necessita de uma unidade de internação, denominado quarto terapêutico (CNEN, 2013). Nesse período de internação, sob a guarda do Serviço de Medicina Nuclear (SMN), o paciente é acompanhado por uma equipe multidisciplinar até que sejam atendidos os requisitos necessários para a sua liberação (CNEN, 2013), (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020). Após atingir o valor de taxa de dose preconizado na Norma NN 3.05, o paciente recebe alta clínica e dosimétrica, sendo orientado sobre cuidados de proteção radiológica a serem seguidos em casa até a data do exame de Pesquisa de Corpo Inteiro (PCI) (CAMPOS, 2015).

A Radioiodoterapia (RIT) assim como é denominada, possui como finalidade combater essas possíveis remanescentes glandulares, neoplásicas ou não, após a cirurgia de tireoidectomia. Nesta prática, são administradas doses terapêuticas que podem variar de acordo com a prescrição clínica, sendo intimamente ligada ao tipo do carcinoma, se existe ocorrência de metástases, entre outros parâmetros avaliados pelo corpo médico (INCA, 2020).

Devido ao quarto terapêutico ser um ambiente totalmente controlado, o período de permanência do paciente nesse leito dispõe de um melhor controle clínico, pois garante a diminuição da taxa de dose, diminuindo significativamente a

exposição a outros indivíduos além de diminuir a ocorrência de contaminações com altas concentrações radioativas (CNEN, 2013); (CHO, KIM e SON, 2017). Vale ressaltar que parâmetros que influenciam diretamente a taxa de dose são: tempo, atividade, quantidade de líquido ingerido, uso de TSH recombinante (rhTSH) e peso do paciente (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020).

Diante disso, a RIT envolve e reúne questões voltadas à proteção radiológica, sejam elas ligadas ao paciente, aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs), aos indivíduos do público ou ao meio ambiente. De modo geral, considera-se que a exposição dos trabalhadores envolvidos na RIT, possa ser gerenciada, quando estes estiverem bem treinados e trabalharem em condições adequadas (CNEN, 2013), o mesmo prevalece quando a proteção radiológica é aplicada para os indivíduos do público e ao meio ambiente, por meio da gestão de rejeitos radioativos (IAEA, 2009).

No entanto, para as orientações de proteção radiológica oferecidas aos pacientes, ainda consiste em esclarecimentos genéricos, sendo carente de uma atenção única e personalizada dos cuidados após a alta dosimétrica de cada paciente. Consequentemente, a notável escassez de critérios e orientações que regem os níveis seguros de proteção radiológica levam a uma superestimação dos cuidados de proteção radiológica que devem ser seguidos pelo paciente em domicílio (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014), prolongando, portanto, algumas medidas que na prática seriam excessivas.

Portanto, com base nas normativas que evidenciam a proteção radiológica na alta dosimétrica do paciente após a RIT, devem ser fornecidas ao paciente instruções e informações, inclusive escritas, relacionadas à proteção contra a radiação (IAEA, 2009). Entretanto, percebe-se que um modelo único de critérios para a liberação dos pacientes após a terapia com ^{131}I não seria uma otimização apropriada e, portanto, recomenda-se que a liberação de pacientes seja feita individualmente e com orientações personalizadas (U.S. NRC, 2020); (STOKKE, GABINA, *et al.*, 2017); (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014). (U.S NRC, 2020; HOSONO, 2018; STOKKE *et al.*, 2017; IAEA 2014).

Além disso, recomenda-se que o paciente receba um pequeno cartão com os detalhes de sua terapia e os detalhes de contato do departamento responsável, incluindo os cuidados referentes à proteção radiológica e o tempo que

precisará ter em cada cuidado (IAEA, 2009). Por conta disto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma cartilha de proteção radiológica personalizada, respeitando as exigências legais.

MÉTODOS

Esta pesquisa iniciou-se com a revisão das publicações e normas nacionais e internacionais sobre RIT, proteção radiológica e critérios para a alta dosimétrica e após com o planejamento e desenvolvimento da ferramenta *web* de cálculo da meia vida efetiva.

Como modelo auxiliar foi proposto uma regressão linear múltipla que é uma extensão da regressão linear simples e permite a modelagem da relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. O objetivo é encontrar a melhor combinação linear dessas variáveis independentes para prever a variável dependente.

O presente modelo foi usado para gerar a população de soluções no passo de geração de soluções iniciais do algoritmo genético proposto que será descrito nas seções seguintes. O algoritmo utiliza os dados de algumas variáveis que devem ser informados no formulário disponível. No algoritmo selecionado para o desenvolvimento da ferramenta *web* foi optado o modelo de algoritmo genético.

Os algoritmos genéticos são algoritmos probabilísticos que fornecem um mecanismo de busca paralela e adaptativa. (AURÉLIO; PACHECO; PACHECO, [s.d.])

Os algoritmos genéticos são bastante eficientes quando trabalhamos com um problema com muitas variáveis, pois eles não limitam os métodos de busca. Além da sua capacidade de identificar e explorar esses fatores durante a sua utilização, melhorando a adaptação das variáveis. (CARLOS; JAMILSON; SOUZA, [s.d.])

A escolha do algoritmo genético baseou-se no exposto acima, a quantidade de dados que possuímos para definir um valor final, e a evolução dos resultados baseados na utilização do algoritmo se mostrou uma opção extremamente viável. Além disso, a correlação entre as variáveis IMC e taxa de dose possibilitaram melhor compreensão do modelo proposto.

DISCUSSÃO

Como modelo auxiliar foi proposto uma regressão linear múltipla que é uma extensão da regressão linear simples e permite a modelagem da relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. O objetivo é encontrar a melhor combinação linear dessas variáveis independentes para prever a variável dependente. Para guiar o ajuste do da regressão linear múltipla foi utilizado o método dos mínimos quadrados, usado para estimar os coeficientes do modelo, minimizando a soma dos quadrados dos resíduos (diferenças entre os valores observados e os valores previstos).

A fórmula geral para o modelo de regressão linear múltipla é:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$$

Onde:

- ✓ y é a variável dependente do modelo,
- ✓ $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ são as variáveis independentes do modelo.
- ✓ β_0 é o intercepto (constante do modelo).
- ✓ $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ são os coeficientes das variáveis independentes.
- ✓ ε É o termo de erro (resíduo), que constitui-se uma variável aleatória normalmente distribuída com média zero e variância constante.

O objetivo do método dos mínimos quadrados é estimar os coeficientes de tal forma que a soma dos quadrados dos resíduos seja minimizada. A soma dos quadrados dos resíduos (SSR) é dada por:

$$SSR = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Onde:

- ✓ y_i são os valores observados da variável dependente.
- ✓ $\hat{y}_i$ são os valores previstos da variável dependente com base no modelo.

O presente modelo foi usado para gerar a população de soluções no passo de geração de soluções iniciais do algoritmo genético proposto que será descrito nas

seções seguintes.

O algoritmo utiliza os dados de algumas variáveis que devem ser informados no formulário disponível. Apresentemos estas variáveis e a contribuição de cada uma delas no resultado final na Tabela 1.

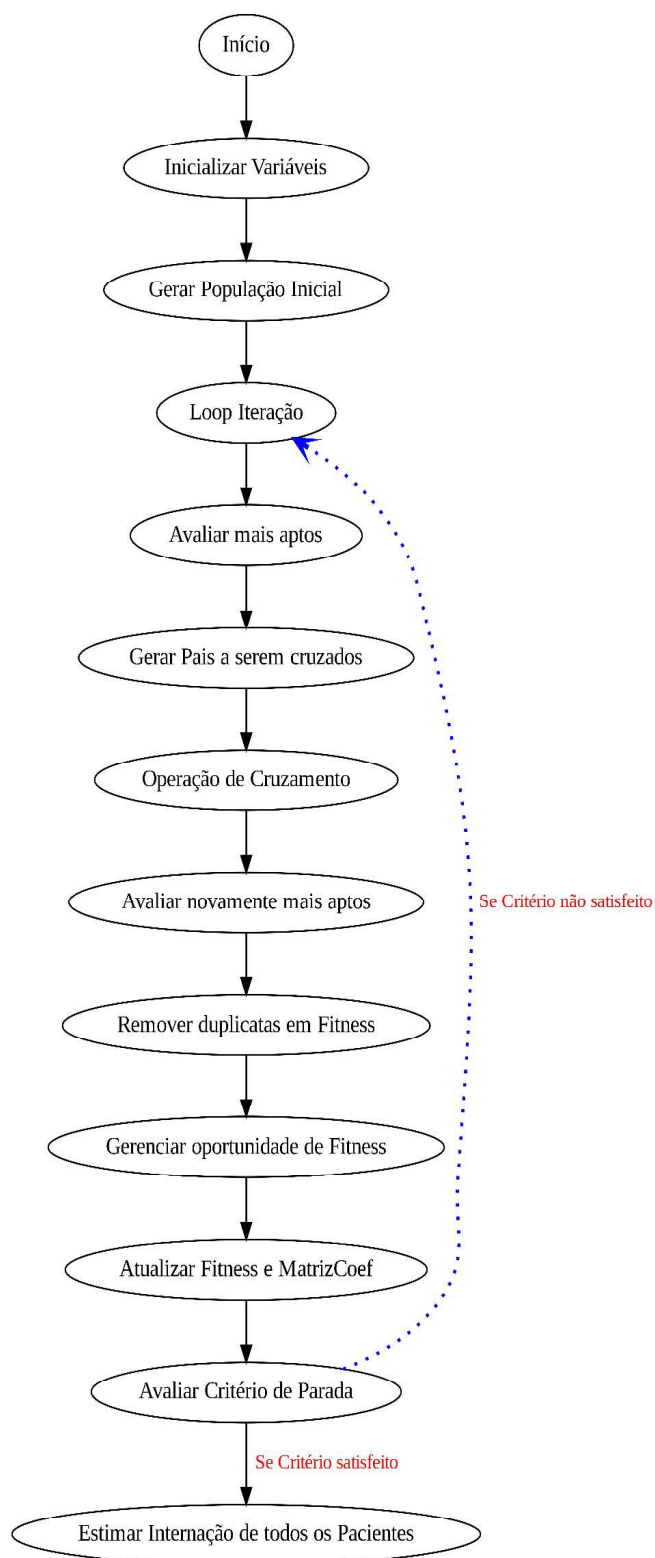
Tabela 1- Variáveis utilizadas no algoritmo

Variável	Como a ferramenta web utilizará
Nome	A cartilha será gerada de maneira personalizada, inserindo o nome do paciente enfatiza esse fato.
Data de nascimento	Confirmação dos dados pessoais do paciente na cartilha personalizada e a idade altera o metabolismo que conforme descrito por BARROS, CAMOZZATO, <i>et al.</i> , (2020) é fator determinante no cálculo da estimativa de dose.
Peso	Utilizado no cálculo do IMC, que conforme descrito por BARROS, CAMOZZATO, <i>et al.</i> , (2020) é fator determinante no cálculo da estimativa de dose.
Altura	Utilizado no cálculo do IMC, que conforme descrito por BARROS, CAMOZZATO, <i>et al.</i> , (2020) é fator determinante no cálculo da estimativa de dose.
Atividade prescrita	A atividade prescrita e administrada ao paciente é uma das variáveis mais importantes no cálculo da estimativa de dose, visto que é dela que se inicia os valores referência utilizados nas fórmulas descritas anteriormente.
Uso de TSH recombinante	O TSH recombinante é utilizado nos casos em que o paciente não faz a suspensão hormonal e também é uma variável que pode alterar o cálculo da estimativa de dose.
Quantidade de líquido ingerido	Durante o período de permanência no SMN pode-se estimar a quantidade de líquido ingerido pelo paciente com as embalagens descartadas, e a quantidade também é uma variável que interfere na estimativa de dose terapêutica.
Taxa de dose inicial	A taxa de dose inicial juntamente com a atividade prescrita definem os valores iniciais utilizados nas fórmulas do cálculo da estimativa de dose.
Data da terapia	A data da terapia irá definir as datas das liberações de acordo com a estimativa de dose individual.

Fonte: Autor próprio (2024)

O modelo de algoritmo selecionado para o desenvolvimento da ferramenta *web* foi o modelo de algoritmo genético, na Figura 3 demonstramos os passos utilizados nestes modelos de algoritmo.

Figura 3- Demonstração dos passos utilizados no modelo de algoritmo genético



Fonte: Própria (2024).

Esta etapa do algoritmo carrega os dados dos pacientes e obtém os parâmetros de entrada para que o algoritmo possa ser executado. A Tabela 2 abaixo apresenta as variáveis disponíveis para o conjunto de pacientes utilizados na execução do algoritmo.

Tabela 2- Variáveis apresentadas e suas faixas de valores

Variável	Faixa de Valores
Idade	00 a 99 anos
Sexo	Feminino ou Masculino
Peso	20 a 300 Kg
Altura	130 a 220 cm
IMC	17 a 40 Kg/m ²
TSH recombinante	Sim ou Não
Dose Inicial	50 a 400 mCi
Líquidos Ingeridos	2 a 10 litros

Fonte: Autor próprio (2024).

Os dados considerados pais ou progenitores foram os que poderiam gerar uma evolução nos resultados calculados, de acordo com suas variações, geram cruzamentos e mutações melhorando os resultados obtidos. Peso e altura que geram o IMC do paciente, utilização ou não do TSH recombinante, a dose inicial e a quantidade de líquidos ingeridos foram os dados considerados fundamentais para a otimização do problema.

Os algoritmos genéticos são algoritmos probabilísticos que fornecem um mecanismo de busca paralela e adaptativa. (AURÉLIO; PACHECO; PACHECO, [s.d.]) Este modelo apresenta alta eficiência quando trabalhamos em um cenário com muitas variáveis, pois eles não limitam os métodos de busca. Além da sua capacidade de identificar e explorar esses fatores durante a sua utilização, melhorando a adaptação das variáveis. (CARLOS; JAMILSON; SOUZA, [s.d.])

A escolha do algoritmo genético baseou-se no exposto acima, a quantidade de dados que possuímos para definir um valor final, e a evolução dos resultados baseados na utilização do algoritmo se mostrou uma opção extremamente viável.

Foram utilizados os dados de 283 pacientes coletados anteriormente para

calibração da ferramenta desenvolvida. Neste grupo, foram separados 75 pacientes do sexo masculino e feminino que possuíam a mesma atividade administrada, sendo de 100 mCi

RESULTADOS

A coleta de dados permitiu observar a influência do índice de massa corporal (IMC) em relação à taxa de dose. Tal relação é consistente na análise de dados pois permite de forma padronizada correlacionar os dois parâmetros. Isso se deve pelo fato da atenuação dos tecidos ser mais elevada em pacientes que possuem o IMC mais elevado. No entanto, nesta pesquisa não foi correlacionado dados de bioimpedância que poderiam discriminar melhor a heterogeneidade dos tecidos, uma vez que o tecido muscular possui um coeficiente de atenuação linear superior ao tecido adiposo.

As Figuras 4 e 5 representam tais correlações em ordem crescente de IMC dos pacientes do sexo masculino e feminino, respectivamente.

Figura 4- Influência do IMC e taxa de dose em pacientes do sexo masculino com atividade de administração de 100 mCi

Relação IMC vs Taxa de Dose (uSv/h) para pacientes masculinos

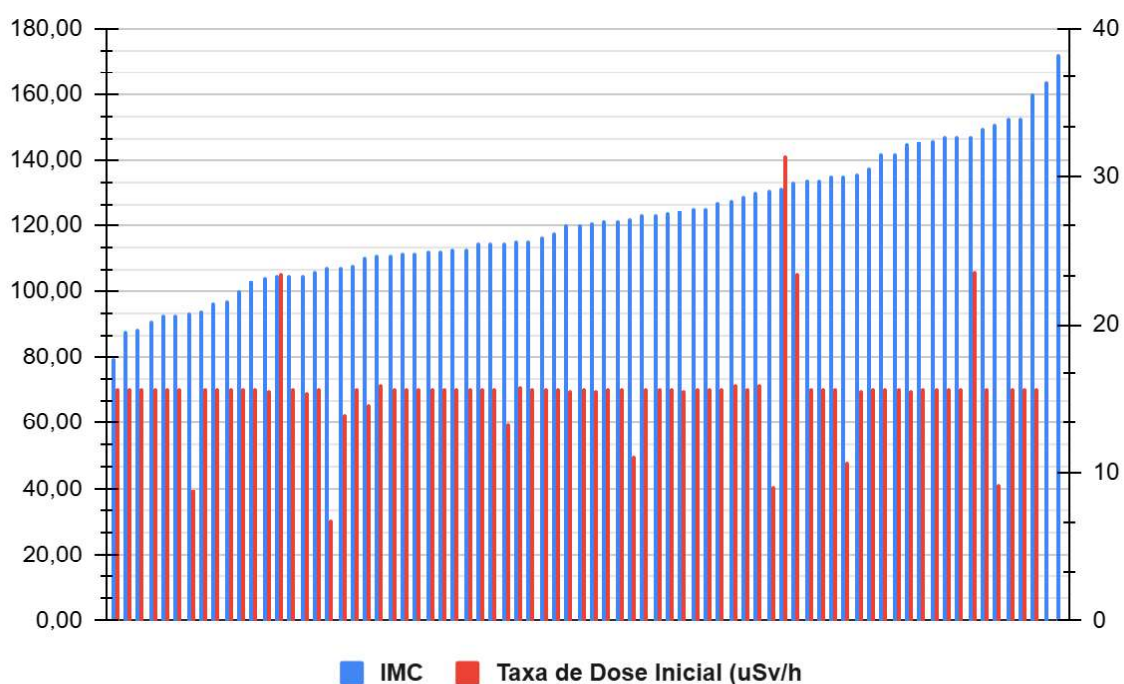
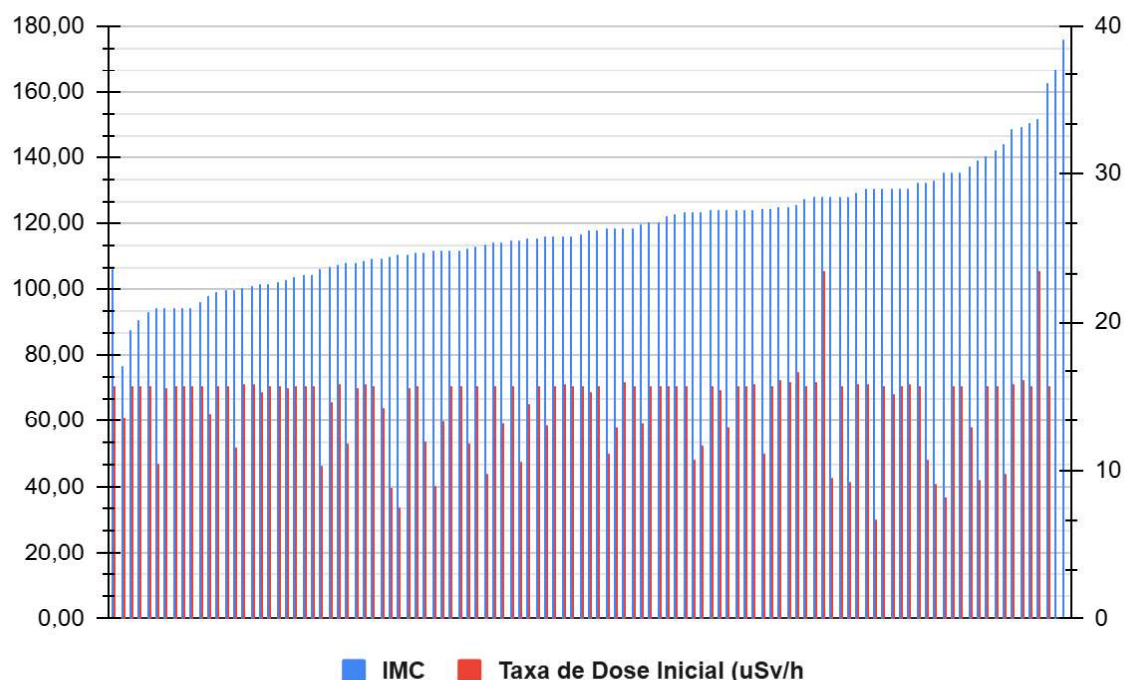


Figura 5- Influência do IMC e taxa de dose em pacientes do sexo feminino com atividade de administração de 100 mCi

Relação IMC vs Taxa de Dose (uSv/h) para pacientes femininos



Em ambas figuras (4 e 5) as colunas em azul representam o IMC, enquanto a cor vermelha identifica a taxa de dose aferida, e a escala localizada à esquerda identifica a unidade da taxa de dose, enquanto a da direita representa a unidade do IMC .

Em virtude da heterogeneidade dos tecidos, tais correlações ficaram carentes quanto a correlacionar o fator de biotipo, ou seja, tanto em pacientes do sexo masculino quanto feminino é evidente que pacientes com IMC diferentes possuíam taxas de dose próximas, uma vez que a composição corporal e a circunferência da linha abdominal são dois fatores que podem influenciar diretamente a aferição realizada no detector *Geiger-Müller*.

Portanto, a correlação entre IMC e taxa de dose pode ser melhor definida uma vez que seja obtido dados de bioimpedância, pois a particularidade de diferentes estruturas e composições corporais evidenciam melhor o grupo

apresentado sendo capaz de definir o real poder de atenuação dos tecidos do corpo humano, trazendo a ferramenta desenvolvida maior precisão quanto às estimativas de tempo propostas pela mesma.

Ainda sim, a ferramenta desenvolvida no estudo permitiu uma estimativa que calcula o tempo de internação, bem como o tempo de meia-vida efetiva do ^{131}I para um determinado paciente a partir das variáveis que influenciam diretamente a taxa de dose.

O *site* demanda o preenchimento de algumas variáveis que influenciam diretamente o comportamento do cálculo proposto. A Figura 6 apresenta os campos os quais o usuário pode preencher.

Figura 6- Campos da ferramenta *web* desenvolvida

Dados do Paciente	
Nome:	Paciente hipotético 01
Data de Nascimento:	20/03/1994
Sexo:	Masculino ▾
Peso (kg):	75,0
Altura (m):	1,75
Atividade Prescrita (mCi):	100
Usa Thyrogen?	Não ▾
Ingestão de Líquidos (L):	3
Taxa de Dose Inicial ($\mu\text{Sv/h}$), se for conhecida:	80,00
Taxa de Dose Inicial Calculada ($\mu\text{Sv/h}$):	70,73
Data da Terapia:	23/10/2022

Fonte: Adaptado (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020)

O cálculo final depende diretamente do valor da taxa de dose inicial. A ferramenta estima a taxa de dose inicial a partir do valor da atividade prescrita, pois no momento que antecede a internação ainda não se é possível obter este parâmetro.

No caso em que se deseja obter a estimativa do tempo total de internação, basta preencher na ferramenta a taxa de dose inicial mensurada logo após a administração da dose terapêutica. Como resultado, a ferramenta estima uma previsão do tempo de meia-vida efetiva e do tempo total de internação, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7- Resultado estimado do tempo de internação e previsão da meia-vida efetiva calculada e nominal

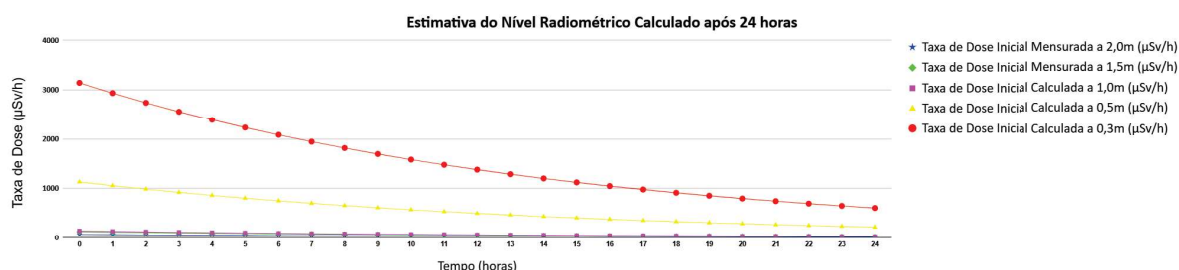
Cálculos dos Tempos	
Cálculos com base nas informações dos pacientes	
<i>Baseados na taxa de dose inicial calculada</i>	
Meia-vida Efetiva:	12,83 horas
Tempo de Internação:	16,00 horas
<i>Baseados na taxa de dose inicial medida</i>	
Meia-vida Efetiva:	10,09 horas
Tempo de Internação:	16,00 horas

Fonte: Adaptado (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020)

Para estimativa, capaz de personalizar o número de dias em que o paciente estará sob alguma restrição, foi aplicado a equação do decaimento radioativo junto a interpolação linear para melhor arranjo do modelo aplicado à curva de regressão.

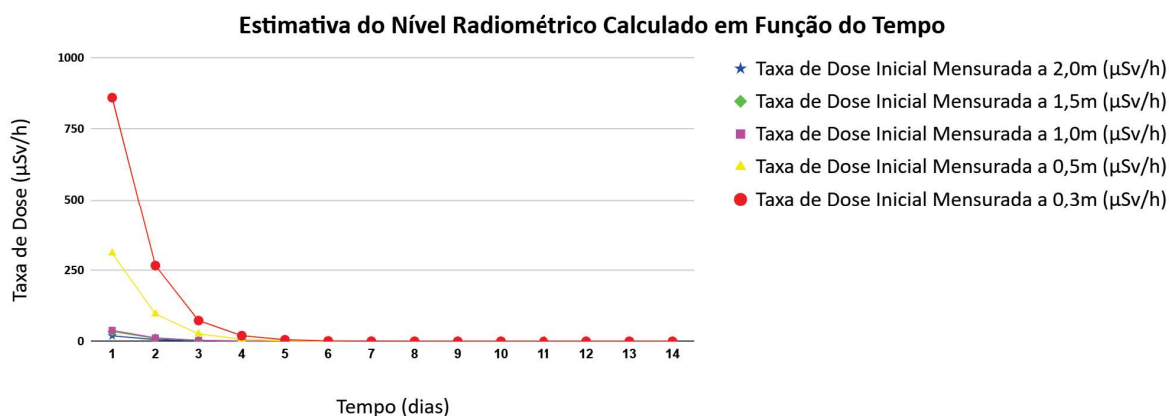
Para esta etapa, foram utilizados os valores da taxa de dose inicial conhecida, por melhor representar o valor mensurado com o auxílio do detector Geiger-Müller. Foram divididas em duas formas de análise: estimativa do nível radiométrico após 24 horas da administração da dose terapêutica (Figura 8) e estimativa do nível radiométrico após 14 dias da administração da dose terapêutica (Figura 9).

Figura 8- Avaliação da radiometria clínica após 24 horas da administração da dose terapêutica variando a distância



Fonte: Própria (2022)

Figura 9- Avaliação da radiometria clínica após 14 dias após administração da dose terapêutica variando a distância



Fonte: Própria (2022)

A calculadora está disponibilizada online e é de fácil utilização (Figura 10) e apresenta resultados satisfatórios, em forma de tabela e gráficos (Figura 11).

Figura 10- Página inicial do cálculo e personalização da cartilha

TERAPIA RADIOIODO

Informações do Paciente

Nome

Data de Nascimento

Sexo: ☒ Feminino ☐ Masculino

Peso (kg)

Altura (m)

Atividade Prescrita (mCi)

Usa Thyrogen? ☒ Sim ☐ Não

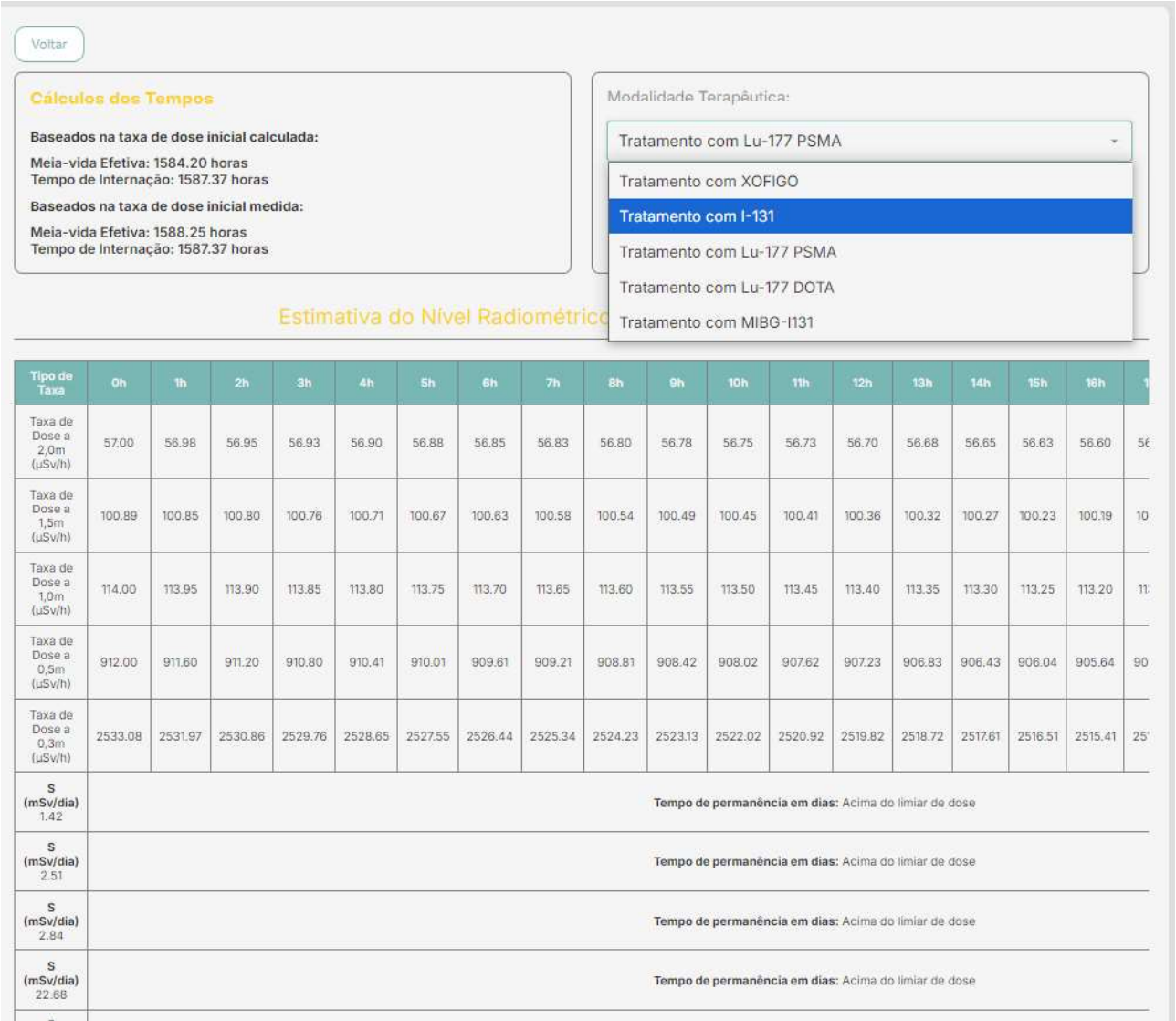
Ingestão de Líquidos (L)

Taxa de Dose Inicial

Data da Terapia

Fonte: Própria (2024)

Figura 11- Página acessada após a inserção dos dados.



Fonte: Própria (2024)

O algoritmo foi criado e a ferramenta *web* desenvolvida. Foram realizados testes com dados que já haviam sido coletados anteriormente, porém esta pesquisa não teve por objetivo executar a validação dos resultados obtidos.

Sugerimos que este trabalho seja utilizado como base para um novo estudo onde a ferramenta seja validada de maneira científica, garantindo que os dados fornecidos aos pacientes e IOEs sejam verídicos e confiáveis.

REFERÊNCIAS

1. A. C. CAMARGO. Tireoide. **accamargo**, 2021. Disponível em: <https://www.accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tipos-de-cancer/tireoide#:~:text=Como%20os%20carcinomas%20papil%C3%ADferos%20podem,%C3%A9%20remover%20toda%20a%20tireoide>. Acesso em: 24 jun. 2022.
2. AURÉLIO, M.; PACHECO, C.; PACHECO, C. **ALGORITMOS GENÉTICOS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/Cursos-ICA/CE-intro_apost.pdf>.
3. BARROS, Pietro P. D. *et al.* Analysis of the radiometry performed in patients undergoing radioactive iodine therapy. **Journal of Nuclear Medicine Technology**, p. 24, 2020.
4. BRAY, Freddie *et al.* Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Câncer J Clin**, p. 394-424, Nov 2018.
5. CAMPOS, RAFAEL F. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. **IRD/IAEA**, 2015.
6. CARLOS, W.; JAMILSON, M.; SOUZA, F. **DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO D E C O M Aplicação de Algoritmos Genéticos ao Problema Job-Shop U F O P UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/JOB%20SHOP%20via%20AG.pdf>>.
7. CARVALHO, Heloisa D. A.; VILLAR, Rosangela C. Radiotherapy and immune response: the systemic effects of a local treatment. **Clinics (Sao Paulo)**, v. 73, dez. 2018.
8. CHAGAS, Paula R. D.; OLIVEIRA, Mirella G. O. A. D.; SILVA, Bruna N. D. Food consumption of iodine versus tireoid neoplasia: the use of restrictive. **Nutricion clínica y Dietética Hospitalaria**, 4, 2017. 29-33. Acesso em: out. 2022.
9. CHERRY, Simon; SORENSON, James; PHELPS, Michael. **Physics in Nuclear Medicine**. 6. ed. [S.l.]: Elsevier, 2012.
10. CHO, SANG G.; KIM, JAHAE; SON, HO C. Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures. **Nuclear Medicine Molecular Imaging**, v. 51, p. 11-16, mar. 2017.
11. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear**, 2013.
12. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Autorizadas**, 2015. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2>. Acesso

em: 29 jul. 2022.

13. DHINGRA, VANDANA; DHINGRA, MOHIT; BASU, SANDIP. Nuclear medicine from the past to the present: A brief story of its development, key impact areas in current times and its potential for the future. **Journal of Medical Evidence**, v. 1, p. 26-32, 2020.
14. FERLAY, J *et al.* Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods. **Int J Cancer**, p. 1941-1953, Abril 2019.
15. FRANCO, Guilherme. **Tabela e composição química dos alimentos**. 9. ed. [S.I.]: Atheneu, 1999.
16. GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, v. 6, 2017.
17. GOLBERT, Lenara *et al.* Carcinoma diferenciado de tireóide: avaliação inicial e acompanhamento. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, p. 701-710, 2005. ISSN 5. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/LmjB6zkNmtMbFsDhdNB9pRm/?lang=pt#>. Acesso em: 04 mar. 2022.
18. GOSLINGS, B M. Proceedings: Effect of a low iodine diet on ¹³¹I therapy in follicular thyroid carcinomata. **The Journal of endocrinology**, v. 64, p. 30, 1975.
19. HAUGEN, Bryan R. *et al.* 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer.
20. HEHRMANN, R *et al.* Risk of hyperthyroidism in examinations with contrast media. **Aktuelle Radiol**, v. 6, p. 243-248, Setembro 1996.
21. HIRONAKA, Fausto H. *et al.* **Medicina Nuclear – Princípios e Aplicações**. 2. ed. [S.I.]: Atheneu, 2012.
22. HOSONO, MAKOTO. Radiation protection in therapy with radiopharmaceuticals. **International Journal of Radiation Biology**, 95:10, 2018. 1427-1430.
23. IAEA. International Atomic Energy. **Agency Release of patients after radionuclide therapy / with contributions from the International Commission on Radiological Protection**, 2009.
24. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Nuclear medicine physics: a handbook for students and teachers**, 2014.
25. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation**, 2018.

26. INCA. Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil. **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**, 2019. Acesso em: 04 mar. 2022.
27. INCA. Instituto Nacional do Câncer. **Estimativa 2020, incidência de câncer no Brasil**, 2020. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 24 jun. 22.
28. KAIHO, Tatsuo. **Iodine Chemistry and Applications**. [S.l.]: [S.n.], 2014.
29. KERR, Ligia R. F. S.; KENDALL, Carl. A PESQUISA QUALITATIVA EM SAÚDE. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, Fortaleza, v. 14, p. 1061-1063, 2013. ISSN 6.
30. LEWIS, James L. MANUAL MSD. Versão Saúde para Família. **msdmanuals**, abr. 2022. Acesso em: out. 2022.
31. LOPES, Maria S. *et al.* Iodine and Thyroid: What a Clinic Should Know. **Acta Med Port**, 25, 174-178.
32. MACIEL, Rui M. B. Carcinoma diferenciado da tireóide (Papilífero e Folicular): diagnóstico e conduta. **SciELO Brasil**, São Paulo, set. 2011.
33. MCCREADY, V R. Radioiodine - the success story of Nuclear Medicine : 75th Anniversary of the first use of Iodine-131 in humans. **Eur J Nucl Med Mol Imaging**, p. 179-182, Fev 2017.
34. NGUYEN, Quang T. *et al.* Diagnosis and treatment of patients with thyroid cancer. **Am Health Drug Benefits**, v. 1, p. 30-40, 2015.
35. OLIVEIRA, CAIO V. Caracterização de protocolo de dosimetria interna para planejamento individualizado de iodoterapia. **Dissertação (Mestrado em Proteção Radiológica) - Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Proteção Radiológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**, 2020. Acesso em: 10 jun 2022.
36. PASQUETA, JÉSSICA. Repositório Institucional. **DOSIMETRIA EXTERNA SIMULADA A PARTIR DA BOLSA COLETORA DE URINA DE PACIENTES SUBMETIDOS À CINTILOGRAFIA ÓSSEA**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1799>. Acesso em: 03 ago. 2021.
37. SAPIENZA, Marcelo T. *et al.* Tratamento do carcinoma diferenciado da tireóide com iodo-131: intervenções para aumentar a dose absorvida de radiação. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v. 49, n. 3, Junho 2005.
38. SBMN. SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR. **Guidelines e**

Orientações, 2020. Acesso em: 28 out. 2020.

39. SCHLUMBERGER, M J. Papillary and follicular thyroid carcinoma. **The New England journal of medicine**, v. 338, p. 297-306, 1998.
40. SGARBI, Jose A. Clínica Sgarbi. **clinciasgarbi**, 2018. Disponível em: <https://www.clinicasgarbi.com.br/noticia/51/hipotireoidismo-e-niveis-de-colesterol-e-triglicerideos>. Acesso em: 23 out. 2022.
41. STOKKE, Caroline *et al.* Dosimetry-based treatment planning for molecular radiotherapy: a summary of the 2017 report from the Internal Dosimetry Task Force. **EJNMMI Phys**, Nov 2017.
42. U.S. NRC. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. **RELEASE OF PATIENTS ADMINISTERED RADIOACTIVE MATERIAL**, Abril 2020. Disponível em: <https://www.nrc.gov/docs/ML1923/ML19232A081.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.
43. YONEKURA, Y *et al.* ICRP Publication 140: Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals. **Annals of the ICRP**, v. 48, p. 5-95, 2019.
44. ZIESSMAN, Harvey A.; O'MALLEY, Janis P.; , James H. T. **Nuclear Medicine: The Requisites**. 2. ed. [S.I.]: Koogan S.A, 1995.

ARTIGO 2 – ELABORAÇÃO DE CARTILHA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PERSONALIZADA E INTEGRAÇÃO COM FERRAMENTA DE CÁLCULO DE MEIA VIDA EFETIVA

CAMARGO, Lucas Faconi¹; CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol²; VITOR, Adriano³

RESUMO

A otimização dos processos relativos à proteção radiológica é um importante parâmetro, pois permite uma melhor gestão dos procedimentos e recursos de um Serviço de Medicina Nuclear. Além de disseminar o conhecimento, garante a facilidade de acesso à população atendida, sobre os cuidados em relação à proteção radiológica aplicada na radioiodoterapia, levando em consideração a importância ao paciente que realiza uma terapia com radionuclídeos e aos profissionais que participam desse processo, surge a necessidade de propor um protocolo de orientação individualizado pós radioiodoterapia. Este artigo tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento de uma Cartilha de Proteção Radiológica personalizada de acordo com os cálculos de meia vida efetiva realizados por uma ferramenta *web* já desenvolvida. A cartilha de proteção radiológica tem como objetivo fornecer ao paciente orientações individuais com uma estimativa personalizada por meio da atividade administrada, taxa de dose após administração e no momento da alta dosimétrica. Todo o processo para construção da cartilha será desenvolvido no *software Microsoft Excel 2021®*. O resultado deste estudo foi a criação de uma Cartilha de Proteção Radiológica com dados sobre a terapia realizada, nutrição, proteção radiológica e integração com a ferramenta Web para cálculo de meia vida efetiva, demonstrando para o paciente e IOEs as datas ideais de liberação para o convívio social.

Descritores: Medicina Nuclear; Proteção radiológica; Radioisótopos do iodo; Dieta; Pacientes internados

INTRODUÇÃO

Atualmente a Medicina Nuclear (MN) vem conquistando cada vez mais espaço em território nacional. Por se tratar de uma técnica eficaz no diagnóstico e tratamento de neoplasias e distúrbios fisiológicos como o hipotireoidismo. A técnica avalia através de exames de imagem a funcionalidade ou distúrbios encontrados no sistema, podendo também ser utilizada como terapêutica em determinadas patologias onde a radiação é aplicada diretamente no órgão específico a ser tratado de acordo com o caso analisado.

Um dos maiores problemas encontrados quando se trata da Medicina Nuclear (MN) são os desafios da proteção radiológica. Tema amplamente discutido por profissionais que trabalham na área. Sendo exemplo o encontro científico que ocorreu em abril de 2019 pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) no Rio de Janeiro marcando o Dia da Proteção Radiológica. Especialistas apontaram os desafios tanto na área médica como ambiental. Sinalizando a alta demanda de recursos a serem criados para informar e ampliar os métodos de proteção radiológica, minimizando os riscos e maximizando a eficácia dos métodos utilizados.

Tanto o paciente quanto o profissional e ambiente onde serão empregados e administrados as práticas radiológicas precisam estar preparados, informados e devidamente dentro dos parâmetros de segurança preconizados na Norma Nuclear CNEN MN 3.05. (CAMPOS, 2015). Garantindo a segurança e menor exposição a contaminações das pessoas envolvidas nos processos radiológicos (exames e terapias). A Radioterapia (RIT) integra condições adequadas para a minimização de riscos, como o fato do quarto terapêutico ser um ambiente totalmente controlado reduzindo substancialmente a ocorrência de contaminações com altas concentrações radioativas (CNEN, 2013); (CHO, KIM e SON, 2017).

Os riscos envolvendo a RIT levantam questões voltadas a métodos eficazes de integração e proteção radiológica ligados à segurança, sejam elas ligadas ao paciente, aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs), do público ou ao meio ambiente. A exposição da equipe envolvida deve ser tão importante quanto ao risco relativo (RR) do paciente submetido a RIT (CNEN, 2013), Prevalecendo a segurança quanto a proteção radiológica do processo do início ao final, isso é, a todos indivíduos envolvidos e ao meio ambiente, por meio da gestão de rejeitos radioativos (IAEA, 2009).

A responsabilidade para trabalhar com radiação ionizante e materiais radioativos recai sobre os profissionais que atuam na área, sendo devidamente treinados e preparados para lidar com as implicações que o processo possa causar. A grande problemática são as implicações ao paciente após alta médica e os devidos cuidados a serem seguidos. Há a necessidade de mecanismos que auxiliem na aplicação desses métodos a cada caso único, preconizando a segurança e intuito de limitar os efeitos estocásticos. Para isso, é necessário otimizar os princípios de proteção da radiação. (IPEN, 2002).

Mesmo que os profissionais estejam adequadamente preparados para o manejo das técnicas de proteção radiológica, há a necessidade de orientar e informar sobre os riscos implicados aos pacientes submetidos a esse tipo de tratamento. Para isso há uma atenção única e personalizada dos cuidados após a alta dosimétrica de cada paciente. A ausência de critérios e orientações que abrangem os níveis seguros de proteção radiológica levam a uma superestimação dos cuidados de proteção radiológica que devem ser seguidos pelo paciente em domicílio (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014), que acabam por prolongar algumas medidas que na prática seriam excessivas.

Com base nas normativas que evidenciam a proteção radiológica na alta dosimétrica após a RIT, deverá ser fornecida ao paciente instruções e informações em meio escrito e de fácil entendimento relacionadas à proteção contra a radiação (IAEA, 2009). Entretanto, percebe-se que um modelo único de critérios para a liberação dos pacientes após a terapia com ^{131}I não seria uma otimização apropriada, recomendando que a liberação de pacientes seja feita individualmente e com orientações personalizadas (U.S. NRC, 2020); (STOKKE, GABINA, *et al.*, 2017); (HOSONO, 2018); (IAEA, 2014). (U.S NRC, 2020; HOSONO, 2018; STOKKE *et al.*, 2017; IAEA 2014).

Para mais, recomenda-se que o paciente tenha disponível para si uma cartilha com o detalhamento terapêutico por ele submetido, juntamente do contato do departamento responsável, incluindo os cuidados referentes à proteção radiológica e o tempo que precisará ser percorrido em cada cuidado (IAEA, 2009). Em função de toda essa demanda, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma cartilha de proteção radiológica personalizada, respeitando as exigências legais.

MÉTODOS

A cartilha de proteção radiológica tem como objetivo fornecer ao paciente orientações individuais com uma estimativa personalizada por meio da atividade administrada, taxa de dose após administração e no momento da alta dosimétrica.

Todo o processo para construção da cartilha foi desenvolvido no *software Microsoft Excel 2021®*.

Vale ressaltar que o processo final para personalização dos cuidados em proteção radiológica, foi baseado no estudo publicado no *Journal of Nuclear Medicine*, intitulada de *Analysis of the radiometry performed in patients undergoing radioactive iodine therapy*, que teve por finalidade desenvolver uma ferramenta que auxilia os profissionais envolvidos na RIT.

A ferramenta desenvolvida no estudo permite uma estimativa que calcula o tempo de internação, bem como o tempo de meia-vida efetiva do ^{131}I para um determinado paciente a partir das variáveis que influenciam diretamente a taxa de dose.

O *site* solicita o preenchimento de alguns campos para que possa efetuar o cálculo. A Figura 12 apresenta os campos os quais o usuário pode preencher.

Figura 12- Campos da ferramenta desenvolvida

Dados do Paciente	
Nome:	Paciente hipotético 01
Data de Nascimento:	20/03/1994
Sexo:	Masculino ▼
Peso (kg):	75,0
Altura (m):	1,75
Atividade Prescrita (mCi):	100
Usa Thyrogen?	Não ▼
Ingestão de Líquidos (L):	3
Taxa de Dose Inicial ($\mu\text{Sv/h}$), se for conhecida:	80,00
Taxa de Dose Inicial Calculada ($\mu\text{Sv/h}$):	70,73
Data da Terapia:	23/10/2022

Fonte: Adaptado (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020)

O cálculo final depende diretamente do valor da taxa de dose inicial. A ferramenta estima a taxa de dose inicial a partir do valor da atividade prescrita, pois no momento que antecede a internação ainda não se é possível obter este parâmetro.

No caso em que se deseja obter a estimativa do tempo total de internação, basta preencher na ferramenta a taxa de dose inicial mensurada logo após a administração da dose terapêutica. Como resultado, a ferramenta estima uma previsão do tempo de meia-vida efetiva e do tempo total de internação, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13- Resultado estimado do tempo de internação e previsão da meia-vida efetiva

Cálculos dos Tempos	
Cálculos com base nas informações dos pacientes	
<i>Baseados na taxa de dose inicial calculada</i>	
Meia-vida Efetiva:	12,83 horas
Tempo de Internação:	16,00 horas
<i>Baseados na taxa de dose inicial medida</i>	
Meia-vida Efetiva:	10,09 horas
Tempo de Internação:	16,00 horas

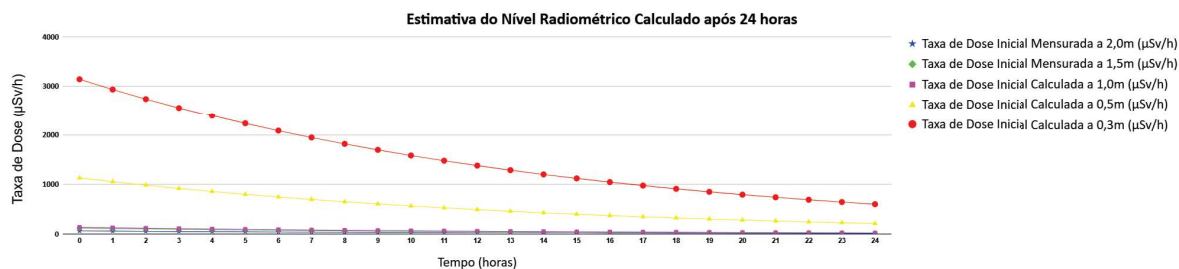
Fonte: Adaptado (BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020)

Até o presente momento, todas as informações pertinentes foram preenchidas na forma de banco de dados, facilitando o processamento dos recursos da plataforma utilizada.

Para estimativa, capaz de personalizar o número de dias em que o paciente estará sob alguma restrição, foi aplicado a equação do decaimento radioativo junto a interpolação linear para melhor arranjo do modelo aplicado à curva de regressão.

Para esta etapa, foram utilizados os valores da taxa de dose inicial conhecida, por melhor representar o valor mensurado com o auxílio do detector Geiger-Müller. Foram divididas em duas formas de análise: estimativa do nível radiométrico após 24 horas da administração da dose terapêutica (Figura 14) e estimativa do nível radiométrico após 14 dias da administração da dose terapêutica (Figura 15).

Figura 14- Avaliação da radiometria clínica após 24 horas da administração da dose terapêutica variando a distância



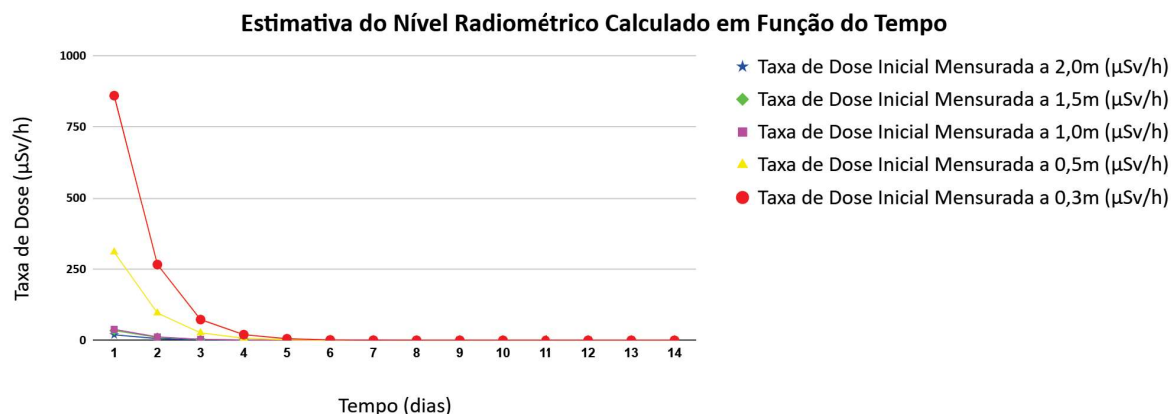
Fonte: Própria (2022)

Para análise da radiometria estimada para as primeiras 24 horas após a administração da dose terapêutica, a ferramenta desenvolvida realiza o somatório da taxa de dose respectiva a cada uma das seguintes distâncias: 0,3m; 0,5m; 1,0m; 1,5m e 2,0m. Para cada distância, foi inserido alguns exemplos de atividades tanto sociais, como práticas esportivas, que englobam as distâncias estudadas e contato com demais indivíduos do público.

No processo de automatização e personalização da proteção radiológica, foi realizado o somatório da taxa de dose, caso ultrapasse o valor de 1 mSv/dia, a quantificação reporta a seguinte mensagem: “Acima do limiar de dose”. Por meio desta informação é possível gerar a seguinte mensagem para cartilha de proteção radiológica: “Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas”.

Caso o somatório da taxa de dose seja inferior a 1 mSv/dia, de maneira análoga, a ferramenta reporta a seguinte mensagem na cartilha de proteção radiológica: “Liberado para convívio social, respeitando a restrição de distanciamento”.

Figura 15- Avaliação da radiometria clínica em função do tempo adotado em dias variando a distância



Fonte: Própria (2022)

Para análise da automatização e personalização da proteção radiológica seguida para os demais dias, a quantificação é similar ao modelo descrito anteriormente. No entanto, para esta etapa, a ferramenta busca, dia após dia, o valor da taxa de dose próximo ou igual a zero, garantindo a conservação do cuidado aplicado às diretrizes de proteção radiológica, minimizando qualquer exposição desnecessária.

Diante dos dados avaliados, é notório, que para o teste hipotético considerando os valores adotados na Figura 12, temos um modelo de regressão em função do tempo, atividade, quantidade de líquido ingerido, uso de TSH recombinante (rhTSH) e peso do paciente conforme demonstrado por BARROS, CAMOZZATO, *et al.*, 2020 em sua pesquisa.

O APÊNDICE B, evidencia o conteúdo que poderá ser disponibilizado ao paciente submetido a RIT, contendo não só informações sobre proteção radiológica pós RIT, bem como a relevância da indicação clínica e como este medicamento funciona.

DISCUSSÕES E RESULTADOS

Para o cálculo proposto, o *síte* demanda preenchimento dos principais fatores que influenciam a terapia (Figura 16), e após a inserção dos valores referentes ao paciente, o usuário será direcionado a uma segunda página (Figura 17), que informará dados como a meia vida efetiva, uma tabela e gráfico informativo sobre a taxa de dose estimada nas próximas 24 horas, e um campo de seleção da terapia realizada, que no atual momento só possui disponibilizada a cartilha para as terapias realizadas com I-131.

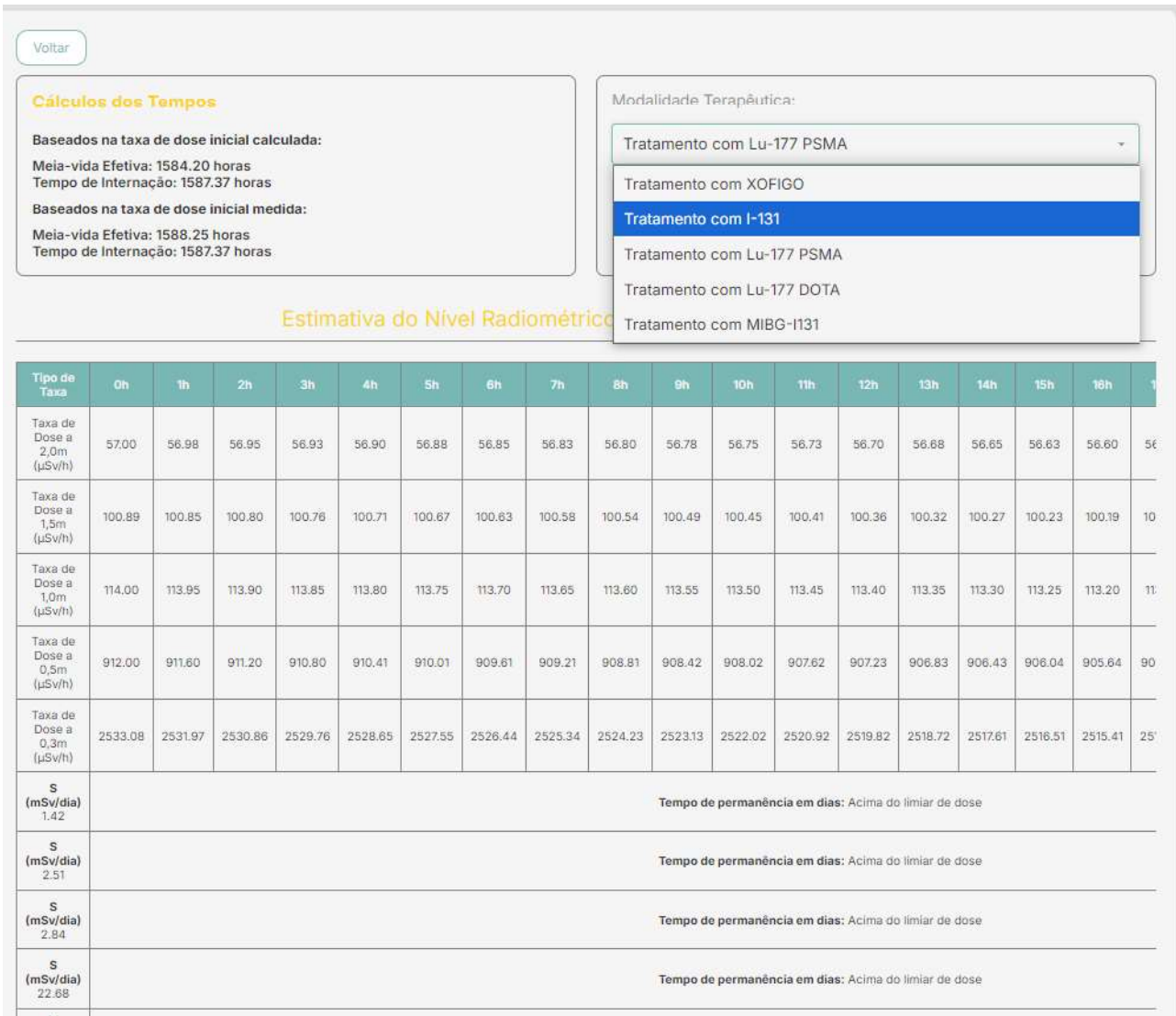
Figura 16- Página inicial do cálculo e personalização da cartilha

O formulário, intitulado "TERAPIA RADIOIODO", coleta as seguintes informações do paciente:

- Nome: campo de texto.
- Data de Nascimento: campo com máscara "dd/mm/aaaa" e ícone de calendário.
- Sexo: opção selecionada "Feminino" e opção "Masculino".
- Peso (kg): campo de texto.
- Altura (m): campo de texto.
- Atividade Prescrita (mCi): campo de texto.
- Usa Thyrogen?: opção selecionada "Sim" e opção "Não".
- Ingestão de Líquidos (L): campo de texto.
- Taxa de Dose Inicial: campo de texto.
- Data da Terapia: campo com máscara "dd/mm/aaaa" e ícone de calendário.

Um botão "Calcular" está localizado na base do formulário.

Fonte: Própria (2024)



atividades nas distâncias de 0,3, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 metros.

Abaixo está discriminado o *layout* e estruturação do resultado proposto pela ferramenta, permitindo desta forma a compreensão do paciente, familiares e pessoas com quem o mesmo compartilha sua vida.

Cartilha de Proteção Radiológica

Dados do Paciente

Nome: Paciente Hipotético

Data de Nascimento: 19/03/1994

Sexo: Masculino

Peso (kg): 75.0

Altura (m): 1.75

Data da Terapia: 30/09/2024

Atividade Prescrita (mCi): 100

Modalidade Terapêutica: Tratamento com I-131

Indicação Clínica

A iodoterapia é o procedimento médico que utiliza a radiação ionizante do Iodo-131 para tratar patologias da tireóide (câncer e hipertireoidismo). É indicada para pacientes com: Câncer de tireoide bem diferenciado (papilífero ou folicular) já submetidos a tireoidectomia total. Hipertireoidismo, especialmente nas doenças de Graves ou Plummer.

Como este medicamento funciona?

O iodo radioativo consegue encontrar as células cancerígenas da tireoide que eventualmente escaparam do tratamento cirúrgico. A tireoide e o câncer de tireoide captam o iodo. Assim, o iodo-131 leva radiação diretamente às células tumorais, causando sua destruição. As doses a serem utilizadas são calculadas pelo médico nuclear.

Proteção Radiológica

- Em casos de amamentação, deve-se interromper por completo antes de realizar o tratamento, pois o I-131 também é excretado pelo leite materno. Como alternativa, é possível fazer a substituição por outro tipo de leite;
 - Para os pacientes em idade fértil, evite a gravidez durante 12 meses para mulheres e 6 meses para homens. Pacientes do sexo masculino devem considerar bancos de espermatozoides antes do início da terapia;
 - Ingestão de líquidos (mais que o normal) por pelo menos 7 dias ou até a data do exame de pesquisa de corpo inteiro (PCI);
 - Após utilizar o sanitário, acionar no mínimo três descargas para minimizar a contaminação no vaso sanitário;
 - Lave separadamente suas roupas e toalhas durante o período de restrição, mantendo o uso exclusivo de toalhas, escovas de dente, pratos e talheres;
 - Não deve manter relações sexuais por pelo menos 15 dias;
-

Recomendações Nutricionais

Café da Manhã:

1 unidade média, Ovo de galinha inteiro cozido/10 minutos
3 unidades médias, Ovo de galinha clara cozida/10 minutos
7 colheres de sopa cheias picada, Batata doce cozida
1 fatia média, Queijo minas meia cura
1 Colher de sopa cheia, Cereais
1 xícara chá cheia, Café

Lanche da Manhã:

2 unidades médias, Banana
1 colher de sopa cheia, Aveia em flocos

Almoço:

1 unidade média, Carne bovina
3 colheres de sopa cheias picadas, Abóbora cabotian cozida
1 colher de sopa cheia, Azeite de oliva extra virgem
5 colheres de sopa cheias picados, Brócolis cozido
2 folhas médias, Alface
3 colheres de sopa cheias picadas, Acelga
1,5 colher sopa cheia picado, Couve-flor cozida
1 colher de sopa cheia picado, Espinafre refogado
1 concha média cheia, Feijão cozido

Lanche da Tarde:

1/3 filé médio, Frango grelhado
1 Colher de sopa cheia, Cereais

Ceia:

3 unidade média, Clara de ovo de galinha cozida/10 minutos
1/3 filé médio, Frango grelhado
6 colheres de sopa cheia picada, Batata doce cozida
1 Colher de sopa cheia, Cereais

Lanche da Noite:

100 g que é igual a 0,6 unidade (com 170g), iogurte integral
1 colher sopa cheia, Cacau em pó
4 unidades médias, Clara de ovo de galinha cozida /10 minutos
3 unidades, Castanhas

Estimativa para as primeiras 24 horas após administração

Atividades a 0,3 m:

Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas. Incluem atividades como: dormir na mesma cama, filas de lugares públicos (mercados, farmácias, conveniências), utilizar transportes públicos.

Atividades a 0,5 m:

Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas. Incluem atividades como: ser passageiro em carros utilitários, sentar na mesma mesa (considerando de 2 a 4 cadeiras).

Atividades a 1,0 m:

Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas. Incluem atividades como: prática de esportes que envolvem contato com demais pessoas, ou frequentar praças, bares, restaurantes e cinema.

Atividades a 1,5 m:

Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas. Incluem atividades como: prática de esportes individuais em lugares públicos (musculação, corrida, natação, crossfit e beach tênis).

Atividades a 2,0 m:

Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas. Incluem atividades como: frequentar locais públicos com possibilidade de contato com outras pessoas, crianças e gestantes.

Estimativa de liberação para convívio social

Atividades a 0,3 m: 08/10/2024

Evite até a respectiva data, dormir na mesma cama, filas de lugares públicos (mercados, farmácias, conveniências), utilizar transportes públicos e contato com crianças e gestantes.

Atividades a 0,5 m: 08/10/2024

Evite até a respectiva data, ser passageiro em carros utilitários, sentar na mesma mesa (considerando de 2 a 4 cadeiras).

Atividades a 1,0 m: 07/10/2024

Evite até a respectiva data, prática de esportes que envolvem contato com demais pessoas, ou frequentar praças, bares, restaurantes e cinema.

Atividades a 1,5 m: 07/10/2024

Evite até a respectiva data, prática de esportes individuais em lugares públicos (musculação, corrida, natação, crossfit e beach tênis).

Atividades a 2,0 m: 06/10/2024

Evite, até a respectiva data, frequentar locais públicos com possibilidade de contato com outras pessoas.

CONCLUSÃO

A ferramenta de cálculo é simples, de fácil preenchimento e tem uma execução rápida. Qualquer profissional com acesso aos dados pessoais, do tratamento e de um celular ou computador poderá estar gerando a cartilha, inclusive a utilizando para orientar o paciente quanto aos cuidados de proteção radiológica.

A cartilha possui uma linguagem de fácil entendimento, possibilita não só a compreensão da proteção radiológica, mas também o entendimento da personalização das orientações para pacientes submetidos a RIT de acordo com a necessidade de cada um, bem como o conhecimento sobre o tratamento a ser realizado, auxiliando portanto na orientação sobre o controle da exposição à radiação e na orientação sobre o tempo de cuidado com cada orientação, de modo que esta esteja dentro dos limites estabelecidos pela legislação (CNEN, 2013).

O paciente não só recebe a informação da data que está liberado para realizar determinadas atividades a estipulada distância, como ainda recebe exemplos de quais são essas atividades, o que facilita a compreensão e entendimento do que se pode ou não realizar.

A cartilha personalizada foi integrada e disponibilizada, foram realizados testes com dados que já haviam sido adquiridos e o arquivo está sendo gerado e suas informações personalizadas com os dados inseridos.

REFERÊNCIAS

1. A. C. CAMARGO. Tireoide. **accamargo**, 2021. Disponível em: <https://www.accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tipos-de-cancer/tireoide#:~:text=Como%20os%20carcinomas%20papil%C3%ADferos%20podem,%C3%A9%20remover%20toda%20a%20tireoide>. Acesso em: 24 jun. 2022.
2. BARROS, Pietro P. D. *et al.* Analysis of the radiometry performed in patients undergoing radioactive iodine therapy. **Journal of Nuclear Medicine Technology**, p. 24, 2020.
3. BRAY, Freddie *et al.* Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Câncer J Clin**, p. 394-424, Nov 2018.
4. CAMPOS, RAFAEL F. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. **IRD/IAEA**, 2015.
5. CARVALHO, Heloisa D. A.; VILLAR, Rosangela C. Radiotherapy and immune response: the systemic effects of a local treatment. **Clinics (Sao Paulo)**, v. 73, dez. 2018.
6. CHERRY, Simon; SORENSON, James; PHELPS, Michael. **Physics in Nuclear Medicine**. 6. ed. [S.I.]: Elsevier, 2012.
7. CHO, SANG G.; KIM, JAHAE; SON, HO C. Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures. **Nuclear Medicine Molecular Imaging**, v. 51, p. 11-16, mar. 2017.
8. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear**, 2013.
9. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Autorizadas**, 2015. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2>. Acesso em: 29 jul. 2022.
10. DHINGRA, VANDANA; DHINGRA, MOHIT; BASU, SANDIP. Nuclear medicine from

- the past to the present: A brief story of its development, key impact areas in current times and its potential for the future. **Journal of Medical Evidence**, v. 1, p. 26-32, 2020.
11. FERLAY, J *et al.* Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods. **Int J Cancer**, p. 1941-1953, Abril 2019.
 12. GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, v. 6, 2017.
 13. GOLBERT, Lenara *et al.* Carcinoma diferenciado de tireóide: avaliação inicial e acompanhamento. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, p. 701-710, 2005. ISSN 5. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/LmjB6zkNmtMbFsDhdNB9pRm/?lang=pt#>. Acesso em: 04 mar. 2022.
 14. GOSLINGS, B M. Proceedings: Effect of a low iodine diet on ¹³¹I therapy in follicular thyroid carcinomata. **The Journal of endocrinology**, v. 64, p. 30, 1975.
 15. HAUGEN, Bryan R. *et al.* 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer.
 16. HEHRMANN, R *et al.* Risk of hyperthyroidism in examinations with contrast media. **Aktuelle Radiol**, v. 6, p. 243-248, Setembro de 1996.
 17. HIRONAKA, Fausto H. *et al.* **Medicina Nuclear – Princípios e Aplicações**. 2. ed. [S.l.]: Atheneu, 2012.
 18. HOSONO, MAKOTO. Radiation protection in therapy with radiopharmaceuticals. **International Journal of Radiation Biology**, 95:10, 2018. 1427-1430.
 19. IAEA. International Atomic Energy. **Agency Release of patients after radionuclide therapy / with contributions from the International Commission on Radiological Protection**, 2009.
 20. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Nuclear medicine physics: a handbook for students and teachers**, 2014.
 21. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation**, 2018.
 22. INCA. Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil. **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**, 2019. Acesso em: 04 mar. 2022.
 23. KAIHO, Tatsuo. **Iodine Chemistry and Applications**. [S.l.]: [S.n.], 2014.
 24. KERR, Ligia R. F. S.; KENDALL, Carl. A PESQUISA QUALITATIVA EM SAÚDE.

- Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, Fortaleza, v. 14, p. 1061-1063, 2013. ISSN 6.
25. LEWIS, James L. MANUAL MSD. Versão Saúde para Família. **msdmanuals**, abr. 2022. Acesso em: out. 2022.
 26. LOPES, Maria S. *et al.* Iodine and Thyroid: What a Clinic Should Know. **Acta Med Port**, 25. 174-178.
 27. MACIEL, Rui M. B. Carcinoma diferenciado da tireóide (Papilífero e Folicular): diagnóstico e conduta. **SciELO Brasil**, São Paulo, set. 2011.
 28. MCCREADY, V R. Radioiodine - the success story of Nuclear Medicine : 75th Anniversary of the first use of Iodine-131 in humans. **Eur J Nucl Med Mol Imaging**, p. 179-182, Fev 2017.
 29. MINISTÉRIO DA SAÚDE E UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição. Material de apoio para profissionais de saúde**. 1. ed. Brasília: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016. 164 p.
 30. NGUYEN, Quang T. *et al.* Diagnosis and treatment of patients with thyroid cancer. **Am Health Drug Benefits**, v. 1, p. 30-40, 2015.
 31. OLIVEIRA, CAIO V. Caracterização de protocolo de dosimetria interna para planejamento individualizado de iodoterapia. **Dissertação (Mestrado em Proteção Radiológica) - Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Proteção Radiológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**, 2020. Acesso em: 10 jun 2022.
 32. PASQUETA, JÉSSICA. Repositório Institucional. **DOSIMETRIA EXTERNA SIMULADA A PARTIR DA BOLSA COLETORA DE URINA DE PACIENTES SUBMETIDOS À CINTILOGRAFIA ÓSSEA**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1799>. Acesso em: 03 ago. 2021.
 33. SAPIENZA, Marcelo T. *et al.* Tratamento do carcinoma diferenciado da tireóide com iodo-131: intervenções para aumentar a dose absorvida de radiação. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v. 49, n. 3, Junho 2005.
 34. SBMN. SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR. **Guidelines e Orientações**, 2020. Acesso em: 28 out. 2020.
 35. SCHLUMBERGER, M J. Papillary and follicular thyroid carcinoma. **The New England journal of medicine**, v. 338, p. 297-306, 1998.
 36. SGARBI, Jose A. Clínica Sgarbi. **clnicasgarbi**, 2018. Disponível em: <https://www.clinicasgarbi.com.br/noticia/51/hipotireoidismo-e-niveis-de-colesterol-e-tri>

glicerideos. Acesso em: 23 out. 2022.

37. STOKKE, Caroline *et al.* Dosimetry-based treatment planning for molecular radiotherapy: a summary of the 2017 report from the Internal Dosimetry Task Force. **EJNMMI Phys**, Nov 2017.
38. U.S. NRC. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. **RELEASE OF PATIENTS ADMINISTERED RADIOACTIVE MATERIAL**, Abril 2020. Disponível em: <https://www.nrc.gov/docs/ML1923/ML19232A081.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.
39. YONEKURA, Y *et al.* ICRP Publication 140: Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals. **Annals of the ICRP**, v. 48, p. 5-95, 2019.
40. ZIESSMAN, Harvey A.; O'MALLEY, Janis P.; , James H. T. **Nuclear Medicine: The Requisites**. 2. ed. [S.I.]: Koogan S.A, 1995.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos radioisotópicos, assim como a radioiodoterapia, exigem medidas de proteção radiológica que merecem uma atenção personalizada à equipe que executa o procedimento, mas também um cuidado especial ao paciente que é submetido ao procedimento.

Manter o paciente bem orientado é essencial para que as recomendações e estimativas planejadas sejam seguidas conforme o esperado. É de suma importância que diversas variáveis influenciam este tipo de terapia, pois estão ligadas a fisiologia e metabolismo individual de cada paciente, ou seja, a personalização pode gerar mais conforto e segurança uma vez que permite personalizar o tempo de restrição em que o paciente é submetido por questões de proteção radiológica.

Neste trabalho demonstramos o desenvolvimento de duas ferramentas que podem melhorar o entendimento da equipe multidisciplinar envolvida no procedimento, assim como, o bem estar e segurança dos pacientes e ainda facilitar as orientações recomendadas pós terapia fornecidas pelos IOEs.

A ferramenta *web* permite gerar um cálculo personalizado da meia-vida efetiva do tratamento com ^{131}I de cada paciente submetido, fornecendo dados individuais do tempo necessário de restrição quanto algumas atividades sociais. Já a cartilha proposta, é capaz de unificar informações cruciais como dados pessoais, mecanismo de ação do processo terapêutico, sugestões alimentares e a estimativa de liberação para convívio social do paciente.

Assim, após os resultados apresentados nesta dissertação, é possível afirmar que a aplicação de ambas soluções desenvolvidas podem facilitar o fluxo dos serviços de medicina nuclear que realizam este tipo de procedimento, pois é capaz de englobar a nível interno e externo os membros da equipe envolvida no procedimento, os familiares e pessoas com quem o paciente compartilha sua vida

e de fato, o próprio paciente submetido a este tipo de terapia.

6. REFERÊNCIAS

1. A. C. CAMARGO. Tireoide. **accamargo**, 2021. Disponível em: <https://www.accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tipos-de-cancer/tireoide#:~:text=Como%20os%20carcinomas%20papil%C3%ADferos%20podem,%C3%A9%20remover%20toda%20a%20tireoide>. Acesso em: 24 jun. 2022.
2. AURÉLIO, M.; PACHECO, C.; PACHECO, C. **ALGORITMOS GENÉTICOS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/Cursos-ICA/CE-intro_apost.pdf.
3. BARROS, Pietro P. D. *et al.* Analysis of the radiometry performed in patients undergoing radioactive iodine therapy. **Journal of Nuclear Medicine Technology**, p. 24, 2020.
4. BRAY, Freddie *et al.* Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. **CA Câncer J Clin**, p. 394-424, Nov 2018.
5. CAMPOS, RAFAEL F. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. **IRD/IAEA**, 2015.
6. CARLOS, W.; JAMILSON, M.; SOUZA, F. **DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO D E C O M Aplicação de Algoritmos Genéticos ao Problema Job-Shop U F O P UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/JOB%20SHOP%20via%20AG.pdf>.
7. CARVALHO, Heloisa D. A.; VILLAR, Rosangela C. Radiotherapy and immune response: the systemic effects of a local treatment. **Clinics (Sao Paulo)**, v. 73, dez. 2018.
8. CHAGAS, Paula R. D.; OLIVEIRA, Mirella G. O. A. D.; SILVA, Bruna N. D. Food consumption of iodine versus tireoid neoplasia: the use of restrictive. **Nutricion clínica y Dietética Hospitalaria**, 4, 2017. 29-33. Acesso em: out. 2022.
9. CHERRY, Simon; SORENSON, James; PHELPS, Michael. **Physics in Nuclear**

- Medicine**. 6. ed. [S.I.]: Elsevier, 2012.
10. CHO, SANG G.; KIM, JAHAE; SON, HO C. Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures. **Nuclear Medicine Molecular Imaging**, v. 51, p. 11-16, mar. 2017.
 11. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear**, 2013.
 12. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Autorizadas**, 2015. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2>. Acesso em: 29 jul. 2022.
 13. DHINGRA, VANDANA; DHINGRA, MOHIT; BASU, SANDIP. Nuclear medicine from the past to the present: A brief story of its development, key impact areas in current times and its potential for the future. **Journal of Medical Evidence**, v. 1, p. 26-32, 2020.
 14. FERLAY, J *et al.* Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods. **Int J Cancer**, p. 1941-1953, Abril 2019.
 15. FRANCO, Guilherme. **Tabela e composição química dos alimentos**. 9. ed. [S.I.]: Atheneu, 1999.
 16. GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, v. 6, 2017.
 17. GOLBERT, Lenara *et al.* Carcinoma diferenciado de tireóide: avaliação inicial e acompanhamento. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, p. 701-710, 2005. ISSN 5. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/LmjB6zkNmtMbFsDhdNB9pRm/?lang=pt#>. Acesso em: 04 mar. 2022.
 18. GOSLINGS, B M. Proceedings: Effect of a low iodine diet on ¹³¹I therapy in follicular thyroid carcinomata. **The Journal of endocrinology**, v. 64, p. 30, 1975.
 19. HAUGEN, Bryan R. *et al.* 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer.
 20. HEHRMANN, R *et al.* Risk of hyperthyroidism in examinations with contrast media. **Aktuelle Radiol**, v. 6, p. 243-248, Setembro de 1996.
 21. HIRONAKA, Fausto H. *et al.* **Medicina Nuclear – Princípios e Aplicações**. 2. ed. [S.I.]: Atheneu, 2012.
 22. HOSONO, MAKOTO. Radiation protection in therapy with radiopharmaceuticals. **International Journal of Radiation Biology**, 95:10, 2018. 1427-1430.

23. IAEA. International Atomic Energy. **Agency Release of patients after radionuclide therapy / with contributions from the International Commission on Radiological Protection**, 2009.
24. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Nuclear medicine physics: a handbook for students and teachers**, 2014.
25. IAEA. International Atomic Energy Agency. **Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation**, 2018.
26. INCA. Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil. **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**, 2019. Acesso em: 04 mar. 2022.
27. INCA. Instituto Nacional do Câncer. **Estimativa 2020, incidência de câncer no Brasil**, 2020. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 24 jun. 22.
28. KAIHO, Tatsuo. **Iodine Chemistry and Applications**. [S.l.]: [S.n.], 2014.
29. KERR, Ligia R. F. S.; KENDALL, Carl. A PESQUISA QUALITATIVA EM SAÚDE. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, Fortaleza, v. 14, p. 1061-1063, 2013. ISSN 6.
30. LEWIS, James L. MANUAL MSD. Versão Saúde para Família. **msdmanuals**, abr. 2022. Acesso em: out. 2022.
31. LOPES, Maria S. *et al.* Iodine and Thyroid: What a Clinic Should Know. **Acta Med Port**, 25. 174-178.
32. MACIEL, Rui M. B. Carcinoma diferenciado da tireóide (Papilífero e Folicular): diagnóstico e conduta. **Scielo Brasil**, São Paulo, set. 2011.
33. MCCREADY, V R. Radioiodine - the success story of Nuclear Medicine : 75th Anniversary of the first use of Iodine-131 in humans. **Eur J Nucl Med Mol Imaging**, p. 179-182, Fev 2017.
34. MINISTÉRIO DA SAÚDE E UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição. Material de apoio para profissionais de saúde**. 1. ed. Brasília: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016. 164 p.
35. NGUYEN, Quang T. *et al.* Diagnosis and treatment of patients with thyroid cancer. **Am Health Drug Benefits**, v. 1, p. 30-40, 2015.
36. OLIVEIRA, CAIO V. Caracterização de protocolo de dosimetria interna para planejamento individualizado de iodoterapia. **Dissertação (Mestrado em Proteção Radiológica) - Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Proteção**

Radiológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2020. Acesso em: 10 jun 2022.

37. PASQUETA, JÉSSICA. Repositório Institucional. **DOSIMETRIA EXTERNA SIMULADA A PARTIR DA BOLSA COLETORA DE URINA DE PACIENTES SUBMETIDOS À CINTILOGRAFIA ÓSSEA**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1799>. Acesso em: 03 ago. 2021.
38. SAPIENZA, Marcelo T. *et al.* Tratamento do carcinoma diferenciado da tireóide com iodo-131: intervenções para aumentar a dose absorvida de radiação. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v. 49, n. 3, Junho 2005.
39. SBMN. SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR. **Guidelines e Orientações**, 2020. Acesso em: 28 out. 2020.
40. SCHLUMBERGER, M J. Papillary and follicular thyroid carcinoma. **The New England journal of medicine**, v. 338, p. 297-306, 1998.
41. SGARBI, Jose A. Clínica Sgarbi. **clincasgarbi**, 2018. Disponível em: <https://www.clinicagarbi.com.br/noticia/51/hipotireoidismo-e-niveis-de-colesterol-e-triglicerideos>. Acesso em: 23 out. 2022.
42. STOKKE, Caroline *et al.* Dosimetry-based treatment planning for molecular radiotherapy: a summary of the 2017 report from the Internal Dosimetry Task Force. **EJNMMI Phys**, Nov 2017.
43. U.S. NRC. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. **RELEASE OF PATIENTS ADMINISTERED RADIOACTIVE MATERIAL**, Abril 2020. Disponível em: <https://www.nrc.gov/docs/ML1923/ML19232A081.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.
44. YONEKURA, Y *et al.* ICRP Publication 140: Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals. **Annals of the ICRP**, v. 48, p. 5-95, 2019.
45. ZIESSMAN, Harvey A.; O'MALLEY, Janis P.; , James H. T. **Nuclear Medicine: The Requisites**. 2. ed. [S.I.]: Koogan S.A, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE ANUÊNCIA

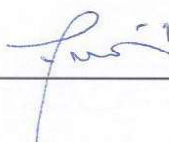
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINAINSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

TERMO DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins que estamos de acordo com a execução do projeto de pesquisa intitulado “**PROPOSTA DE UM PROTOCOLO DE ORIENTAÇÕES EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA APLICADO A RADIOIODOTERAPIA**” sob a responsabilidade de coordenação e orientação da prof.^a Dra. Tatiane Sabriela Cagol Camozzato, do Departamento de Saúde e Serviços, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, no qual terá apoio desta instituição.

Eu, AURÉLIO PACHECO COSTA FILHO declaro ser de meu conhecimento o teor do projeto acima, cujo pesquisador tem a minha anuência em desenvolver as atividades descritas no projeto proposto, pertinentes à minha área de gestão.

Florianópolis, 18 de NOVEMBRO de 2024


Dr. Aurélio Pacheco Costa Fº
CRM/SC 5182
Cardiologia RQE 1919
Medicina Nuclear RQE 2152

Responsável Técnico

APÊNDICE B – PROJETO DA CARTILHA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA



Cartilha de Proteção Radiológica



Dados do Paciente

Nome: Paciente hipotético 01
 Data de Nascimento: 20/03/1994
 Sexo: Masculino
 Peso (kg): 75,0
 Altura (m): 1,75
 Data da Terapia: 23/10/2022
 Atividade Prescrita (mCi): 100
 Modalidade Terapêutica: Tratamento com I-131

Indicação Clínica

A iodoterapia é o procedimento médico que utiliza a radiação ionizante do Iodo-131 para tratar patologias da tireoide (câncer e hipertireoidismo).

É indicada para pacientes com:

- Câncer de tireoide bem diferenciado (papilífero ou folicular) já submetidos a tireoidectomia total.
- Hipertireoidismo, especialmente nas doenças de Graves ou Plummer

Como este medicamento funciona?

O Iodo radioativo consegue encontrar as células cancerígenas da tireoide que eventualmente escaparam do tratamento cirúrgico. A tireoide e o câncer de tireoide captam o Iodo. Assim, o Iodo-131 leva radiação diretamente às células tumorais, causando sua destruição. As doses a serem utilizadas são calculadas pelo médico nuclear.



Cartilha de Proteção Radiológica



Recomendação Nutricional

CAFÉ DA MANHÃ

- 1 unidade média, Ovo de galinha inteiro cozido/10 minutos
- 3 unidades médias, Ovo de galinha clara cozida/10 minutos
- 7 colheres de sopa cheias picadas, Batata doce cozida
- 1 fatia média, Queijo minas meia cura
- 1 Colher de sopa cheia, Cereais
- 1 xícara chá cheia, Café

LANCHE MANHÃ

- 2 unidades médias, Banana
- 1 colher de sopa cheia, Aveia em flocos

ALMOÇO

- 1 unidade média, Carne bovina
- 3 colheres de sopa cheias picadas, Abóbora cabotian cozida
- 1 colher de sopa cheia, Azeite de oliva extra virgem
- 5 colheres de sopa cheias picadas, Brócolis cozido
- 2 folhas médias, Alface
- 3 colheres de sopa cheias picadas, Acelga
- 1,5 colher sopa cheia picado, Couve flor cozida
- 1 colher de sopa cheia picado, Espinafre refogado
- 1 concha média cheia, Feijão cozido

Cartilha de Proteção Radiológica
Recomendação Nutricional

LANCHE TARDE

1/3 filé médio, Frango grelhado
1 Colher de sopa cheia, Cereais

CEIA

3 unidade média, Clara de ovo de galinha cozida/10 minutos
1/3 filé médio, Frango grelhado
6 colheres de sopa cheia picada, Batata doce cozida
1 Colher de sopa cheia, Cereais

LANCHE NOITE

100 g que é igual a 0,6 unidade (com 170g), iogurte integral
1 colher sopa cheia, Cacau em pó
4 unidades médias, Clara de ovo de galinha cozida /10 minutos
3 unidades, Castanhas

Cartilha de Proteção Radiológica

Proteção Radiológica

- Em casos de amamentação, deve-se interromper por completo antes de realizar o tratamento, pois o I-131 também é excretado pelo leite materno. Como alternativa, é possível fazer a substituição por outro tipo de leite;
- Para os pacientes em idade fértil, evite a gravidez durante 12 meses para mulheres e 6 meses para homens. Pacientes do sexo masculino devem considerar bancos de espermatozoides antes do início da terapia;
- Ingestão de líquidos (mais que o normal) por pelo menos 7 dias ou até a data do exame de pesquisa de corpo inteiro (PCI);
- Após utilizar o sanitário, acionar no mínimo três descargas para minimizar a contaminação no vaso sanitário;
- Lave separadamente suas roupas e toalhas durante o período de restrição, mantendo o uso exclusivo de toalhas, escovas de dente, pratos e talheres;
- Não deve manter relações sexuais por pelo menos 15 dias;

Cartilha de Proteção Radiológica

Proteção Radiológica

Estimativa para as primeiras 24 horas após administração

Atividades a 0,3 m: <u>Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas</u> Incluem atividades como: dormir na mesma cama, filas de lugares públicos (mercados, farmácias, conveniências), utilizar transportes públicos
Atividades a 0,5m: <u>Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas</u> Incluem atividades como: ser passageiro em carros utilitários, sentar na mesma mesa (considerando de 2 a 4 cadeiras)
Atividades a 1,0m: <u>Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas</u> Incluem atividades como: prática de esportes que envolvem contato com demais pessoas, ou frequentar praças, bares, restaurantes e cinema
Atividades a 1,5m: <u>Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas</u> Incluem atividades como: prática de esportes individuais em lugares públicos (musculação, corrida, natação, crossfit e beach tennis)
Atividades a 2,0m: <u>Não é recomendado contato ou proximidade com outras pessoas</u> Incluem atividades como: frequentar locais públicos com possibilidade de contato com outras pessoas, crianças e gestantes

Estimativa de liberação para convívio social

Atividades a 0,3 m: 01/11/2022 Evite até a respectiva data, dormir na mesma cama, filas de lugares públicos (mercados, farmácias, conveniências), utilizar transportes públicos e contato com crianças e gestantes
Atividades a 0,5m: 01/11/2022 Evite até a respectiva data, ser passageiro em carros utilitários, sentar na mesma mesa (considerando de 2 a 4 cadeiras)
Atividades a 1,0m: 30/10/2022 Evite até a respectiva data, prática de esportes que envolvem contato com demais pessoas, ou frequentar praças, bares, restaurantes e cinema
Atividades a 1,5m: 30/10/2022 Evite até a respectiva data, prática de esportes individuais em lugares públicos (musculação, corrida, natação, crossfit e beach tennis)
Atividades a 2,0m: 30/10/2022 Evite até a respectiva data, frequentar locais públicos com possibilidade de contato com outras pessoas