

Mensuração da radiação secundária na tireoide e primária em cristalino em exames de tomografia computadorizada de crânio

Measurement of secondary radiation to the thyroid and primary radiation to the crystalline lens in skull computed tomography exams

Recebido: 24/11/2023 | Revisado: 06/12/2023 | Aceitado: 08/12/2023 | Publicado: 10/12/2023

Jefferson Alves dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4407-0477>

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

E-mail: jeffersomm@hotmail.com

Kellen Adriana Curci Daros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0889-2563>

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

E-mail: daros.kellen@unifesp.br

Carlos Alberto Zeituni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7303-6720>

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil

E-mail: czeituni@pobox.com

Resumo

Por meio da dosimetria, é possível um melhor controle da quantidade de radiação que é emitida para os pacientes, da dose de radiação em órgãos ou tecido que são mais sensíveis à radiação, a fim de prevenir em algum ponto os possíveis efeitos nocivos da radiação ionizante. Este estudo teve como objetivo, mensurar a radiação que chega à região da tireoide e cristalino em exames de tomografia computadorizada de crânio. Sendo de natureza quantitativa e método de autoria dos envolvidos, utilizados 4 dosímetros do tipo TLD (Dosímetro Termoluminescente), posicionados na região do pescoço e 4 dosímetros na região dos cristalinos, fixados nas pálpebras, sendo alocados 2 em cada olho dos pacientes em exames de tomografia de crânio, para verificar se estão dentro dos limites considerados viáveis e recomendados pelas instituições de proteção. Realizado a coleta e dados e pesquisados uma amostra de 38 pacientes em dois aparelhos distintos, da marca Philips e Siemens, que têm tecnologias e tempo de uso diferentes. Este estudo mostrou que para a região de cristalino a média de dose de todos os pacientes foi de 13,44 mGy, que está dentro da margem segura de limites estabelecido pelos órgãos de controle e proteção. Na região de pescoço, a média de dose foi de 2,29 mGy, que está abaixo das doses preconizadas pelas instituições de proteção. Na região de pescoço o valor de ponderação é de 0,05 e 0,08 Sv para alteração em tireoide. Obteve-se um único valor máximo de 4,77 mGy em uma das medidas.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada; Crânio; Cristalino; Tireoide; Dosimetria.

Abstract

Through dosimetry, it is possible to better control the amount of radiation that is emitted to patients, the dose of radiation in organs or tissue that are more sensitive to radiation, in order to prevent at some point the possible harmful effects of ionizing radiation. This study aimed to measure the radiation that reaches the thyroid and lens region in skull computed tomography exams. Being quantitative in nature and a method authored by those involved, 4 dosimeters of the TLD type (Thermoluminescent Dosimeter) were used, positioned in the neck region and 4 dosimeters in the crystalline region, fixed to the eyelids, with 2 being allocated to each eye of patients in skull tomography exams, to check whether they are within the limits considered viable and recommended by protection institutions. A sample of 38 patients was collected and researched using two different devices, from Philips and Siemens, which have different technologies and usage time. This study showed that for the lens region the average dose for all patients was 13.44 mGy, which is within the safe margin of limits established by control and protection bodies. In the neck region, the average dose was 2.29 mGy, which is below the doses recommended by protection institutions. In the neck region, the weighting value is 0.05 and 0.08 Sv for thyroid changes. A single maximum value of 4.77 mGy was obtained in one of the measurements.

Keywords: Computed tomography; Skull; Lens; Thyroid; Dosimetry.

1. Introdução

Estudos recentes mostram e evidenciam que o uso da tomografia computadorizada no diagnóstico médico tem aumentado os riscos e superexposições de pessoas à radiação ionizante. O uso é responsável por 75% de toda exposição às pessoas e em torno de 15% se comparado a todos os métodos de imagens médicas com emprego de radiação ionizante (Parente, 2013).

Em novembro de 1895, William Conrad Roetgen, estudando o tubo de Crookes, que consistia de uma ampola que emitia uma determinada energia, e ao colocar um papel de carvão preto percebeu que ocorria uma luminescência em uma placa composta de Bário que estava fora da ampola e mesmo estando a uma certa distância a placa era sensibilizada, com a utilização do tubo de Crookes e colocou diversos materiais entre o tubo e a placa receptora, chegando à conclusão que existia uma energia não visível que se comportava parecida com a luz, porém transpassava matérias e sensibilizava as placas receptoras. E em 1896 publicou a experiência mostrando que esses raios, chamados por ele de raios-x tinha comportamento diferente para diferentes estruturas e que quando mais aumentava distância da fonte, diminuía a intensidade (Dalmolin, 2018).

No ano de 1972, Godfrey Newbold Hounsfield, criou a Tomografia Computadorizada, inicialmente usada somente para exames de crânio. Sendo um aparelho com tubo de raios-x que rotacionava 180° para examinar de maneira eficiente o paciente, dispunha também de detectores no lado oposto que eram sensibilizados e transformados em cálculos matemáticos e posteriormente em imagem (Carvalho, 2007).

Inicialmente e ainda hoje a tomografia computadorizada vem sendo usada com frequência no campo da neuromedicina, pois permite que o uso de radiação em planos de três dimensões, através da reconstrução de imagem após a radiação interagir com o meio que está sendo examinado e devido ao giro do tubo de raios x em torno da área examinada permite captar informações recebidas por detectores que ficam dispostos em posição oposta a esse tubo. Permitindo assim diferenciar tecidos de diferentes composições e densidades e demonstrados através de uma escala de preto, branco e cinza, chamada de Unidade Hounsfield (HU) (Júnior et al, 2001).

Os riscos relacionados às exposições altas ou contínuas a radiação ionizante podem provocar alterações celulares, e dar origem a malformações celulares e conseqüentemente câncer, por isso foi criado em 1928 a ICRP (Comissão Internacional de Proteção Radiológica) publicou sua primeira recomendação, com o intuito de recomendar precauções e cuidados no uso e aplicações dessas técnicas. Ao longo dos anos essas publicações foram aprimorando de acordo com as mudanças e evoluções tecnológicas gerando a publicação de número 60 em 1991, que estabelece além dos cuidados em geral, valores específicos e limites permitidos e recomendados nas diversas modalidades e intervenções (Navarro et al, 2008).

Este trabalho foi realizado com a finalidade de verificar exposição secundária em região de tireoide e exposição direta em região de cristalino em exames de tomografia computadorizada de crânio. Uma vez que a glândula tiroide é radiosensível e neste caso não será alvo clínico e nem diagnóstico, porém devido sua proximidade com a região a ser examinada pode sofrer interações da radiação empregada neste método de imagem diagnóstica. E nos olhos há exposição direta, gerando em alguns casos superexposição do cristalino que também é radiosensível (Coeli et al, 2005).

Através do levantamento de dose absorvida na região da tireoide e cristalino é possível estabelecer uma proteção específica para esta região nos exames de crânio ou reduzir a dose nas regiões que recebem os feixes primários.

Estes dados podem ser obtidos com a dosimetria desta região, podendo ser quantificado os dados se estão dentro dos limites toleráveis. E a partir daí estabelecer uma proteção para essa região (UNSCEAR, 2021).

Por se tratar de um método de diagnóstico por imagem que emprega o uso de radiação ionizante, onde os riscos são grandes se houver uma superexposição de regiões com órgãos e tecidos radiosensíveis, houve a preocupação em colher dados recebidos de dose absorvida em região de pescoço e olhos.

Realizado a comparação entre dois aparelhos de fabricantes distintos, com configurações e tecnologias diferentes, verificando se com a evolução também houve aumento da dose de radiação e exposição.

Este estudo teve como objetivo, mensurar a radiação que chega à região da tireoide e cristalino em exames de tomografia computadorizada de crânio.

2. Metodologia

A presente pesquisa foi resultado de um estudo prático e quantitativo, realizado em uma dissertação de mestrado, desenvolvida em parceria das instituições: USP, UNIFESP e IPEN, desenvolvida pelos autores deste artigo. Após coleta de dados, foram organizados e analisados (Pereira et al, 2018).

Os dados coletados foram organizados e tabelados de acordo com os padrões e normas nacionais para escrita e distribuição dos dados colhidos durante o período de coleta (Gil, 2017; Estrela, 2018).

Foram utilizados um conjunto de 8 dosímetros pessoais por paciente, sendo 4 na região do pescoço e 4 na região dos olhos (2 em cada olho).

Um total de 38 pacientes voluntários entre 18 e 85 anos, foram pesquisados neste estudo, sendo 18 no aparelho da marca Philips e 20 no aparelho da marca Siemens, sendo usados inicialmente 62 dosímetros e ao final do estudo 59 dosímetros, que foram utilizados de forma a serem revezados a cada leitura e coleta de dados.

Os dosímetros utilizados são do tipo TLD 100 (Dosímetro Termoluminescente), e sua composição de Fluoreto de Lítio dopado com Magnésio e Lítio (LiF: Mg,Ti), dosímetros esses que têm 3,5mm x 3,5mm x 0,15mm, com sensibilidade de mensuração de 10pGy a 10Gy e possuem características comumente usadas em dosimetria clínica (Bravim, 2010).

Estes dosímetros são comumente utilizados para pesquisa devido o fato de terem características específicas para o fim, dentre elas tem baixo número atômico, baixa sensibilidade à luz, resistentes na condição mecânica e química, e são produzidos em versões diversas (Batista, 2011).

O primeiro aparelho de tomografia usado na pesquisa pertence ao Hospital Universitário da Universidade de São Paulo e é da marca Philips, modelo Brillhance 64, que tem uma tecnologia multi-slice, com múltiplas fileiras de detectores, que permite a aquisição simultânea de diversos cortes tomográficos por volta do tubo, foi instalado no ano de 2008.

O segundo aparelho utilizado foi instalado em meados de 2022 e é um aparelho da marca Siemens, modelo Somatom go.Up, que tem uma tecnologia multi-slice, com 32 fileiras de detectores físicos, onde foram realizados testes de controle de qualidade e aceitação.

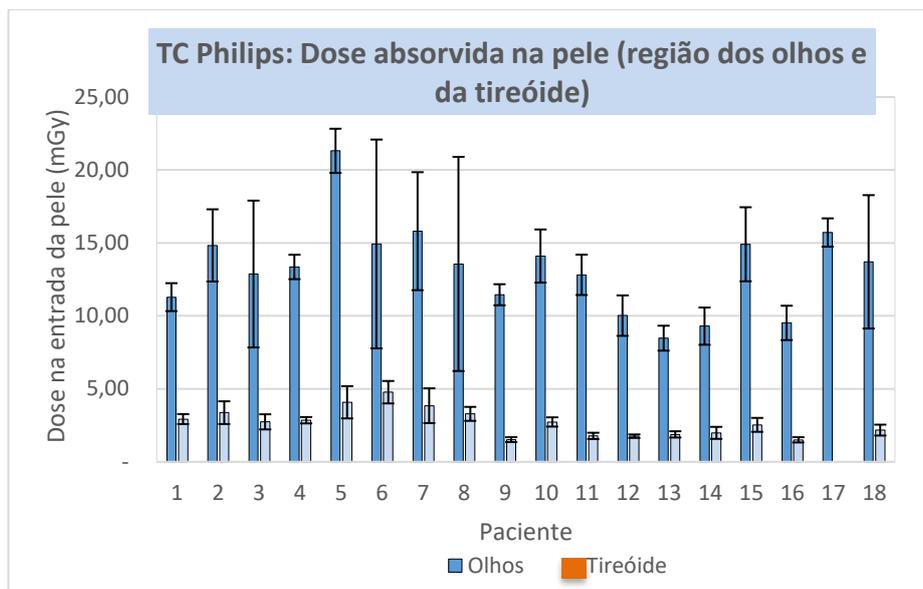
As espessuras de cortes utilizadas foram de 3mm por 1,5mm.

Foram utilizados fatores de exposição de 120 kv com 200 mA, 512X512 de matriz de pixels de reconstrução, campo de visão de 250mm e tempo de aquisição variando entre 10 seg e 19 seg, de acordo com o aparelho usado.

3. Resultados e Discussão

Os valores obtidos, no aparelho da marca Philips, foram de uma média de 13,22 mGy nos olhos, com desvio padrão de 3,02 e coeficiente de variação de 23%. Enquanto na tireoide foi de 2,69 mGy, com 0,95 de desvio padrão e coeficiente de variação de 35% (Gráfico 1).

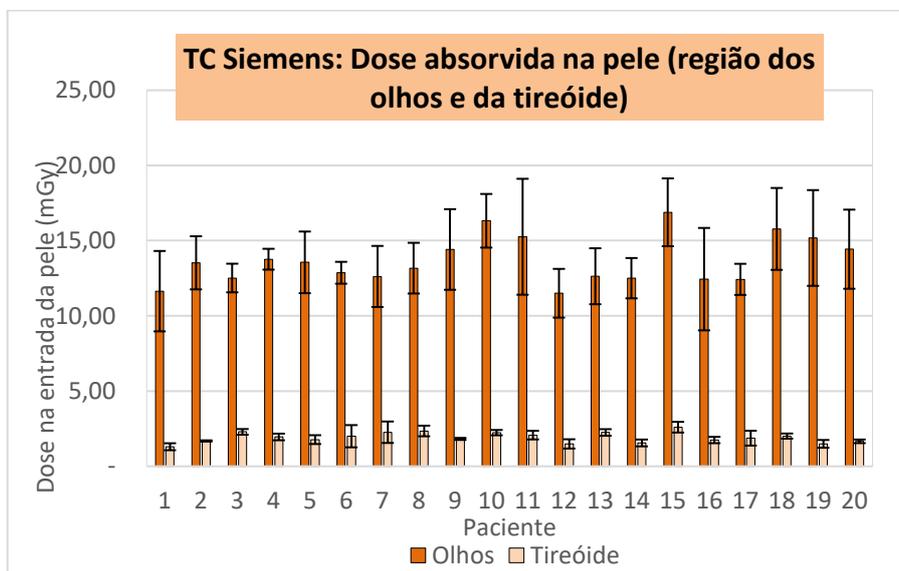
Gráfico 1 - Dados dosimétricos obtidos no aparelho Philips Siemens (média dos dosímetros de acordo com a região).



Fonte: Autores.

Os valores obtidos, no aparelho da marca Siemens, foram de uma média de 13,67 mGy nos olhos, com desvio padrão de 1,58 e coeficiente de atenuação de 12%. Enquanto na tireóide foi de 1,92 mGy, com 0,35 de desvio padrão e coeficiente de variação de 18% (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Dados dosimétricos obtidos no aparelho Siemens (média dos dosímetros de acordo com a região).



Fonte: Autores.

A radiação que sensibilizou os dosímetros que estavam na região dos olhos receberam energia proveniente do tubo de raios-x do aparelho diretamente, já os dosímetros que estavam no pescoço receberam na sua totalidade radiação proveniente da interação da radiação do tubo de raios-x do tomógrafo com a região do crânio dos pacientes examinados, que geraram uma radiação secundária.

Foram levantados também os valores de volume médio das cabeças examinadas, que geraram uma média de 3.908,13 cm³, com desvio padrão de 493,8 e coeficiente de variação de 13% nos pacientes pesquisados no tomógrafo da Philips.

No tomógrafo da Siemens os valores de volume de cabeças dos pacientes pesquisados foram de média de 3.725,05 cm³, com desvio padrão de 611 e coeficiente de variação de 16%.

Esses dados dos volumes das cabeças dos pacientes tiveram como objetivo identificar se haveria uma variação muito grande que interferisse nas doses absorvidas nos dosímetros. Sendo identificado que as variações foram pequenas, não interferindo no resultado final.

Com base nos resultados obtidos observou-se que as doses absorvidas na pele na região de olhos em ambos os aparelhos foram muito próximas nos valores médios finais, porém no aparelho da marca Philips houve um desvio maior atingindo 23% de C.V., enquanto para os dados das doses nos olhos dos pacientes pesquisados no aparelho da marca Siemens houve um C.V. de 12% (Quadro 1).

Se comparadas as doses recebidas na superfície da pele em região de tireoide a média no aparelho Philips foi de 2,68 mGy, enquanto nos dados da Siemens foi de 1,91 mGy. Sendo que na Philips obtivemos os valores de desvio na tireoide de 0,94 e C.V. de 35%, e na Siemens o desvio foi de 0,34 e C.V. de 18% (Quadro 1).

Quadro 1 - Dados dosimétricos obtidos no aparelho Philips x Siemens (média dos dosímetros de acordo com a região).

	Philips	Siemens
	Olhos	Olhos
média	13,21847	13,671
desvio	3,038183	1,577816
* C.V.	23%	12%
	Tireóide	Tireóide
média	2,689079	1,918043
desvio	0,949384	0,345672
* C.V.	35%	18%

* Coeficiente de Variação. Média obtida em mGy. Fonte: Autores

Os valores resultantes desta pesquisa chegaram a valores de doses recebidos em região de cristalino e tireoide dentro das margens de valores recomendadas pelos principais órgãos nacionais e internacionais que recomendam e regulam doses de radiação e exposição.

A opção em escolher a região de crânio para ser pesquisada neste estudo teve como pretensão mostrar as doses o mais próximas do real, “in vivo”, uma vez que há muitos artigos e estudos que foram realizados em “phantom”, que tem densidade única e medidas padrões, e alguns estudos levam em consideração a “dose virtual” que é a estimativa de dose demonstrada ao final de cada exame de tomografia nos relatórios de dose, que é bem particular de cada fabricante e modelo de tomógrafo e que usa como parâmetro a quantidade de radiação que sai do aparelho e que chega nos detectores. Poucos são os estudos realizados “in vivo” que pesquisam a dose que chega no paciente real e que levam em consideração tecidos da cabeça que geram radiação secundária levando em consideração tecidos vivos.

Outro fato que estimulou a realização do estudo em região de crânio é que há uma incidência maior destes exames na prática clínica, devido ao fato de em diversas condições os pacientes são submetidos a esses exames, como trauma, AVC, cefaleia, e outros acometimentos no S.N.C., onde a tomografia acaba sendo o primeiro método e na maioria dos casos mais acessível de se visualizar partes moles intracraniana.

No local onde foi realizado o estudo presente, assim como na maioria dos serviços no Brasil, a tomografia computadorizada de crânio simples inicialmente e rotineiramente é protocolada e padronizada na modalidade sem modulação de dose, facilitando e permitindo uma reprodutibilidade e confiabilidade maior também pela pequena variação de tamanhos e volumes da estrutura examinada e utilizando fatores energéticos fixos.

Nas doses levantadas em medidas em “phantom” o receptor energético geralmente fica no centro do simulador, gerando radiação secundária do material composto do “phantom”, o que dificulta de saber a dose que chega na região de tireoide que se localiza mais superficialmente e próximo da pele (AAPM, 2008).

Nos casos de doses na região de pescoço não há um limite considerado seguro, e a tireoide tem um risco biológico uma estimativa de 0,08 Sv e de ponderação de 0,05 (ICRP, 2010).

4. Conclusão

A Tomografia Computadorizada tem evoluído nos últimos anos de forma rápida, e junto com essa evolução houve uma preocupação por parte dos pesquisadores e órgãos regulamentadores e de recomendação em encontrar soluções e alternativas para minimizar o acúmulo de doses de radiação ionizante nos pacientes e pessoas expostas.

Por se tratar de um método de diagnóstico teoricamente rápido de ser executado e tem alta sensibilidade e especificidade para diversas patologias e lesões, o método tem sido uma alternativa nos hospitais e clínicas e com isso tem-se aumentado de forma significativa o uso da tomografia (Vasconcelos, 2023).

Baseado no princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) que estabelece que a dose de radiação deve ser tão baixo quanto razoavelmente aceitável, este estudo teve como objetivo mensurar a dose de radiação primária na superfície da pele em região de olhos (cristalino) e secundária em região de pescoço (tireoide) em exames de tomografia de crânio, sabendo assim qual a média que chega nessas regiões em um único exame, tanto a radiação direta nos cristalino, como indireta na região de tireoide, que são órgãos radiossensíveis, passíveis de alterações, se houver um acúmulo excessivo de radiação recebida (ICRP, 1977).

Foram utilizados dois tomógrafos, em diferentes ocasiões, onde foi possível também comparar a dose depositada por dois equipamentos de fabricantes diferentes e tecnologias e tempo de usos também.

Todos os controles de qualidade de ambos os aparelhos foram realizados antes e durante a pesquisa, podendo manter um nível de aceitação e reprodutibilidade contínuos. Seguindo os padrões indicados e recomendados pelos órgãos normativos (Brasil, 2021).

Foram realizadas calibrações nos equipamentos do estudo e nos equipamentos auxiliares utilizados, como aparelhos de raios-x, dosímetros e leitora dos dosímetros.

Segundo os órgãos de proteção radiológica os níveis que são potenciais para indução de câncer estão acima de 100 mSv, sendo que para a região de pescoço estão em torno de 50 mSv, valores de ponderação para tireoide de 0,05 e para indução de alterações em cristalino, como opacidade ou catarata estão em torno de 0,5 Gy.

Este estudo mostrou que para a região de cristalino a média de dose de todos os pacientes foi de 13,44 mGy, que está dentro da margem segura de limites estabelecido pelos órgãos de controle e proteção.

Na região de pescoço, a média de dose foi de 2,29 mGy, que está abaixo das doses preconizadas pelas instituições de proteção. Na região de pescoço o valor de ponderação é de 0,05 e 0,08 Sv para alteração em tireoide. Obteve-se um único valor máximo de 4,77 mGy em uma das medidas.

Quando comparado, as duas tecnologias utilizadas no estudo os valores obtidos para radiação primária foram bem próximos, atingindo 13,21 mGy (Philips) ante 13,67 mGy (Siemens). Porém, em relação à dose recebida na superfície da pele no pescoço, quando comparados os dois aparelhos a variação entre as doses menores e maiores no aparelho da marca Philips foram maiores, se comparados com os dados no da marca Siemens, onde a variação entre as doses foi mais uniformes, mas as médias finais foram abaixo do limite considerado seguro e recomendado.

Nos dados colhidos do aparelho Philips chegou-se a conclusão que a dose na tireoide foi 20% da dose que chegou nos cristalinos, já no tomógrafo da Siemens a dose na tireoide atingiu 14% da dose do cristalino. Isto pode estar relacionado ao tempo de uso dos equipamentos, pois o tomógrafo da Philips tem 15 anos de uso, enquanto o da Siemens na ocasião da pesquisa estava recém-instalado (menos de 6 meses). E a quantidade de fileiras de detectores pode ter interferido nessa pequena variação na radiação secundária pois o aparelho da Philips tem 64 fileiras e da Siemens 32 fileiras, porém há a necessidade de estudos futuros para objetivar essas características e informações.

Importante ressaltar que este estudo comparou os dois tomógrafos considerando as imagens tomográficas dos equipamentos como aceitáveis e não se mensurou ou comparou a qualidade das imagens de cada um deles.

Concluimos com este estudo que, se houver um controle de qualidade dos tomógrafos, um controle de parâmetros para execução do exame e padronização é possível manter os níveis aceitáveis de radiação, porém um estudo futuro deverá levar em consideração qual a frequência que um paciente é submetido a esses exames, uma vez que este estudo considerou a dose recebida em um único exame de tomografia de crânio.

Referências

- AAPM, The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT. AAPM Task Group 23 of the Diagnostic Imaging Council CT Committee (AAPM Report N°96). American Association of Physicists in Medicine 2008.
- Batista, B. J. B. (2011) Avaliação de dosímetros termoluminescentes para uso em radioterapia com fótons de alta energia. *Biblioteca digital de teses e dissertações da USP*. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-26042012-152350/publico/DissertacaoBatistaBernardo.pdf>.
- Bravim, A. (2010) Avaliação de dosímetros termoluminescentes empregando objetos simuladores equivalente à água para aplicação na dosimetria de feixes clínicos de elétrons. *Biblioteca digital de teses e dissertações da USP*. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-20062011-101414/publico/2011BravimAvaliacao.pdf>. Acesso:
- Carvalho, A. C. (2007) História DA Radiologia – História da Tomografia Computadorizada. *Revista de Imagem*. 29(2), 61-66.
- Coeli, C. M., Brito, A. S., Barbosa, F. S., Ribeiro M. G., Sieiro A. P. A. V., & Vaisman, M. (2005) Epidemiologia do Câncer de Tireóide. *Arq. Bras Endocrinol. Metab.*, 49(4), 503-504.
- Dalmolin, C. Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa de radiação ultravioleta e raios x, 2018. *Repositório Institucional da UFSC*. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/205138>. Acesso em 15maio2022.
- Estrela, C. (2018) *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa*. Editora Artes Médicas.
- Gil, A. C. (2017) *Como elaborar projetos de pesquisa*. Ed. Atlas.
- ICRP 26, *Recommendations of the International Commission on Radiation Protection*, Annals of ICRP, 1(3), Pergamon Press, Oxford, 1977.
- ICRP 2010, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 116- Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. 40(2-5), 1-257.
- Júnior, E. A. H. Y. (2001) Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética, *Revista Brasileira de Psiquiatria*. Associação Brasileira de Psiquiatria - ABP, 23, 2-3.
- Brasil. (2021). Instrução Normativa - IN N° 93 de 27 de maio de 2021. 101 ed. Brasília: Diário Oficial da União, 2021. v. 1. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-93-de-27-de-maio-de-2021-323016253>.
- Navarro, M. V. T., Leite, H. J. D. (2008) Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 15(4), 1039-1047.
- Parente, D. B. (2013) O Risco da Radiação no Uso Indiscriminado da Tomografia Computadorizada. *Colégio Brasileiro da Radiologia e Diagnóstico por Imagem*, 46(2), V-VI.
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- UNSCEAR, 2020/2021. Sources, Effects and Risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. 2, 86.
- Vasconcelo, B. T. O. A evolução e o impacto da Tomografia Computadorizada na medicina uma revisão bibliográfica. *Repositório Universitário da Anima (RUNA)*. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/34487>.