**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA**

**CURSO DE BIOMEDICINA**

**MARIANA PEREIRA DE OLIVEIRA**

**CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO DO RAIO-X DURANTE O DESENVOLVIMENTO INTRAUTERINO**

**GOIÂNIA**

**2023**

**MARIANA PEREIRA DE OLIVEIRA**

**CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO DO RAIO-X DURANTE O DESENVOLVIMENTO INTRAUTERINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Ciências Médicas e da Vida, para titulação de bacharel em Biomedicina.

Orientadora: Profª Mª Ivanise Correia da Silva Mota

**GOIÂNIA**

**2023**

**RESUMO**

A radiação ionizante eletromagnética, mais especificamente o Raio-X, é de grande utilidade no diagnóstico por imagem. Nas gestantes, seu uso é contraindicado em detrimento à sensibilidade e vulnerabilidade das células do embrião, uma vez que pode ocasionar danos e sequelas, comprometendo a sua formação. Identificar tais consequências e os estágios nos quais se expressam foi o objetivo do presente estudo. Para tanto se realizou uma revisão narrativa abrangendo pesquisa exploratória de abordagem qualitativa através de fontes de informações bibliográficas e eletrônicas, onde foram registrados quadros de disposições de graus de radiação, etapas gestacionais e interferências presentes após a exposição. Foram inseridos registros históricos e desenvolvimentos embrionários padrões para facilitar identificação das consequências cogitadas. Concluiu-se com este estudo que, os indivíduos ao receberem exposição de Raio-X têm potencial para acionar o sistema de reparo, restaurando os danos e restabelecendo a homeostase. Na gestante, tal fato não acontece com as células do ser em formação, ficando exposto e submetido as ações do Raio X, mesmo em doses pequenas. As consequências são variadas, desde retardo no crescimento até risco aumentado de mortalidade. Tais registros variam diante do período de exposição gestacional e tempo em que foi exposto o embrião/feto ao Raio-X.

**PALAVRAS-CHAVE:** Embrião, Feto, Gestação, Raio-X, Radiação ionizante, Radiação na gestação

**ABSTRACT**

Electromagnetic ionizing radiation, more specifically X-ray, is of great use in diagnostic imaging. In pregnant women, its use is contraindicated to the detriment of the sensitivity and vulnerability of the cells of the embryo, since it can cause damage and sequelae, compromising its formation. The aim of the present study was to identify these consequences and the stages in which they are expressed. To this end, a narrative review was carried out encompassing exploratory research of qualitative approach through bibliographic and electronic information sources, where tables of radiation dispositions, gestational stages and interferences present after exposure were recorded. Historical records and standard embryonic developments were inserted to facilitate identification of the consequences considered. It was concluded with this study that, the individuals to receive exposure of X-ray have the potential to trigger the repair system, restoring damage and reestablishing homeostasis. In pregnant women, this fact does not happen with the cells of the being in formation, being exposed and submitted to the actions of the X-ray, even in small doses. The consequences are varied, from growth retardation to increased risk of mortality. Such records vary according to the period of gestational exposure and time in which the being in formation was exposed to the X-ray.

**KEYWORDS:** Embryo, Fetus, Pregnancy, X-ray, Ionizing radiation, Radiation in pregnancy

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 5

2 METODOLOGIA 5

3 BREVE HISTÓRICO 6

4 REFERENCIAL TEÓRICO 7

4.1 CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO **8**

5 EMBRIOGÊNESE 9

6 INTERFERÊNCIA DO RAIO-X NO DESENVOLVIMENTO INTRAUTERINO 11

6.1 DOSAGEM ABSORVIDA **13**

7 CONCLUSÃO 14

8 REFERÊNCIAS 15

1 INTRODUÇÃO

A radiação ionizante é caracterizada por sua capacidade de ionizar um átomo, isto é, arrancar elétrons da camada de valência. Essa radiação pode ser dividida em dois tipos: corpuscular e eletromagnética, onde a primeira é composta por partículas com massa, velocidade e carga, enquanto a segunda, como seu próprio nome revela, consiste em ondas eletromagnéticas de alto poder de penetração, sem massa, mas energizadas (1, 2).

O Raio-X e a radiação γ são exemplos de radiação eletromagnética presentes em exames radiológicos, tendo a capacidade de atravessar tecidos moles e produzir imagens de estruturas internas do corpo. As chapas fotográficas resultantes destas radiações são importantes para o diagnóstico de doenças e para avaliar a integridade dos órgãos; porém, se deve atentar que não são recomendadas para pacientes que apresentam sensibilidade conhecida, certos tipos de câncer, problema na tireoide, lactantes e outros. Nas gestantes, sua contra indicação se dá devido à sensibilidade e vulnerabilidade das células do embrião frente à radiação, uma vez que pode ocasionar danos e sequelas, comprometendo a sua formação (3 - 5).

As consequências geradas no embrião e no feto, durante a fase uterina, após a submissão ao Raio X é um fator importante na manutenção da estabilidade e tranquilidade materna (5). Diante desta situação, o presente trabalho tem por objetivo elucidar os registros oriundos da exposição ao Raio-X durante o desenvolvimento intrauterino, atentando às dosagens, características orgânicas e aos períodos gestacionais que as expressam.

2 METODOLOGIA

 O procedimento metodológico deste trabalho corresponde a revisão narrativa abrangendo pesquisa exploratória de abordagem qualitativa através de fontes de informações bibliográficas e eletrônicas das plataformas: SciELO, PubMed, FioCruz e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas, no português, foram: Embrião, feto, gestação, raio-X, radiação ionizante, radiação na gestação; na língua inglesa: Embryo, fetus, gestation, X-ray, ionizing radiation, radiation in pregnancy.

Para a inclusão de artigos científicos foram utilizados aqueles que em seu contexto apresentavam os dados necessários para a explicação detalhada, rigorosa, minuciosa e exata ao assunto proposto neste trabalho de pesquisa científica, tendo como critérios, os estudos publicados entre os anos 2004 a 2023, que abordaram o uso do raio-X e suas consequências no desenvolvimento intrauterino.

O critério de exclusão dos artigos correspondeu aos que não apresentavam conteúdo relevante para a presente revisão e estudos de delineamento metodológico que não permitiam identificar o objetivo proposto.

3 BREVE HISTÓRICO

O Raio-X foi descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen, durante um experimento com tubos de Crookes, cujo objetivo foi estudar os raios catódicos e suas propriedades. Os tubos eram compostos por um vidro em formato de pera, espesso e com dois eletrodos perpendiculares (**Figura 1**). Röntgen investigava a condução elétrica através de gases nos tubos a vácuo quando observou um novo tipo de raio através da fluorescência de um ecrã, e batizou-o provisoriamente como Raio-X, por ser invisível e de natureza desconhecida — referência à incógnita X na matemática (6, 7).



**Figura 1:** Modelo de Crookes utilizado para observar uma

 sombra proveniente dos raios catódicos (6).

Em seus estudos, Röntgen comparou o Raio-X com a luz branca — uma vez que ambos não poderiam ser vistos a olho nu — possibilitando definir algumas propriedades básicas e conceitos a respeito deste raio: se propagaria em linha reta, não poderia ser refletido e nem refratado; ter característica fluorescente quando em contato com determinadas substâncias químicas e, ser capaz de sensibilizar chapas fotográficas (6 - 9).

Numa busca para compreender melhor a nova descoberta, o físico testou a exposição de materiais de densidade e espessura variadas ao Raio-X, observando que metais como chumbo, ferro, prata e ouro eram menos penetráveis, enquanto objetos como papel, madeira e tecido poderiam ser atravessados com facilidade (6 - 8). A conclusão destes experimentos é ilustrada com a fotografia da mão de Bertha — esposa do físico (**Figura 2–A**), na qual os dois anéis, por serem feitos de metais, assumem uma coloração escura como uma sombra, barrando completamente a passagem do Raio-X. Os ossos, possuindo alta densidade, também tiveram destaque na fotografia, enquanto a pele, músculos e demais tecidos, com densidade menor e altamente penetráveis, não foram registrados na chapa (6). Na **Figura 2-B**, radiografia de tórax em posição anatômica (PA) como comparativo.

 

B

A

Figura 2. Imagens radiológicas. A - Radiografia da mão da esposa de Röntgen, Bertha(6, 7)

 B - Radiografia de um tórax em PA (5).

A descoberta de Röntgen revolucionou várias áreas da biologia, criando alternativas de estudo do esqueleto humano e alguns órgãos, sem realizar procedimentos invasivos. A princípio, não se conhecia os efeitos patogênicos que a radiação ionizante causaria ao organismo, acarretando usos indiscriminados e sem a proteção adequada durante o manuseio. (10).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

 O surgimento de lesões e consequências para o organismo em detrimento da utilização de radiações estão diretamente proporcionais ao período de exposição e à quantidade de dose absorvida por cada indivíduo (10, 11). Segundo Borin (2015), o mapeamento dos sintomas é registrado por dosagem em Gray (Gy) — unidade de medida internacional, correspondente à razão da energia depositada em Joules (J) e a massa da matéria em quilogramas (Kg), de modo que 1 Gy corresponde a 1 J/Kg. A quantidade de radiação absorvida e seus respectivos sintomas em intervalos diferenciados podem ser identificados e calculados (11). O **Quadro 1** expõe as variáveis dessas exposições.

**Quadro 1** - REGISTROS DOSES/SINTOMAS (12)

|  |  |
| --- | --- |
| **Dose de exposição**  | **Sintomas** |
| 1 a 2 Gy  | Náuseas e vômitos, debilitação no sistema hematopoiético e sistema imune  |
| 2 a 4 Gy  | Náuseas e vômitos, debilitação no sistema hematopoiético e sistema imune, além de infecções causadas por agentes oportunistas  |
| 4 a 6 Gy  | Pode ocorrer enfraquecimento severo da função medular e causar hemorragias  |
| 6 a 7 Gy  | Lesões no sistema gastrointestinal  |
| Acima de 10 Gy  | Lesões e perdas no sistema nervoso e cardiovascular, levando o indivíduo a óbito  |

Fonte: Borin (2015)

 Okuno (2013) em seus estudos, apresentou dados semelhantes ao estudo de Borin, acrescentando que exposições à radiação ionizante de 3 a 5 Gy podem causar hemorragias, além de resultar em esterilização temporária ou permanente. Também foi pontuado, que a exposição por volta de 10 Gy pode levar a inflamação pulmonar.

4.1 CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO

 Existem 03 (três) categorias importantes para se analisar os efeitos da radiação no organismo humano (4, 13, 14):

* Estágios de ação - Relacionados com os efeitos que a radiação provoca no corpo. Em escala crescente de lesão, temos primeiramente o estágio físico onde ocorre apenas a ionização de um átomo; o estágio físico-químico, com quebras das ligações químicas das moléculas ionizadas; estágio químico ao ter fragmentos de moléculas se ligando umas às outras; e, por fim o estágio biológico, com característica de aparição de efeitos bioquímicos e fisiológicos, além de alterações morfológicas e funcionais dos órgãos. Este último pode permanecer durante dias, até mesmo anos (3, 4, 15).
* Mecanismos de ação - Classificados em ação direta e indireta. Na ação direta, a radiação atua diretamente sobre a molécula do ácido desoxirribonucleico (DNA), que é composto por átomos ligados por forças elétricas (3, 4, 13), resultando na quebra de cerca de 500 a 1000 fitas do material genético e alterando de 1000 a 2000 bases em cada célula de mamífero quando absorvido de 1 a 2 Gy (12, 15). Enquanto na ação indireta, o Raio-X atua na molécula de água, excitando-a (H2O\*) ou formando radicais livres (H+ e OH-), onde estes radicais livres são de característica reativa e sem cargas elétricas, interferindo no metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos, alterando assim a bioquímica corporal (3, 4, 13).
* Natureza dos efeitos - Classifica-se em reações teciduais e efeitos estocásticos. As reações teciduais avaliam a quantidade de morte celular em determinado órgão ou tecido, diretamente relacionada à dose de radiação absorvida. A análise consiste na perda de muitas células comprometendo a função do órgão afetado, resultando em sintomas imediatos ou tardios. Os efeitos estocásticos, originam-se de qualquer dosagem e fonte radioativa (incluindo radiação natural) e são caracterizados por alterações no material das células, podendo evoluir para câncer e/ou efeito hereditário (14, 16).

 Diante destas categorias, se deve destacar que o corpo humano, na maioria das vezes, é capaz de reparar os danos causadas pela radiação em seu corpo. Em situações de células com alta capacidade de divisão e baixo grau de diferenciação, como as presentes no embrião e feto, a suscetibilidade sofre interferência direta podendo ocasionar danos (11, 14).

5 EMBRIOGÊNESE

 O zigoto ou célula-ovo é o resultado da fecundação do espermatozoide no óvulo, localizado na região da tuba uterina. Esta célula é totipotente possuindo a capacidade de gerar todos os tipos celulares que irão compor um novo organismo, através da sua multiplicação, além de compor células extraembrionárias que serão responsáveis por formar os anexos embrionários, como a placenta, o cordão umbilical e o saco amniótico (17 - 19).

Na primeira semana de gestação, é por meio da clivagem do zigoto (divisões iniciais) que se dará origem aos blastômeros, seguindo para a mórula — que alcança a cavidade uterina — e, por fim, ao blastocisto (**Figura 3**). Durante a segunda semana de gestação se inicia o processo de implantação no endométrio, sendo necessário que o blastocisto já tenha passado por algumas diferenciações celulares para que o trofoblasto possa fazer a adesão e invasão. Nesta fase, alguns receptores são necessários para que haja a ligação (19).

 

**Figura 3:** Esquema - ovulação, fecundação e desenvolvimento do zigoto até o estágio do blastocisto no interior da tuba uterina (Adaptado de: Red-Horse et al., 2004) (19).

 Enquanto na terceira semana, o zigoto já está maturado o suficiente para ocorrer a gastrulação — processo no qual há a formação dos três folhetos embrionários (ectoderma, mesoderma e endoderma). Cada um dos folhetos terá uma nova diferenciação celular para gerar tecidos, órgãos e sistemas, onde a ectoderme origina o sistema nervoso e sensorial, além da epiderme e pelos; a mesoderme evolui para o sistema reprodutor, excretor e circulatório, e uma parte do sistema locomotor como ossos e músculos; e a endoderme desenvolverá o sistema respiratório e alguns órgãos do aparelho digestivo como pâncreas, fígado, revestimento e glândulas do tubo digestivo (19 - 21).

 Uma região do ectoderma invagina para formar o tubo neural, estrutura na qual irá formar o sistema nervoso. O tubo também é importante para a curvatura do disco embrionário, iniciado na terceira semana e se estende durante a quarta semana, intervalo de tempo em que o processo será responsável por dar forma tubular ao embrião e diferenciação dos folhetos embrionários para a organogênese (desenvolvimento dos órgãos) e morfogênese (desenvolvimento da forma do corpo) – **Figura 4** (19).



**Figura 4:** Estágios do desenvolvimento embrionário com seus respectivos ciclos (A-E) (19).

 O encerramento da oitava semana de gestação ocorre junto ao fim do período embrionário, caracterizado pelo esboço dos órgãos e aparência de recém-nascido com cerca de três centímetros de comprimento. A partir deste ponto, o embrião começa a ser chamado de feto por já assumir um aspecto humano. Da nona semana até a décima sexta, a cabeça é consideravelmente maior do que o restante do corpo, os membros inferiores são mais curtos do que os superiores, a placenta está bem estruturada e funcionando, além de ter o fígado e o baço produzindo células sanguíneas (19).

É na décima terceira semana que o feto começa a expressar pequenos movimentos dos membros (visíveis ao ultrassom), com um rápido crescimento e sendo possível fazer a identificação do sexo conforme visualização da genitália. A décima sétima semana à vigésima é marcada pela redução do crescimento, o feto fica coberto por um material gorduroso e pelos delicados que o protegem do saco amniótico, e há formação do útero em meninas e descida dos testículos para o escroto em meninos (19).

O feto possui membros proporcionais, aumento de peso, formação de unhas e pele com coloração rosada entre a vigésima primeira semana até a vigésima quinta. A partir da vigésima sexta podemos observar a medula tornando-se a principal formadora de células sanguíneas, sistema nervoso e respiratório com condições de funcionamento, abertura das pálpebras e reflexos pupilares e presença de tecido adiposo para regular a temperatura corporal do recém-nascido. Passa a ter condições de sobreviver sozinho a partir da trigésima segunda semana de gestação (19).

6 INTERFERÊNCIA DO RAIO-X NO DESENVOLVIMENTO INTRAUTERINO

Diante do conhecimento do desenvolvimento do embrião e do feto durante o período gestacional, é possível fazer uma comparação com as sequelas, relatadas por D'ippolito & Medeiros (2005), no **Quadro 2**. O estudo tem como base dosagens inferiores e superiores a 100 mGy (mili-Grays), correspondente a 10 rad quando convertido para a unidade americana (1 Gy equivale a 100 rad).

**Quadro 2** - MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS EM CADA SEMANA DE GESTAÇÃO AO SUBMETER O FETO A DOSAGENS SUPERIORES E INFERIORES A 10 RAD (11).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Semanas de gestação** | **Dosagem inferior a 100 mGy (10 rad)** | **Dosagens superior a 100 mGy (10 rad)** |
| Duas primeiras semanas  | Possibilidades de permanecer intacto, ser reabsorvido pelo organismo ou sofrer aborto  | Risco de morte fetal  |
| Terceira a décima quinta semana  | Morte celular induzida pela radiação, distúrbios da migração e proliferação celular, além de ocorrer anomalias no sistema nervoso central  | Retardo mental com redução no Quociente de Inteligência (QI) dependendo da quantidade de exposição acima do limite tolerado  |
| Décima sexta a trigésima semana  | Risco de retardo mental, inibição do crescimento do feto e microcefalia  | Não relatado. |
| Após a trigésima segunda semana  | Risco de desenvolver neoplasia maligna durante a infância ou maturidade  | Não relatado. |

Fonte: Autoral.

 Diante do apresentado, é possível analisar que nas duas primeiras semanas de gestação, o zigoto passa pelo processo de clivagem até formar o blastocisto e fixar-se ao endométrio uterino. Por ser uma fase inicial, a exposição à radiação pode acarretar complicações como aborto, risco de morte fetal e má formações, embora também haja chances de permanecer intacto e dar continuidade com o desenvolvimento (11, 19).

A terceira semana é marcada pelo surgimento dos folhetos embrionários, que originam os órgãos e tecidos do corpo. Além disso, o tubo neural começa a se formar até por volta da quarta semana, se curvará e o embrião tomará forma humana até a oitava semana. Neste período, as lesões provenientes da radiação podem causar retardo mental, redução do QI e anomalias no sistema nervoso, como microcefalia e hidrocefalia. Ademais, por ocorrer a organogênese da terceira à décima quinta semana, pode estar presente morte celular induzida, distúrbios na migração e proliferação celular (11, 19).

Da décima sexta semana até a trigésima, os membros superiores e inferiores do feto tomam proporções ao resto do corpo, há aumento de peso e formação de pelos e unhas. Os pulmões começam a ter condições para respirar, há maturação dos órgãos sexuais, o sistema nervoso é capaz de controlar movimentos respiratórios e temperatura corporal e a medula óssea assume a produção de células sanguíneas. Receber menos de 100 mGy de radiação pode afetar no crescimento do feto e desenvolvimento de microcefalia, levando em conta que também há risco de apresentar retardo mental. Dosagens superiores de 100 mGy não foram descritas (11, 19).

Após a trigésima segunda semana, não há grandes riscos ao feto, mas deve-se atentar ao aumento da possibilidade de desenvolver neoplasias malignas durante a infância ou na maturidade (11, 19).

Moreira (2014) resumiu em seus estudos, as problemáticas da exposição do Raio-X em gestantes retratando que nesta situação tem-se como consequências: retardo no crescimento e desenvolvimento fetal, danos ao DNA levando a mutações genéticas (possíveis defeitos congênitos), aumento de risco de câncer e leucemia infantis, problemas neurológicos (convulsões e retardo mental), distúrbios no desenvolvimento ósseo, atraso no crescimento, anormalidades cardíacas, catarata, e aumento de risco de mortalidade fetal. Reforçando que tais expressões fenotípicas dependem da quantidade de exposição e o período de acesso a mesma, ressaltando que as precauções no decorrer do pré-natal são essenciais para minimização dos riscos.

6.1 DOSAGEM ABSORVIDA

 Segundo D'ippolito & Medeiros (2005), há uma média da dosagem absorvida pelo feto em mGy nos exames radiológicos de raio-X (**Quadro 3**). É importante observar, que a maior concentração ocorre no exame de coluna lombar (variando de 4 a 6 mGy), seguido pelo de abdomen (de 2 a 3 mGy). Fato interessante é o que diz respeito ao exame de tórax, que com a dosagem menor do que 0,01 mGy, é o menor e considerado o menos comprometedor ao feto (3).

**Quadro 3** - DOSE ABSORVIDA PELO FETO EM CADA EXAME DE RAIO-X

| **Exame radiológico** | **Dose média absorvida pelo feto (mGy)** |
| --- | --- |
| RX de tórax (PA e perfil) | < 0,01 |
| RX simples de abdome | 2 - 3 |
| RX de coluna lombar | 4 - 6 |

Fonte: Reconstrução da tabela de dosagem média de radiação absorvida pelo feto em exames radiológicos por imagem. Para o presente trabalho foi separado apenas os envolvendo o aparelho de raio-X. No entanto, é válido ressaltar que os maiores valores estão no exame de urografia excretora, de 4 a 9 mGy – Adaptado (11).

Ao fazer uma análise do **Quadro 2** e **Quadro 3**, é notável que a quantidade de radiação ionizante absorvida pelo embrião e feto é relativamente inferior à dosagem de 100 mGy utilizada como linearidade para a diferenciação de alguns sintomas (**Quadro 2**). Contudo, a mesma pesquisa relatou que exposições aos raios-X em doses menores (estipulado em torno de 10 mGy, que se aproxima dos valores do **Quadro 3**) podem aumentar o risco de surgir malformações congênitas em 0,5%, microcefalias em 0,4% e 0,1% para retardo mental. Os números foram levantados ao considerar que existe uma incidência natural em apresentar mutações genéticas na população.

7 CONCLUSÃO

 A radiação ionizante, via Raio-X, causa consequências ao corpo humano independente da sua classificação e característica. Em doses baixas, como as presentes em exames radiológicos, o sistema de reparo do organismo de um adulto é capaz de restaurar os danos e restabelecer a homeostase. No caso de mulheres em período gestacional, é contra-indicado esta exposição em detrimento de ocasionar consequências negativas para o ser em desenvolvimento, visto que as suas células estão se dividindo rapidamente e podem ser danificadas facilmente. Ressalta-se que estas radiações podem também resultar em complicações futuras, durante o período de desenvolvimento infantil e vida adulta do ser exposto.

 É recomendado que gestantes optem por exames como ultrassom e ressonância magnética, uma vez que não usam da radiação para gerar a imagem. Ressalta-se que, caso a exposição seja imprescindível ou absolutamente necessário, o uso de aventais de chumbo para proteção do abdome deve ser utilizado.

8 REFERÊNCIAS

1. Silva EN. Física moderna: o caso da radiação. UNITER. 2022; 1: 22-6.

2. Medeiros RF, Santos FMT. Introdução à Física das Radiações. 2011; 22(5): 57-60.

3. Okuno E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. Abr 2013; 27(77): 101-12.

4. Silva ML, Aires DMP. Os Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante na Gravidez. 2019; 8(1): 10-18.

5. Wada DT, Rodrigues JAH, Santos MK. Aspectos técnicos e roteiro de análise da radiografia de tórax. Medicina (Ribeirão Preto). 2023; 52(l1.): 5-15.

6.Pereira AMR. Estudo do Impacto da Descoberta dos Raios-X e das suas Aplicações Médicas em Portugal. Tese de Doutorado 2012.

7. Rezende GA. Câncer e radiação eletromagnética. Rev. Irrad. 2022; 1(1) 2-10.

8. Andrade MR. A descoberta dos raios x: O primeiro comunicado de Roentgen. Revista Brasileira de Ensino de Física. 1998; 20(4): 373-91.

9. Grubisic S, Junior WPC, Bastos JPA. Novo tratamento para raios transmitidos na Técnica de Traçado de Raios utilizando a Teoria das Imagens. XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações-SBrT. 2005; 5(4): 910-5.

10. Melo JLL, Filho WSS, da Silva FML. Reflexão sobre os impactos causados no processo de impressão das chapas de raio x. Brazilian Journal of Development. 2021; 7(6): 63089-98

11. D'ippolito G, Medeiros RB. Exames radiológicos na gestação. Radiologia Brasileira 38. 2005; 1: 447-50.

12. Borin FHR. Efeitos da radiação gama sobre comportamento alimentar, hematócrito, glicemia e perfil eletroforético plasmático em tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus). 2015.

13.Martins NF. Uma síntese sobre os efeitos biológicos da radiação ionizante e o papel da alanina utilizada para dosagem de radiações. Revista de Biologia e Ciências da Terra. 2011; 11(1): 144-6.

14. Azevedo ACP. Radioproteção em Serviços de Saúde. Fiocruz. 2020; 2(1): 2-23.

15.Tauhata IL, Salati RD, Prinzio AR, Di P. Radioproteção e dosimetria. 2003;1(2): 120-7.

16. Machado KM. A caracterização dos hábitos de higiene oral e sua influência no tratamento de radioterapia-uma pesquisa de campo no HGP/TO. 2018; 1(8): 12-8..

17. Meira MS, Guerra L, Carpilovsky CK, Ruppenthal R, Astarita KB, Schetinger MRC. Intervenção com modelos didáticos no processo de ensino-aprendizagem do desenvolvimento embrionário humano: uma contribuição para a formação de licenciados em ciências biológicas. Ciência e Natura. 2015; 37(2), 301-11.

18.Souza VF, Lima LMC, Reis SRA, Ramalho LMP, Santos JN. Células-tronco: uma breve revisão. Revista de ciências médicas e biológicas. 2003; 2(2): 251-6.

19. Nazari EM, Muller YMR. Embriologia Humana–Florianópolis : BIOLOGIA/EAD/UFSC. 2011; 2: 123-8.

20. Souza SS, Voltarelli JC, Ferriani RA. Imunologia da reprodução humana. Medicina, Ribeirão Preto. 1997; 30: 277-88.

21. Moreira C. Desenvolvimento embrionário humano. Rev. Ciência Elem. 2014; 2(4): 248-9.