

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**KARINA JORGETTO**

**RADIAÇÃO IONIZANTE EM GESTANTES**

Botucatu-SP  
Dezembro – 2012

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**KARINA JORGETTO**

**RADIAÇÃO IONIZANTE EM GESTANTES**

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mariele Cristina Modolo Picka

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu,  
para obtenção do título de Tecnólogo no Curso  
Superior de Radiologia.

Botucatu-SP  
Dezembro – 2012

Dedico este trabalho aos que sempre estiveram do meu lado, ao meu pai, irmão e namorado.  
Dedico também a mais nova integrante da família, minha sobrinha Maria Clara que só de ver  
seu sorriso já alegra meu dia.

## AGRADECIMENTOS

*Após três anos de correria e aprendizado, só tenho a agradecer a todas que passaram por esse sufoco comigo.*

*Primeiramente ao meu pai, por me incentivar em qualquer que fosse minha decisão, por me ajudar, me entender nas horas de angústia e principalmente por todas as horas que estive trancada no quarto estudando e ele vir e mandar eu parar de estudar, me aconselhando a não ficar ansiosa. Pai, obrigada por tudo!*

*Ao meu amigo e namorado de 8 anos e 5 meses, Bruno Alexandre, uma das pessoas que mais sofreu nesses três anos, só um amor tão forte suportaria todas essas idas e vindas de Sorocaba - Botucatu. Obrigada por todos esses anos de “confiança”, companheirismo, apoio, carinho e força quando estive triste. Obrigada pelas noites e noites ouvindo sobre meu trabalho, mesmo não entendendo nada sempre procurou me ajudar, nem que fosse apenas com um incentivo, como: “confio em você, conheço a namorada que tenho; você é capaz”. Muito obrigada.*

*Ao meu irmão por ter me dado a maior alegria da minha vida, que é minha sobrinha Maria Clara, quando estou nervosa é só olhar para aquele sorriso lindo e espontâneo que meu dia se ilumina. Graças a ela não tive a menor dúvida do que escolher como tema de meu trabalho há um ano e meio atrás.*

*Às minhas amigas, por me aturarem por todos esses anos, amigas que me fizeram descobrir o que é amizade verdadeira, amigas que serão levadas por toda a vida!*

*A todos os meus professores que não posso deixar de citar todos eles, pois, cada um do seu jeitinho contribuíram para meu aprendizado, obrigada, Sergio, Milena, Marjorie, Leandro, Carlos Crayton, Paulo, José Morcele, Maurício Morcele, Francisco, Edson Mitsuiia, Edson, Renato, Vivian, Adriana, Rejane, Farje, Sleiman, Vitor, Leticia, Marco, Raquel e a todos os profissionais que nos receberam com os braços abertos nas aulas práticas, por toda paciência e amor ao trabalho que vocês têm, sou uma das pessoas que pode dizer que terminou a faculdade com muitos conhecimentos, devido à excelência de meus professores. Em especial, à minha orientadora, Mariele C. Modolo Picka, que se não fosse por ela, por toda atenção, carinho, dedicação, paciência e cobrança, talvez não tivesse conseguido terminar. Muito obrigada do fundo do coração.*

*A Vivian, por toda a dedicação ao curso de Radiologia e aos alunos.*

*A FATEC de Botucatu, por ser essa segunda casa para todos os alunos, como nosso professor Edson costuma dizer, “a FATEC não é apenas uma faculdade, e sim uma família, onde todos te tratam com igualdade, essa atenção vem desde professores até coordenação e diretor Roberto Colenci.*

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.”

(Martin Luther King)

## RESUMO

Atualmente, é muito comum a realização de exames diagnósticos de rotina que envolve o uso de radiação ionizante. No entanto, no caso de pacientes grávidas, os riscos relacionados com a prática destas técnicas, devem ser associados ao fator exposição fetal. A exposição do feto à radiação ionizante pode causar uma série de malformações e até mesmo morte embrionária. Os tipos e graus dessas malformações fetais podem variar, principalmente, de acordo com a dose de radiação absorvida pelo feto e pela idade gestacional. No primeiro trimestre, os riscos de morte embrionária são maiores, bem como a probabilidade de ocorrência de malformações mais graves, que podem variar desde a diminuição do quociente de inteligência até retardo mental. Durante qualquer fase da gestação, principalmente nas últimas semanas de gestação, a exposição do feto à Radiação Ionizante, mesmo a baixas doses, podem causar leucemia ou tumores malignos durante a infância. Devido a essas complicações, o médico deve avaliar criticamente a relação risco-benefício para a realização destes tipos de exame. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar, na literatura, publicações relacionadas à realização de exames radiológicos durante a gestação, os limites de doses associadas a efeitos deletérios sobre o embrião e o feto nos diferentes métodos diagnósticos bem como os efeitos biológicos da radiação ionizante durante a gestação. Onde os resultados obtidos por este trabalho foram, que exames diagnósticos não direcionados ao útero materno, como a mamografia e radiografias simples de cabeça, coluna cervical e extremidades, desde que seja usado todos os métodos de proteção radiológica, principalmente o avental de chumbo sobre o abdômen e diminuindo ao máximo a dose ao feto, podem ser realizados, sendo a exposição fetal pequena. No entanto, exames diagnósticos direcionados ao útero e tratamentos terapêuticos que utilizem radiação ionizante não devem ser realizados em nenhuma fase da gestação, pois a dose ao feto é extremamente alta, podendo causar até a morte fetal. Como conclusão, mesmo baixas doses de radiação ionizante podem causar danos biológicos ao feto, sendo os danos mais graves no primeiro trimestre de gestação, portanto, nenhum exame que utilize radiação ionizante deve ser realizado sem que seja de real necessidade, onde a justificativa e os benefícios da realização do exame supere os riscos da radiação ionizante. Portanto, podendo ser evitados exames que exponham as gestantes à radiação ionizante, devem ser evitados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico por imagem. Efeitos biológicos. Gestantes. Radiação ionizante.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pag.</b>
1	Organização dos seres vivos.....	11
2	Constituição dos átomos.....	12
3	Ilustração das formas de interação dos raios X.....	13
4	Frequência de onda das radiações ionizantes e não ionizantes.....	13
5	Formas de blindagem das diversas formas de radiação ionizante.....	14
6	Componentes básicos do tubo de raios X.....	19
7	Desenvolvimento fetal.....	23
8	Imagem de ultrassonografia obtida durante a medição da profundidade do útero até superfície craniana do feto.....	26
9	Cartaz informativo disponíveis em serviços de diagnóstico por imagem.....	27
10	Proteção de chumbo sobre o abdômen materno.....	34
11	Avental de chumbo que deve ser colocado sobre o abdômen materno.....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Pág.</b>
1 Unidades de radiação.....	15
2 Fontes radioativas e suas respectivas doses ao paciente comparadas com as doses recebidas pela natureza.....	16
3 Doses estimadas de exposição materna e/ou absorção pelo feto em procedimentos que liberam radiação ionizante.....	17
4 Limiares de dose, efeitos determinísticos e riscos para os diversos estágios de desenvolvimento do embrião e feto.....	25
5 Doses fetais em exame de crânio em equipamento de 6MV, 2 campos laterais e opostos, com distância foco pele de 1 metro.....	34



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Formas de radiação .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Unidades de medidas de doses de radiação.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Efeitos biológicos da radiação ionizante.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Radiação ionizante na prática médica.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Efeitos biológicos da radiação no feto e embrião.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 Legislação.....</b>	<b>26</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Raio X convencional.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Mamografia.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Tomografia computadorizada (TC) .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Medicina Nuclear (MN).....</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Radioterapia.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6 Radiologia Intervencionista.....</b>	<b>35</b>
<b>4.7 Radiografia odontológica .....</b>	<b>37</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população está constantemente exposta a radiação ionizante, sendo que cerca de 70% destas exposições são decorrentes de fontes naturais, como urânio, tório, gás, argila e pelos raios cósmicos emitidos pelas estrelas e pelo sol. Embora essa exposição seja frequente e diária, não chega a ser nociva ao ser humano, por se encontrar dispersa pela Terra. A exposição que realmente vem preocupando médicos, cientistas e a população, são as decorrentes de práticas industriais, comerciais e principalmente médicas, pois emitem alta dose de radiação ionizante (ALMEIDA, 1990; VELUDO, 2011; AZEVEDO, 2012).

O uso da radiação ionizante na área médica se tornou rotineiro no auxílio da detecção de patologias ou no acompanhamento e tratamento de doenças malignas. A importância e a utilização dos métodos de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante cresce constantemente. Para se ter uma ideia, nos Estados Unidos, em 1980, foram realizados 2 milhões de exames de tomografia computadorizada (TC), subindo para 65 milhões no ano de 2003 (IARED; SHIGUEOKA, 2010).

Para que os benefícios dos métodos de diagnóstico por imagem possam ser produzidos e alcançados, os exames devem ser realizados de maneira correta. Sabe-se que, apesar de seus benefícios, a interação da radiação com a matéria biológica pode produzir efeitos nocivos à saúde, pois ao interagir com a matéria pode alterar as características físico-químicas das moléculas de um determinado tecido biológico, sendo prejudicial à saúde do indivíduo (LOURENÇO et al. 2007; GASPARIN, 2010).

A exposição de adultos a altas doses de radiação pode causar sérios problemas como leucemia e tumores. Doses não tão altas também podem ser prejudiciais – e até letais – quando se tratar de embriões e fetos os quais estão em um acelerado processo de

desenvolvimento. Sabe-se que, devido a necessidades patológicas ou por alguma complicação durante a gestação, eventualmente é necessário submeter a gestante a exames radiológicos. Em um primeiro momento, indica-se a realização de exames diagnósticos que sejam menos prejudiciais ao feto, como a ultrassonografia (US) e a ressonância magnética (RM). No entanto, existem casos em que é necessário utilizar exames diagnósticos que utilizam radiação ionizante, como: tomografia computadorizada (TC), radiografia convencional, densitometria óssea (DO), mamografia, radioterapia, medicina nuclear, radiologia intervencionista, e até mesmo a radiografia odontológica. Os profissionais que atuam nestas áreas, principalmente aqueles que realizam diretamente os exames, devem estar conscientes dos cuidados que devem ser tomados visando diminuir ao máximo os riscos significativos à mãe e, principalmente, ao embrião e ao feto (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; IARED; SHIGUEOKA, 2010).

### **1.1 Objetivos**

O presente trabalho teve como objetivo identificar, na literatura, publicações relacionadas à realização de exames que utilizam radiação ionizante durante a gestação e os limites de doses associadas aos efeitos deletérios sobre o embrião e o feto, bem como os efeitos biológicos da radiação ionizante durante a gestação.

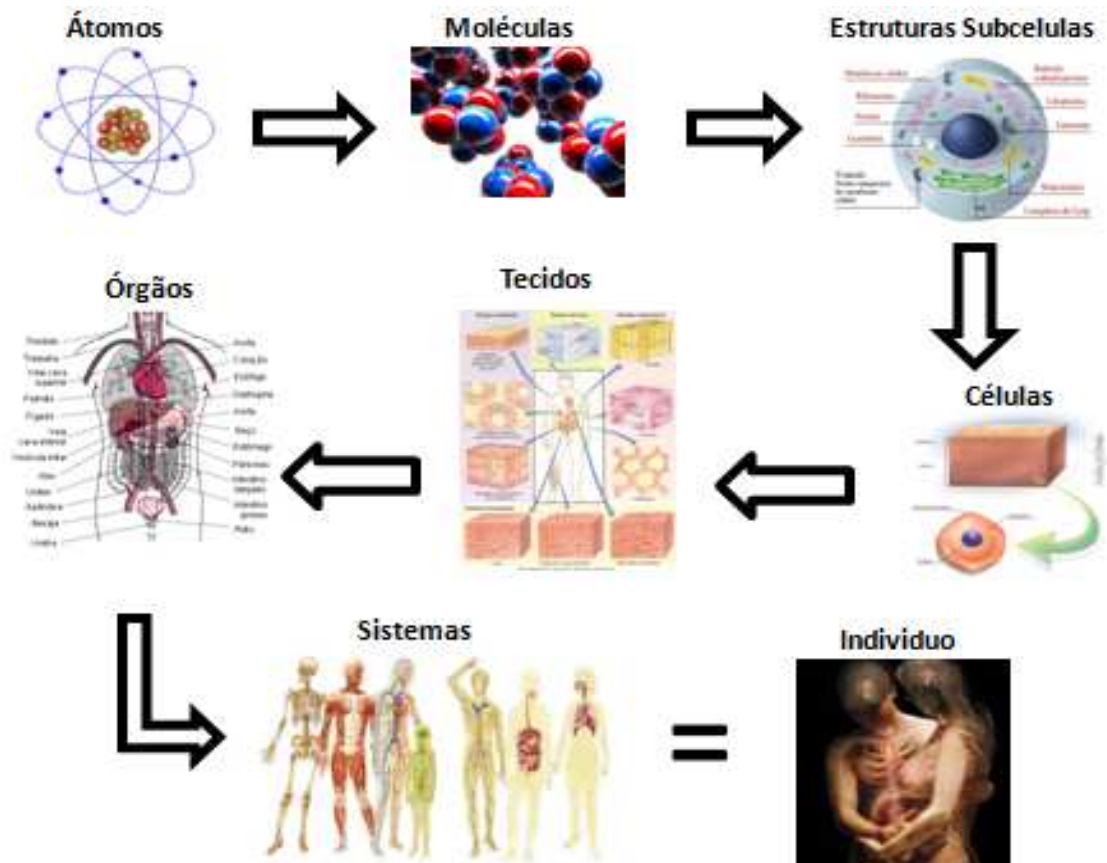
### **1.2 Justificativa**

Mesmo com tanta informação disponível atualmente, a população ainda tem receio e dúvida quando o assunto é radiação ionizante, principalmente mulheres em período gestacional. Ratnapalan (2004) relatou que mesmo a classe médica e os profissionais que atuam na área também têm expectativas exageradas sobre o assunto, atitude que acaba refletindo na opinião das gestantes, pacientes e familiares, levando estes a uma situação de angústia. No entanto, em alguns casos, a não realização do exame pode ser muito mais prejudicial à gestante, ao feto ou a ambos. Desta forma, verificou-se a importância em se estudar o tema, os riscos significativos ao feto se exposto à radiação ionizante e a relação entre o risco x benefício do uso da radiação ionizante em gestantes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

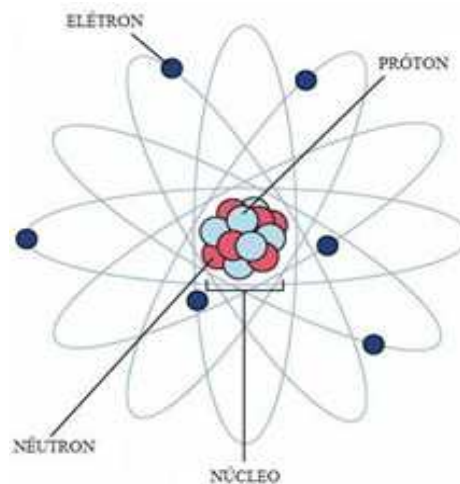
Os seres humanos são organismos pluricelulares, onde cada célula desenvolve uma função específica, organizando-se em tecidos e órgãos e dando origem ao sistema que são regulados pelos sistemas nervoso e hormonal (Figura 1) (NOUAILHETAS, 2012).

Figura 1- Organização dos seres vivos.



As células são constituídas por moléculas que, por sua vez, são constituídos por um ou mais átomos em sua composição, que para compor uma molécula deverão interagir de acordo com suas propriedades físicas e químicas. Os átomos são constituídos por um núcleo onde se encontram os prótons e nêutrons, na coroa se encontram os elétrons. Os prótons têm cargas positivas e os nêutrons cargas negativos. A carga positiva dos prótons é neutralizada pelos elétrons, com isso mantém a estrutura do átomo eletricamente estável (Figura 2) (NOUAILHETAS, 2012).

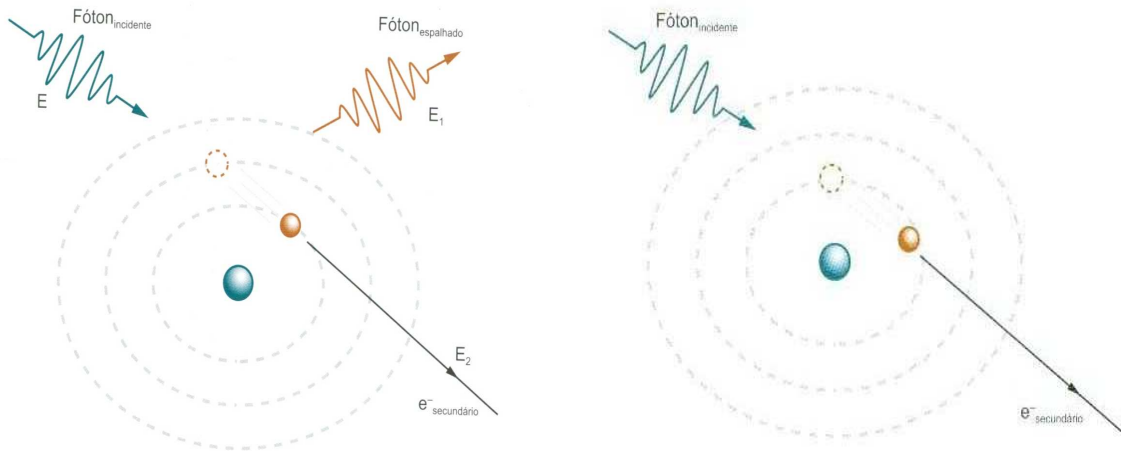
Figura 2 - Constituição dos átomos.



Fonte: Nouailhetas, 2012.

A estrutura molecular, quando sofre a ação de um agente físico ou químico, pode sofrer a remoção de um elétron da coroa do átomo, sofrendo uma interferência molecular. A radiação, ao penetrar a matéria, transfere energia para o meio, se essa energia transferida for maior que a energia de ligação do elétron com sua estrutura atômica, ele será ejetado da coroa deslocando-se no meio com o impulso da energia cinética. Durante o trajeto no meio, essa energia é dissipada conforme os elétrons se chocam, podendo haver a introdução de novos íons na matéria. Com isso, quando os elétrons são capturados por moléculas do meio, o processo é interrompido, dando origem ao que se chama “ionização”. Ou seja, átomos e moléculas que se encontravam eletricamente estáveis, passaram a ficar eletricamente instáveis (Figura 3) (ARDENGHI et al. 2003; NOUAILHETAS, 2012).

Figura 3 - Ilustração das formas de interação dos raios X.

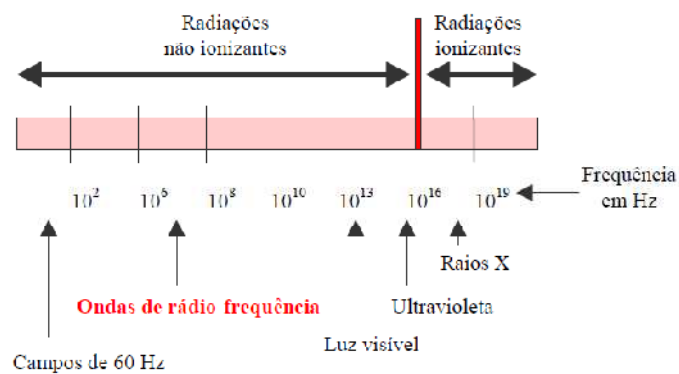


Fonte: Tilly Junior, 2010.

## 2.1 Formas de radiação

Existem várias formas de exposição radiológica, como a radiação ionizante e não ionizante, e as radiações naturais e artificiais. Dentre as radiações não ionizantes estão as ondas de radiofrequência, luz visível e os raios ultravioletas, estes não têm a capacidade de ionizar o átomo ou molécula, pois não possuem energia suficiente. Já as radiações ionizantes têm alto poder de penetração e de ionização molecular, como os raios X. As principais características destas radiações são suas frequências de onda, representadas na Figura 4 (PAULINO, 2001; VELUDO, 2011).

Figura 4 - Frequência de onda das radiações ionizantes e não ionizantes.

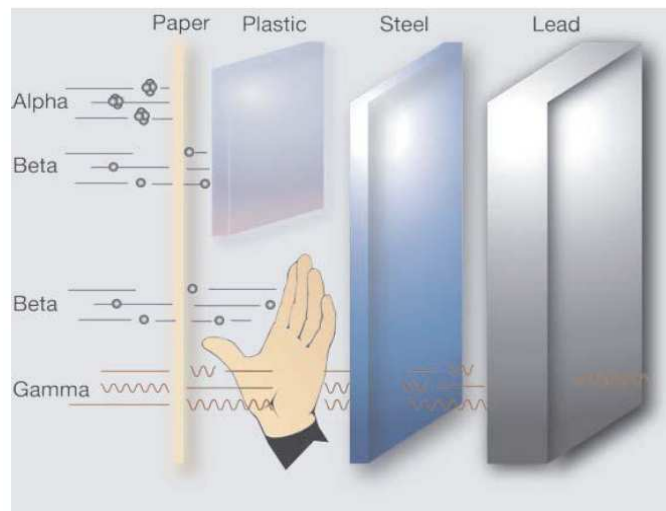


Fonte: Paulino, 2001.

Dentre os tipos de radiações ionizantes na prática médica estão as partículas alfa ( $\alpha$ ), partículas beta ( $\beta$ ), os raios gama ( $\gamma$ ) e os raios X (VELUDO, 2011).

Seus diferenciais são as formas de penetração e blindagem. As radiações alfa e beta não têm energia suficiente para penetrar o tecido, basta uma folha de papel para blindá-los, mas, caso sejam inalados ou ingeridos podem expor os tecidos internos e causar diversos danos biológicos, o principal é a ocorrência de cancro. Já os raios X e os raios gama têm um poder maior de penetração, sendo barrados apenas por aço e chumbo, respectivamente (Figura 5) (VELUDO, 2011).

Figura 5 - Formas de blindagem das diversas formas de radiação ionizante.



Fonte: Veludo, 2011.

## 2.2 Unidades de medidas de doses de radiação

Para medir a energia depositada por um feixe de alta energia por quilograma de tecido e seus efeitos, é utilizada a unidade de medida expressa por “dose absorvida” que é dada no termo antigo pela sigla rad (dose de radiação absorvida). Para o novo Sistema Internacional de Medidas, o novo termo é expresso por Gy (Gray) onde 1 Gy equivale a 100 rad (D’IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Para avaliar a qualidade da radiação e como sua energia é transferida ao tecido, é utilizada a unidade de medida rem (equivalente roentgen no homem), que no Sistema Internacional de Medida é denominado Sv (sievert). Portanto, 1 Sv equivale a 100 rem, e 1 rem equivale a 1 rad. (Tabela 1) (D’IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Tabela 1 - Unidades de radiação.

<b>Unidade</b>	<b>SI</b>	<b>Unidades Antigas</b>
Dose exposição	C/kg ar	Roentgen
Dose absorvida	Gray (Gy)	Rad
Dose equivalente	Sievert (Sv)	Rem

Fonte: Adaptado de International Atomic Energy Agency, 2010.

Portanto, a dose absorvida de radiação de 1 Gy proporcionará a dose equivalente de 1 Sv. Para valores que correspondem a 0,001 Gy e 0,000001 Gy, são utilizados unidades de medidas para submúltiplos que são 1 mGy e 1 µGy, respectivamente. A unidade de Coulomb/kg é a unidade de dose de exposição, que deve ser usada apenas para o ar e não para o tecido (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; SOUZA; SOARES, 2008).

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy (1cGy)} = 0,01 \text{ Sv (1cSv)}$$

$$\text{ou seja, } 1 \text{ Gy ou } 1 \text{ Sv} = 100 \text{ rads}$$

É muito importante conhecer essas unidades de dose, para poder estimar a dose a ser recebida pelo paciente e principalmente pelo feto.

A exposição à radiação, mesmo em pessoas que não estejam em fase gestacional, envolve riscos relacionados com a alta taxa de dose absorvida durante a realização destes exames. Para se ter uma ideia, exames de raios X da região torácica emitem uma dose de 0,1 mSv, equivalente a 10 dias de radiação ambiente, uma TC emite uma taxa de 10 a 14 mSv, que equivale a 4 anos de radiação ambiente (Tabela 2). Por esta razão, pacientes gestantes devem ter atenção redobrada ao serem submetidas a estes exames, pois o feto é mais suscetível aos efeitos nocivos da radiação, pelo fato das células jovens do embrião ainda estarem em desenvolvimento acelerado (IARED; SHIGUEOKA, 2010).



Tabela 2 - Fontes radioativas e suas respectivas doses ao paciente comparadas com as doses recebidas pela natureza.

<b>Exames</b>	<b>Exposição (Sv)</b>	<b>Radiação ambiente</b>
Densitometria óssea	0,001 mSv	< 1 dia
Radiografia de extremidades	0,001 mSv	<1 dia
Cintilografia óssea	0,05 mSv	6 dias
Radiografia de tórax	0,1 mSv	10 dias
Mamografia	0,7 mSv	3 meses
Tomografia computadorizada (abdômen e pelve)	10 – 14 mSv	4 anos

Fonte: Adaptada de Iared e Shigueoka, 2010.

As doses absorvidas pelo feto podem variar dependendo do exame a ser realizado e da região onde irá ser emitido o feixe de radiação. De acordo com D'Ippolito e Medeiros (2005), foi analisado que o feto fica mais exposto em exames direcionados ao útero/feto, exames que utilizem maior técnica para aquisição da imagem desejada e maior tempo de exposição.

A quantidade de radiação absorvida pelo feto nos diferentes métodos diagnósticos é mostrada na Tabela 3. O limite superior de radiação aceito, e que não oferece riscos, corresponde a 5 rads ( $50 \text{ mSv} = 50.000 \mu\text{Gy}$ ) (EUROPEAN SOCIETY OF RADIOLOGY GUIDELINES, 2008).

Tabela 3 - Doses estimadas de exposição materna e/ou absorção pelo feto em procedimentos que liberam radiação ionizante.

Método diagnóstico	Radiação materna	Radiação fetal
RX de tórax	12-25 mrads	0,1 mrad, <10μGy
RX de abdômen	375 – 700 mrads	105 mrads
Exames com fluoroscopia	500-5.000 mrads/min	
Angiografia coronariana		0,55 mSv
Angiografia pulmonar via braquial		<500 μGy
Angiografia pulmonar via femoral		2.210 – 3.740 μGy
TC crânio	2.000 – 5.000 mrads/min	0
Angiografia por TC de Tórax		13-300 μGy
1º trimestre		3-20 μGy
2º trimestre		8-77 μGy
3º trimestre		51-130 μGy
Cintilografia pulmonar perfusional		60-120 μGy

Fonte: European Society of Cardiology Guidelines, 2008.

De acordo com Paula e Medeiros (2001), exames diagnósticos não têm demonstrado riscos determinísticos e nem impactos no crescimento e desenvolvimento do feto, pois são abaixo dos limiares de dose, sendo a justificativa para aborto raro. Mas em exames terapêuticos, os limiares de dose ao feto são altíssimos, podendo ultrapassar esses limiares. O uso de métodos de proteção radiológica pode diminuir significativamente essas doses.

### 2.3 Efeitos biológicos da radiação ionizante

Desde de 1896, quando um médico da Universidade de Vanderbilt – Nashville/USA observou a queda de cabelo em um colega que havia feito uma radiografia de crânio, sendo

desde então estudado por cientistas de todo o mundo os potenciais efeitos causados pelas radiações ionizantes (SANTOS, 2010).

Para a ocorrência de danos biológicos ao ser humano, dependem de vários fatores, como: a dose recebida pelo paciente, da radiosensibilidade do tecido a ser irradiado, sendo que os mais sensíveis são os tecidos hematopoéticos, gônadas, medula óssea, baço e trato gastrointestinal; e a idade do indivíduo, sendo que em crianças a chance de alterações biológicas são duas vezes maior do que em adulto (PAIS, 2009; BUSHONG, 2010)

Os efeitos biológicos que podem acontecer em um indivíduo exposto a radiação ionizante, são classificadas de três formas:

- efeitos a curto prazo: pode levar apenas alguns dias para aparecerem os sintomas. São conhecidos como síndromes agudas, mais comumente como síndrome hematológica, por haver uma diminuição do número de glóbulos brancos, vermelhos e plaquetas, sendo provocada por doses entre 2 a 10 Gy; As síndromes gastrointestinais, causadas por doses entre 5 e 50 Gy sendo que os danos causados são principalmente nas células das paredes intestinais; E a síndrome do Sistema Nervoso Central, ocorre a doses altíssimas, acima de 50 Gy, sendo que a morte é inevitável, ocorrendo em questão de horas ou dias. Os sintomas das síndromes agudas são: náuseas, vômitos, perda de apetite, hemorragias, queda de cabelo, febre, diarreia, desidratação, convulsão, meningite, edema, fadiga, entre outros.

- efeitos tardios: os sintomas podem aparecer após anos ou décadas a exposição a radiação. Está associado a exposições crônicas ou a baixas doses de radiação, quanto maior a dose, mais rápido aparecerão os sintomas. Este efeito é o mais comum de acontecer em pessoas ocupacionalmente expostas.

- efeitos germinativos: efeitos que acontecem na prole do indivíduo irradiado, ou seja, os danos causados não afetam o indivíduo exposto e sim seus descendentes. Pode causar danos irreversíveis ao ácido desoxirribonucleico (DNA), que é a molécula alvo mais radiosensível. Assim, todas as células do embrião conterão códigos genéticos modificados, sendo transmitidos de gerações para gerações. Em alguns casos, o dano causado ao material genético é tão grande, que pode resultar em morte fetal. Em outros casos, quanto maior a dose maior a probabilidade a mutações, como o nascimento de crianças com deficiências físicas ou mentais, e também mais suscetíveis a doenças como tumores e leucemia (ARDENGHI et al. 2003; PAIS, 2009; BUSHONG, 2010; SANTOS, 2010).

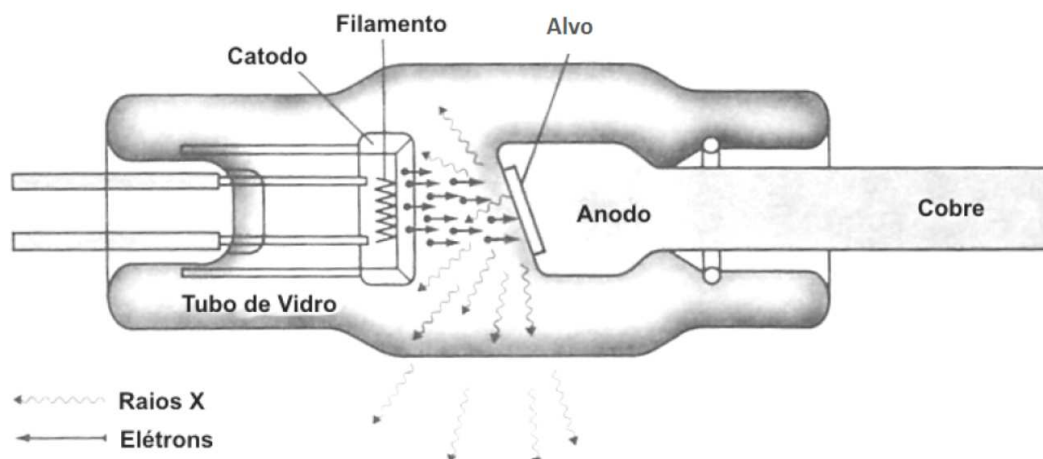
Quando a radiação afeta a molécula de DNA, ela pode atuar de forma direta e indireta. Na forma direta, a energia é depositada diretamente nos códigos de DNA, resultando em danos biológicos - mutações, morte celular, carcinomas e anormalidades genéticas. Já na

indireta, a energia é depositada em moléculas de água ou de oxigênio, produzindo radicais livres, que iram transferir a energia de ionização para a molécula de DNA, causando a ruptura de ligações químicas, e alterando o DNA. A molécula pode ser capaz de continuar vivendo após a sua destruição, mas não se divide mais, com isso leva à morte do tecido. Os efeitos biológicos causados pela interação da radiação com a molécula, poderá vir a se manifestar assim que exposto ou levar anos para aparecer os sintomas (ARDENGI et al. 2003; SANTOS, 2010).

## 2.4 Radiação ionizante na prática médica

Para fins diagnósticos, o mais utilizado é o raio-x, descoberto em 1895 pelo cientista Wilhelm Conrad Roentgen. O feixe de raios X é gerado a partir de um tubo a vácuo, composto por dois filamentos por onde a corrente elétrica passa emitindo elétrons, que se chocam ao alvo (anodo) produzindo os feixes de raios X (Figura 6). Estes, por sua vez, serão colimados e as diferentes densidades presentes no tecido irão atenuar a radiação de formas diferentes. A porção do feixe que atravessa o paciente acaba formando a imagem, que poderá ser visualizada em filme radiográfico ou na tela de um computador em escala de tons de cinza (escala de Hounsfield). Na utilização da radiação com a finalidade terapêutica, é utilizada uma alta taxa de dose, com o intuito de matar as células cancerígenas (GARIB, 2007; SOUZA; SOARES, 2008; IARED; SHIGUEOKA, 2010; AZEVEDO, 2012).

Figura 6 - Componentes básicos do tubo de raios X.



Devido a sua grande importância na rotina médica, a utilização de exames radiológicos que utilizam radiação ionizante vem aumentando consideravelmente. Como exemplo, existe a TC, que em 1980 foram realizados 2 milhões de exames nos Estados Unidos, subindo para 65 milhões em 2003, chegando a aproximadamente 100 milhões de exames no ano de 2010. No Brasil, a realização de exames para fins diagnósticos e terapêuticos vem crescendo aproximadamente 10% ao ano, tendo entre os anos de 2000 a 2006 um acréscimo de 45% na utilização de exames diagnósticos. Esse aumento deve-se principalmente a sua confiabilidade na detecção de patologias, que antigamente apenas poderiam ser diagnosticadas através de procedimentos cirúrgicos (IARED; SHIGUEOKA, 2010; SOARES et al. 2011).

Embora a utilização da radiação ionizante tenha muitos pontos positivos para a prática médica, sua utilização inadequada pode acarretar em graves danos biológicos, tanto para o paciente como para o profissional da área, este último devido, principalmente, à radiação espalhada. O uso inadequado dos métodos que utilizam raios X pode causar um acúmulo desnecessário de dose absorvida pelo paciente ou profissional, que pode vir a causar náuseas, anemia, radiodermite, leucemia, tumores malignos, infertilidade, catarata, alterações no sistema reprodutor e vasculite. Em gestantes, os riscos são ainda maiores, pois o feto ainda está em formação. Devido a estes riscos, todos os profissionais da saúde devem estar atentos e ter claro conhecimento sobre os danos que podem ocorrer, justificando, sempre, o uso correto dos métodos diagnósticos e terapêuticos (PAULA; MEDEIROS, 2001; SOUZA; SOARES, 2008; IARED; SHIGUEOKA, 2010).

A ação da radiação ionizante nos fetos e embriões pode ser mais prejudicial nos cromossomos, podendo causar evolução anormal até morte celular destes. Isto ocorre devido ao fato da manifestação dos efeitos ocorrerem durante o processo de divisão celular. Mesmo com baixas doses de radiação, os principais riscos são: câncer, mutações e anomalias congênitas. Sendo os danos causados podendo acontecer quando exposto a qualquer dose de radiação ionizante (MELO; MELO, 2008).

Os tipos de exposições médicas podem ser de três formas: exposição única (radiografia); exposição fracionada (radioterapia) e ou exposição periódica (ocupacional, rotina de trabalho com materiais radioativos) (GROFF, 2008).

Dentre os métodos de imagem diagnósticos mais utilizados para a detecção e localização de patologias estão: a radiografia convencional, a TC, mamografia, fluoroscopia, DO e a Urografia. Para fins terapêuticos estão: a radioterapia, utilizada para o tratamento de doenças como o câncer e a medicina nuclear, utilizada para verificar a fisiologia dos órgãos e

dos sistemas do corpo humano, e para o tratamento de tumores. A radiologia intervencionista pode ser usada tanto para diagnóstico quanto para tratamento. Cada método radiológico tem sua particularidade no que diz respeito à execução, sendo as técnicas distintas. Desta forma, é importante que os profissionais que atuam nestas áreas estejam conscientes dos riscos que podem causar (PAULA; MEDEIROS, 2001; GROFF, 2008).

O procedimento radiológico que proporciona maior dose para pacientes e profissionais ocupacionalmente expostos é, sem dúvida, a radiologia intervencionista, pois os tempos de fluoroscopia são relativamente altos. Profissionais grávidas devem ser imediatamente remanejadas para outro serviço em que não haja radiação, assim que descoberta a gravidez (GROFF, 2008).

A mulher no período gestacional está propensa a algumas complicações que podem levá-la à realização de exames ou terapias que utilizam radiação ionizantes. As doenças cancerígenas que mais acometem gestantes são: câncer de colo de útero, câncer de mama, melanoma, câncer de ovário, câncer de tireóide, leucemia, linfoma e câncer colorretal. O câncer de mama é classificado como a segunda maior causa de câncer em gestantes, ficando atrás apenas do câncer de colo de útero. No século XIX, o câncer de mama era considerado uma doença sem cura quando associado a gestação e, mesmo nos dias de hoje, ainda é um assunto muito discutido pois seu diagnóstico é realizado por exames radiológicos e o tratamento, quando necessário, é a exposição a radioterapia ou o uso de quimioterápicos (COSTA et al. 2006).

Já o câncer de colo de útero em gestantes é detectado pelo exame de papanicolau e recomenda-se esperar a cesária para se iniciar o tratamento do câncer que poderá utilizar radioterapia associada à quimioterapia. Tais tratamentos terapêuticos devem ser evitados durante a gestação devido à alta exposição do feto à radiação ionizante, que poderá induzir a diversos danos fetais. Caso seja necessário, o tratamento com a radioterapia deve ser realizado de forma que reduza a exposição do feto ao mínimo possível. Este autor relata que o feto suporta apenas quatro sessões, pois a alta exposição pode induzir complicações sérias ao feto como malformações e diminuição do tempo de vida após nascimento (NOVAIS; LAGANÁ, 2009).

O linfoma de Hodgkin acomete 1 a cada 6000 gestantes e seu tratamento é dificultado, pois exige a quimioterapia que pode causar danos ao feto. O exame diagnóstico utilizado para detecção de linfoma de Hodgkin é a TC abdominal e pélvica ou PET-CT, mas pelo fato da TC

expor o feto à radiação ionizante, os exames realizados durante a gestação são a RM e o US. Após o parto, podem ser realizados exames de PET-CT para confirmação da doença, e caso necessite, pode ser iniciado o tratamento com quimioterapia ou radioterapia. Após o tratamento da doença de linfoma de Hodgkin, a indicação é que aguarde de 2 a 3 anos para engravidar novamente (KASSAB, 2011).

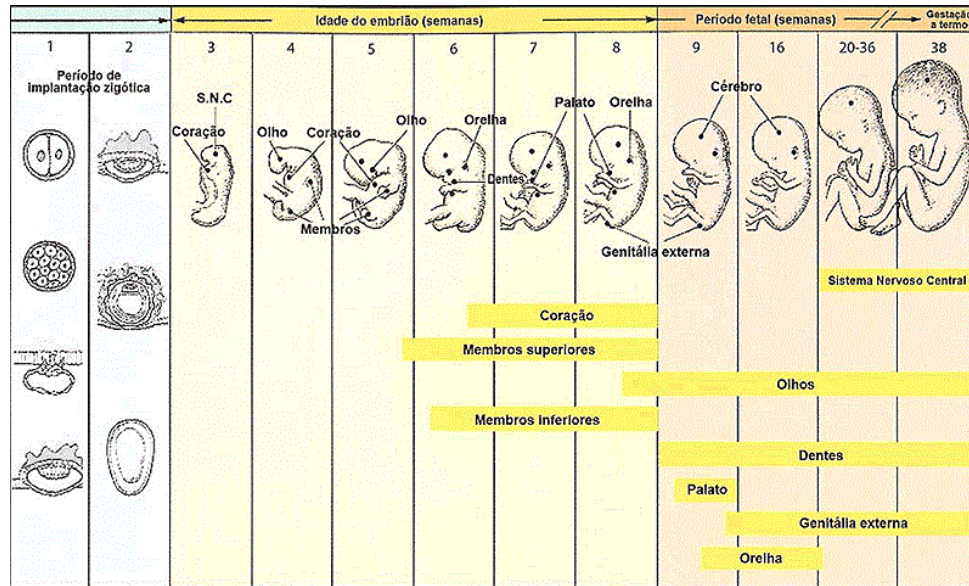
A ocorrência de cardiopatia em gestantes é considerada uma das maiores causas de morte materna no período gestacional ou até 42 dias após o parto. O diagnóstico desta doença é dificultado pelo fato dos sintomas serem parecidos com os comuns a acontecerem durante a gravidez. Os exames a serem realizados para diagnosticar esta patologia são: eletrocardiograma, ecodopplercardiograma, ecocardiograma transesofágico e exames radiológicos, este último apenas deverá ser realizado quando muito bem analisadas as condições de risco/benefício (TEDOLDI; ZOUVI, 2009).

## **2.5 Efeitos biológicos da radiação no feto e embrião**

Os danos que podem vir a acontecer às células quando expostas à radiação ionizante, dependem de alguns fatores como: células afetadas, etapa em que se encontra a divisão celular, taxa de reprodução celular e a dose de radiação. A probabilidade de uma célula afetada se dividir gerando outras células afetadas, é aumentada quando a taxa de reprodução celular estiver alta. Os danos permanentes podem acontecer mais comumente em células que se dividem rapidamente. Portanto, o risco é maior em feto ou embrião se comparado a adultos, pois dependendo da idade gestacional, as taxas de divisão celular nos diferentes órgãos são altas (GROFF, 2008).

Os efeitos biológicos que podem vir a acontecer ao feto, se exposto à radiação, são mais nocivos na fase pré-natal do que na fase pós-natal. Esses efeitos nocivos podem ocorrer em função da dose emitida, da característica da radiação ionizante, da forma de resposta do organismo, do tempo de exposição e principalmente da idade gestacional. O conhecimento da idade gestacional é de grande importância, pois cada fase da gestação responde de forma diferente. Quanto mais recente a gestação, maiores são os riscos ao embrião/feto (Figura 7) (BRENT, 1989; PAULA; MEDEIROS, 2001; CRUZ et al. 2002).

Figura 7 - Desenvolvimento fetal.



Fonte: Moura, 2012.

Os danos causados ao embrião no primeiro trimestre da gestação se exposto à radiação a uma dose de 1 rad é de 1 para 1000, enquanto para ocorrer mutações a dose absorvida pelo feto deve ser de 100 mGy, sendo o risco de 1:100 crianças, já o aborto só ocorreria a doses altas, acima de 100 mGy. O número de exames que seriam necessários fazer para atingir 100 mGy seriam 6 TC, 9 urografias excretoras, 30 radiografias de abdômen e 15000 radiografias de tórax. (CRUZ et al. 2002).

Os neuroblastos são as células mais abundantes na fase fetal, sendo formados 18 dias após a fecundação e permanecendo até a fase neonatal. Estas células são extremamente radiosensíveis. Devido a isto e ao fato de estarem em grande quantidade na fase embrionária, deve-se ter um maior cuidado, pois a exposição desta fase resulta em diversos danos tanto ao sistema nervoso central como em órgãos associados a ele, podendo ocorrer microcefalia, anoftalmia, microftalmia e anencefalia (LINS et al. 2008).

Se o feto for exposto à radiação ionizante nas duas primeiras semanas de gestação a doses relativamente alta, maior que 100mGy, a chance de ocorrência de aborto é grande, sendo a falha da fixação embrionária a mais provável (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; OSIBOTE, 2006).

Entre a terceira e a 15ª semana de gestação, podem ocorrer graves anomalias no sistema nervoso central, como hidrocefalia e microcefalia. Esse dano também pode acontecer devido à morte celular, distúrbio na migração e proliferação celular. Nesta mesma fase, pode



ocorrer também retardo mental severo a um limiar de 0,2 Sv, redução do desenvolvimento do crescimento ósseo, redução do quociente de inteligência, cerca de 30 pontos por Gy a partir de 0,25 Gy, e malformações como no sistema urinário e olhos (PAULA; MEDEIROS, 2001; D`IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; OSIBOTE, 2006; LINS et al. 2008).

Acredita-se que no período de desenvolvimento do sistema nervoso central, que ocorre entre a oitava e 25<sup>a</sup> semana de gestação, o retardamento mental esteja relacionado ao baixo crescimento do crânio. No entanto, entre a oitava e 15<sup>a</sup> semana, é o período de maior sensibilidade, tendo um aumento do retardamento mental cerca de 0,4% por Gy. Já entre a 16<sup>a</sup> e a 25<sup>a</sup> semana esta sensibilidade é menor, sendo cerca de 0,1% por Gy (PAULA; MEDEIROS, 2001). Segundo estudos realizados em ratos por Lins et al. (2008), exposições fetais a baixas doses de radiação não foram relatados nenhuma anomalia no sistema nervoso central, porém 77% dos fetos apresentaram hemorragias severas no córtex cerebral, e como consequência, apresentaram danos no tecido nervoso devido a alta radiosensibilidade das células do tecido nervoso.

Entre a 16<sup>a</sup> e a 30<sup>a</sup> semana, os riscos de defeitos do tubo neural diminuem, mas ainda há riscos como microcefalia, retardo mental e retardo do crescimento. A partir da 32<sup>a</sup> semana os riscos de malformações diminuem, mas aumentam o risco do feto vir a desenvolver neoplasias malignas e leucemia durante a infância e adolescência, sendo este risco podendo ocorrer em qualquer fase da gestação, mesmo a baixas doses de radiação (20 mGy), tendo o risco de indução à leucemia diminuída a doses menores que 0,1 Gy. Devido a esses danos cumulativos causados pela exposição radiológica, exames desnecessários devem ser evitados (Tabela 4) (D`IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; ARDENGHI et al. 2003; LINS et al. 2008; TEDOLDI; ZOUVI, 2009).

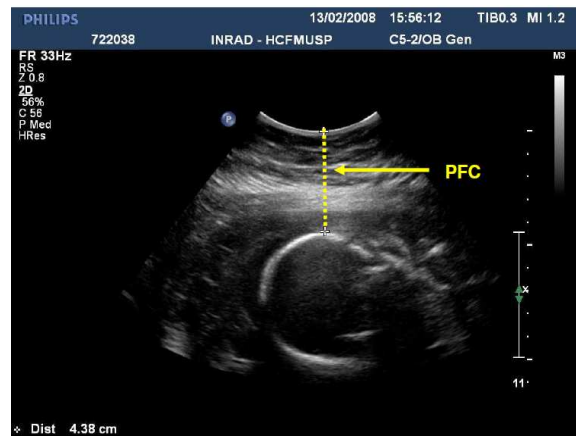
Tabela 4 - Limiares de dose, efeitos determinísticos e riscos para os diversos estágios de desenvolvimento do embrião e feto.

<b>Idade fetal (semanas)</b>	<b>Estágio de desenvolvimento</b>	<b>Efeito</b>	<b>Risco</b>	<b>Limiar de dose (Gy)</b>
0-2	Pré implantação/implantação	-Aborto	?	0,1
3-7	Início da organogênese	-Reparo completo Mortalidade intra-uterina	- ?	- 0,25- 0,5:0,1
8-15	Desenvolvimento cerebral fase I	Malformações - Mortalidade intra-uterina - Retardamento mental grave - Malformações - Diminuição de QI	? - 0,4/Gy ? ≈ 30 pontos/Gy	0,1/0,1-0,5 0,1; >0,5 0,1-0,3 0,1-0,5 0,25
16-25	Desenvolvimento cerebral fase II	-Mortalidade intra-uterina -Retardamento mental grave -Diminuição de QI	≈30 pontos/0,1Gy - 0.1/Gy	>0,5 0,3
15 ou mais Até o final	-	Mortalidade intra-uterina	30 pontos/Gy -	- >1,0
Durante toda a gestação	-	Câncer infantil	0,06/Gy 0,05/Gy	0,01 0,02

Fonte: Paula; Medeiros, 2001.

Para Groff (2008), a dose fetal vai depender do tamanho do útero, pois devido às camadas do tecido abdominal e do útero, o feixe de raios X é atenuado por estes. Conforme o feto cresce, aumenta a dose absorvida por ele, pois aumenta o tamanho do abdômen materno. Para investigar a dose fetal de acordo com seu tamanho e posicionamento no útero, foi realizado um levantamento biométrico materno e fetal pela ultrassonografia (Figura 8). Groff (2008) desenvolveu um simulador de dose fetal através de um sistema computacional, chamado de *Dose Fetal Web* que pode ser acessado via internet.

Figura 8 - Imagem de ultrassonografia obtida durante a medição da profundidade do útero até superfície craniana do feto.



Fonte: Groff, 2008.

## 2.6 Legislação

Os órgãos responsáveis pela garantia de proteção radiológica, estabelecendo critérios e recomendações para minimizar os riscos e maximizar os benefícios do uso da radiação ionizante são: Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP); Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA); Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA). Estes órgãos definem critérios para a garantia da proteção radiológica, evitando os possíveis riscos decorrentes da utilização inadequada da radiação ionizante. Para este fim, eles estabeleceram três princípios básicos que devem ser levados em conta para a utilização da radiação, que são: justificação do exame, onde o exame com radiação ionizante não deve ser realizado sem que haja um benefício real desta prática; otimização da proteção, a dose utilizada deve ser tão baixa quanto razoavelmente exequível; limites de doses individuais, as doses ao paciente não devem ultrapassar o limite estipulado pela CNEN (ICRP, 1991; BRASIL, 2005; GROFF, 2008).

A dose máxima de radiação permissível para a população e para as gestantes, que garanta a proteção ao feto e avaliada a relação risco - benefício, é de 200 mRem (2 mSv) por ano (ICRP, 1991).

Na exposição ocupacional de gestantes, o titular do serviço deve ser notificado assim que a gravidez for descoberta, devendo ser revista a condição de trabalho da gestante, sendo remanejada para atividades compatíveis com seu grau de formação, de modo que a dose na

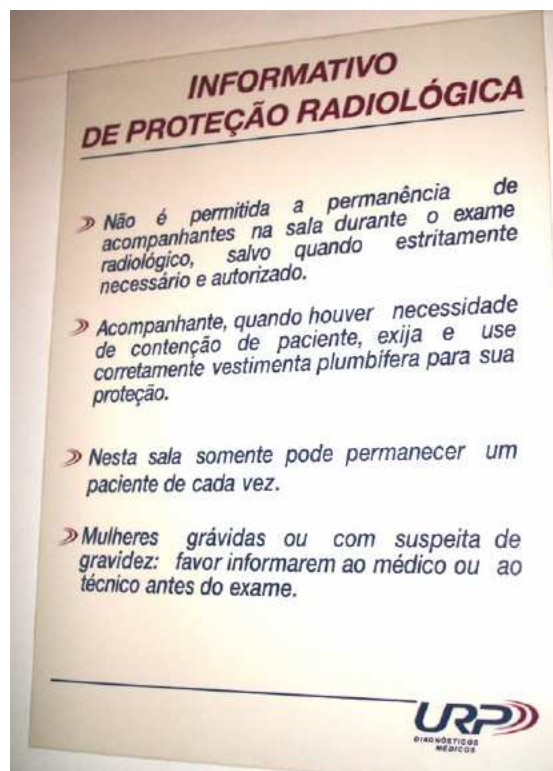
região do abdômen não ultrapasse 2 mSv e no embrião não exceda a 1 mSv, ambos durante toda a gestação. A gestante não deve trabalhar, em hipótese alguma, em áreas controladas, onde os níveis de radiação possam exceder a 1,2 mSv por hora (CNEN, 1988; Brasil, 2005a).

Pelas normas da CNEN N.E. 3.01 (1988), qualquer mulher com capacidade reprodutiva não deverá receber no abdômen em qualquer período de 3 meses consecutivos, uma dose maior que 10 mSv, e a dose acumulada no feto durante toda a gestação não deve exceder 1mSv (CNEN,1988).

De acordo a ICRP (2000), para se evitar que gestantes que ainda desconheçam a gravidez, sejam expostas à radiação ionizante, todas as clínicas e hospitais devem seguir a regra dos dez dias, ou seja, nenhum exame radiológico de pelve ou abdômen deve ser realizado em um intervalo de tempo menor do que 10 dias. Exames em mulheres com idade fértil devem ser marcados durante os dez primeiros dias após o início da menstruação.

A Portaria nº453 do Ministério da Saúde estabelece que todos os serviços de radioagnóstico devam implantar no setor um sistema para se evitar a exposição em gestantes, como a colocação de cartazes e avisos de advertência na sala de espera, informando a paciente que deve sempre informar ao responsável pelo aparelho de sua possibilidade ou certeza de gravidez (Figura 9) (BRASIL, 1998).

Figura 9 - Cartaz informativo disponíveis em serviços de diagnóstico por imagem.



Fonte: Groff, 2008.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizado um levantamento bibliográfico, com base em artigos científicos que proporcionaram analisar os possíveis danos a gestantes e ao feto após ser exposta à radiação ionizante.

A busca do material foi realizada em bases de dados como: Scielo, Periódicos Capes, Google acadêmico, considerando como descritores de busca: radiação, gestação, feto e má-formação, limiars de dose, tomografia computadorizada, radiografia, angiografia, mamografia e cintilografia.

A seleção dos artigos foi realizada fazendo-se leitura criteriosa do resumo e consequente do texto, a fim de verificar a relação com o tema a ser pesquisado. Outras fontes, como teses, trabalhos de conclusão de curso e livros contribuíram para um relato sobre os efeitos biológicos associados à radiação.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Raio X convencional**

A imagem radiográfica obtida em um exame de radiografia convencional é gerada a partir de um feixe de raios X ou raios gama. Emitidos através de uma ampola de raios X, atravessam a região de interesse e interagem com uma emulsão fotográfica ou tela fluorescente. Existem diversos tipos, tamanhos e técnicas radiográficas, sendo que a dose fetal absorvida em gestantes em exames de radiologia convencional ou fluoroscopia dependem de vários fatores como: valor da dose de entrada na pele ou fatores técnicos que estimam esta técnica, como: tensão do tubo (kVp), distância foco-filme ou foco-pele, corrente e tempo de exposição; espessura da paciente; tamanho e localização do embrião com relação à superfície da pele do abdômen da gestante; quantidade de imagens realizadas; e tamanho focal. Como existe a acumulação da radiação ionizante não se devem tirar radiografias sem necessidade e, principalmente, com equipamentos fora dos padrões de operação. (GROFF, 2008; MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Radiografias de tórax, crânio, coluna cervical, torácica e extremidade podem ser realizadas normalmente, pois a radiação direcionada ao feto é praticamente nula. Pode haver radiação espalhada, que pode ser blindada utilizando barreiras como o avental de chumbo sobre o abdômen e colimar o feixe de RX para a área de interesse. Exames de Raio X convencional de abdômen e coluna lombar também poderão ser realizados em gestantes, desde que sejam tomadas algumas precauções, como utilizar equipamentos devidamente calibrados e aferidos, e reduzir a dose ao mínimo possível para a imagem diagnóstica (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Para Tedoldi e Zouvi (2009), a radiografia de tórax pode ser feita desde que seja realizada na projeção AP, pois a exposição é pequena, sendo de 12 a 25 mrad para a mãe e 0,1 mrad para o feto. Os demais exames radiológicos podem ser realizados desde que sejam utilizadas as devidas proteções radiológicas, principalmente o avental de chumbo sobre o abdômen.

Segundo Costa et al. (2006), gestantes com câncer de mama devem realizar rastreamento de metástases, mas os exames podem ser adiados para após a segunda semana de gestação, quando ocorre menos riscos ao feto. Havendo suspeitas de metástases ósseas não deve ser evitada a realização de exames radiográficos de crânio e ossos longos, mas deve-se lembrar da proteção do feto, com a utilização de avental de chumbo.

Daltro (2011) descreve que a urografia excretora modificada, sendo realizada com radiografias seriadas ao zero, 30 segundos e 20 minutos após a injeção de contraste, a dose total de radiação emitida ao feto será entre 0,6 a 1,2 rads, podendo ser realizada em gestantes com suspeita de litíase, pois a exposição do feto neste exame não ultrapassa a 5 rads. Já D'Ippolito e Medeiros (2005) descrevem que os exames de urografia excretora devem ser evitados, realizando exames diagnósticos como RM e US. A US é a mais recomendada para a detecção de cálculos nas vias urinárias. Caso seja realmente indispensável a sua realização, deve fazer uma única radiografia dez minutos após a injeção do contraste, com isso reduzindo a dose ao feto.

## **4.2 Mamografia**

Em um exame de mamografia, a mama é comprimida entre duas placas e exposta a um feixe de raios X de baixa energia, gerados por um tubo especial. Pelo fato dos tecidos mamários contrastarem pouco (constituída de tecido adiposo e fibroglandular), o diagnóstico é dificultado em exames que utilizam radiação penetrante, com isso, a mamografia permite apenas suspeitar e não diagnosticar um câncer. O diagnóstico definitivo só deve ser dado após exames complementares a mamografia, como a biópsia e a ultrassonografia. Estes exames possuem grande importância na prevenção e redução de mortes pelo câncer de mama. Mas, mesmo os riscos desta exposição serem mínimos quando comparados com os benefícios, ainda há uma grande discussão na literatura quando o assunto é a exposição de gestantes a exames mamográficos (MATTOS; MÁSCULO, 2011).

Segundo Costa et al. (2006), o exame de mamografia em gestantes não é contraindicado, desde que seja utilizada a proteção de chumbo. Este exame expõe o feto a doses pequenas de radiação, cerca de 0,0004 Gy, não apresentando risco ao feto. Mas, mesmo que este exame não seja contraindicado em gestantes devido à baixa exposição radiológica, não é indicado devido à diminuição da sensibilidade da mamografia em mamas de gestantes, pois na fase gestacional há um aumento de secreção de líquidos, perda de conteúdo gorduroso (que auxilia na diferenciação de contrastes mamários), aumento da vascularização, aumento da intensificação celular e aumento da densidade do parênquima na mama. A US pode ser o exame mais indicado para diagnóstico de tumores mamários durante a gestação (COSTA et al. 2006; KETTELHUT; MODENA, 2008)

### **4.3 Tomografia computadorizada (TC)**

A Tomografia Computadorizada foi introduzida na prática médica em 1972, tendo desde então, um aumento significativo na realização de exames, deste modo acarretando no aumento da exposição da população à radiação ionizante. Este aparelho consiste em um braço rígido que faz a ligação entre um tubo de raios X e um filme radiográfico. Este braço rotaciona ao redor de um ponto que se encontra paralelo à película, assim, produzindo a translação simultânea do foco e do filme durante a rotação do braço. As imagens são obtidas de cortes sequenciais, como fatias seccionadas. A dose emitida ao paciente, a quantidade de ruído na imagem e o aquecimento do tubo de raios X são determinados pela carga transportável (mAs), sendo esta técnica selecionada pelo operador. (JUDY, 1995; KHORASANI, 1998; SHRIMPTON, 1999; ENDE, 1999; MARCONATO et al. 2004).

Vários estudos relataram que exames que utilizam altas doses de radiação como a TC na região pélvica ou abdominal, são de alto risco para as células jovens do embrião ou feto. Caso a gestante necessite ser exposta, dependendo da fase gestacional, pode ser letal ao feto. Os riscos dependem da dose de radiação absorvida e, principalmente, da idade gestacional (BRENT, 1989; PAULA; MEDEIROS, 2001; TEDOLDI; ZOUVI, 2009; NOVAIS; LAGANÁ, 2009).

Na TC, os riscos em exames de crânio, tórax, coluna cervical, coluna torácica e extremidades, não chegam a ser praticamente nulos como em uma radiografia convencional, pois as doses utilizadas são maiores, mesmo assim, os riscos são mínimos. É de grande



importância a utilização do avental de chumbo e a redução da dose de radiação. Exames de TC de tórax, abdômen e coluna lombar, podem ser nocivos ao feto ou embrião, como visto anteriormente. Para reduzir os riscos nesses exames, deve-se diminuir o campo de visão, a tensão (KV), a intensidade do feixe, diminuir o número de cortes e o intervalo entre eles (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Tomografias multislice (múltiplas fileiras de detectores), são muito eficientes quando comparadas com as outras tomografias, pois são mais rápidas e tem melhor definição para se estudar regiões abdominais e angiográficas. Entretanto, estes equipamentos tem um aumento de até 90 – 180% de dose absorvida em órgãos abdominais, como os rins, útero e ovário. Portanto, deve-se ter uma avaliação criteriosa relacionando o risco-benefício de expor as gestantes a essas tecnologias (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

Segundo Pereira Junior et al. (1999), devem ser evitados cortes amplos e sobrepostos, assim como também devem ser utilizados critérios e boas técnicas, reduzindo ao mínimo a dose nas pacientes.

A TC pode ser realizada se utilizada as devidas precauções, como diminuição da radiação e diminuição do tempo de exposição. Atualmente angiografias por TC de tórax tem exposto o feto a quantidades menores de radiação absorvida que a cintilografia pulmonar perfusional, mas, quanto maior for a idade gestacional, ele exporá o feto mais que a cintilografia (TEDOLDI; ZOUVI, 2009).

#### **4.4 Medicina Nuclear (MN)**

Em um exame de MN, a dose média emitida ao paciente é maior do que à exposição em exames de radiologia convencional (UNSCEAR, 2000). Por esta razão, deve-se realizar uma importante avaliação da exposição da população a esse tipo de exame. Para o conhecimento das doses fetais, deve-se considerar quantidade de radionuclídeo administrado pela gestante, o tipo de emissão radioativa (alfa, beta, gama), a concentração do radionuclídeo nos órgãos, as características de decaimento do radionuclídeo, o tempo de eliminação do radionuclídeo pelo órgão, a distância do órgão examinado ao feto (bexiga) e a idade gestacional. Os radionuclídeos que atravessam a barreira placentária contribuem significativamente pela dose absorvida pelo concepto (PAULA; MEDEIROS, 2001).

Exames de MN realizados na bexiga são os maiores responsáveis pela exposição fetal, devido à proximidade com o útero. O iodo-131 e o Tecnécio-99m têm maior facilidade de se concentrar no tecido fetal e de atravessar a barreira placentária, principalmente quando o exame for realizado antes da décima semana de gestação. A maior parte dos exames realizados na MN envolve valores de doses abaixo de 10 mGy, apenas alguns radiofármacos ocasionam doses acima de 10 mGy ao feto, podendo chegar até a 500 mGy como o I-Nal-131 (Iodo de Sódio). Para exames terapêuticos as doses ao feto podem ser maiores que 500 mGy, (PAULA; MEDEIROS, 2001).

Para o tratamento de carcinoma diferenciado de tireóide, é realizada a terapia com radioiodo, onde é utilizado Iodo-131. É seguro a realização deste tratamento em mulheres na idade fértil, indicando que a mulher não engravide no período de um ano após o tratamento, para se evitar o risco de abortos e para que garanta a eliminação completa do iodo. Este tratamento é extremamente proibido em gestantes. A medida que a gestação avança, ocorre diferença entre a relação dose de radiação mãe-feto. A tireóide do feto começa a captar o iodo entre a décima e décima segunda semana de gravidez, onde a dose absorvida pelo feto varia de centenas a milhões de cGy/mCi de Iodo administrado pela mãe, a absorção máxima é por volta da vigésima semana, sendo entre 6.500 a 12.000 cGy/mCi (MATSUMURA, 2007).

Segundo Tedoldi e Zouvi (2009), exames de perfusão do miocárdio, devem ser realizados somente se extritamente necessários, com liberação de dose para o feto de menos de 1cGy (1 rad) quando realizado com tálio-201 ou tecnécio-99m sestamibi. Já a flebografia com fibrinogênio marcado com I-125 e cintilografias com Galio-67, não são indicados, pois liberam uma dose ao feto de 2 rads e 5 rads respectivamente e o radiofármaco penetra a placenta se acumulando na tireóide do feto.

De acordo com Pimentel Filho et al. (2005), a cintilografia expõe ao feto a altas doses de radiação ionizante, sendo prejudicial ao mesmo. A sua realização em gestantes deve ser evitada, sendo realizada apenas quando o benefício superar os riscos de sua realização.

Vale ressaltar que o aleitamento materno é contraindicado após o tratamento de radioiodoterapia, por no mínimo dez semanas após a administração (BRANDÃO et al. 2004).

#### 4.5 Radioterapia

Em exames de radioterapia são utilizadas altas doses de radiação, devido a isso, é recomendado que o tratamento seja adiado para após o primeiro trimestre da gestação. Em tratamentos de radioterapia de crânio em equipamento de 6 MV, dois campos laterais e opostos e com distância foco-pele de um metro, as doses ao feto não chegam a 100 mGy mesmo sem blindagem. As doses ao feto são relativamente baixas pelo fato da cabeça ter a localização longe do útero, recebendo apenas a radiação espalhada, onde tal radiação pode ser reduzida em até 56% quando utilizado blindagem (Figura 10). Mas, conforme a idade gestacional avança a dose ao feto pode ser maior devido à aproximação do feto com a região analisada (Tabela 5) (PAULA; MEDEIROS, 2001).

Figura 10 - Proteção de chumbo sobre o abdômen materno.



Fonte: Cezar, 2010.

Tabela 5 - Doses fetais em exame de crânio em equipamento de 6MV, 2 campos laterais e opostos, com distância foco-pele de 1 metro.

Idade Gestação	Dose ao feto (mGy)	Diminuição da dose com blindagem (%)
4 semanas	Entre 16 – 29,6	56
12 semanas	21,7 – 49,6	42 – 35 respectivamente
24 semanas	28,3 – 80,9	33 – 26 respectivamente

Fonte: Paula; Medeiros, 2001.

Como visto na tabela acima, a dose chega a 80,9 mGy sem a utilização da blindagem, portanto, conforme visto, há riscos de o feto vir a desenvolver câncer durante a infância. Para os demais riscos ao feto, a chance de ocorrerem é pequena, pois os limiares de dose estão abaixo do necessário (PAULA; MEDEIROS, 2001).

Em radioterapias de mama, à medida que a idade gestacional avança a dose absorvida pelo feto também aumenta, devido a diminuição da distância do centro do campo ao feto. Enfim, quanto maior a distância do centro do campo ao feto e utilizando barreiras adequadamente, os riscos ao feto diminuem (PAULA; MEDEIROS, 2001).

Segundo Costa et al. (2006), para gestantes diagnosticadas com câncer de mama, o tratamento considerado definitivo é a cirurgia, sendo o mais indicado no primeiro trimestre da gestação a mastectomia radical ou modificada, evitando a realização do tratamento conservador. Caso seja necessário a realização da radioterapia neste período, a gravidez deve ser interrompida.

O tratamento de câncer de colo de útero com a radioterapia, não pode ser evitado, deve ser realizado de forma que reduza a exposição do feto ao mínimo possível. Relatos indicam que o feto suporta apenas quatro sessões, passando disso a alta exposição pode induzir a complicações sérias ao feto como malformações e diminuição do tempo de vida após nascimento. (NOVAIS; LAGANÁ, 2009).

Em exames terapêuticos de radioterapia, pode ocorrer morte embrionário entre o 1º e 14º dia da gestação. Entre a 2ª e a 12ª semana pode ocorrer abortamento ou malformações. A partir da 12ª a 40ª semana os riscos a exposição em exames de radioterapia ao feto são: retardamento de crescimento, microcefalia, lesão ocular, alterações comportamentais e cognitivas. A dose que ao expor gestantes pode acarretar em danos fetais é de 10 cGy. Portanto, para Schunemann Junior et al. (2007), exames terapêuticos de radioterapia devem ser evitados em qualquer fase da gestação, pelo fato deste exame expor o feto a altas doses de radiação, causando diversos danos ao feto, podendo levar até a morte fetal.

#### **4.6 Radiologia Intervencionista**

A radiologia intervencionista permite a intervenção para fins diagnósticos e terapêuticos e é realizada através de um guia introduzido via acesso percutâneo, sobre anestesia local. É utilizada uma fluoroscopia que permite a visualização em tempo real. Este

método apresenta inúmeras vantagens, como: realizar procedimentos que são considerados complexos com apenas pequenos cortes cirúrgicos, com isso diminuindo as chances de infecção e o tempo de internação. Mas apesar das vantagens, este é o procedimento que acarreta em maior dose ao profissional da saúde e ao paciente (CANEVARO, 2009).

Casos de aneurismas cerebrais e malformações arteriovenosas não são comuns, mas quando diagnosticados devem ser tratados, pois podem se romper no final da gestação. Para o tratamento desta enfermidade é realizado tratamento endovascular com microespirais de platina que é um dos métodos com maior eficácia na oclusão de aneurismas. Uma das principais contraindicações para a realização deste tratamento, é a exposição do feto/embrião à radiação ionizante, devido ao uso da fluoroscopia durante a angioplastia, pois esta exposição pode causar diversos danos ao feto. Embora não se saiba exatamente a dose absorvida pelo feto, é indicada a realização de cesária antes de se iniciar o tratamento (VALE et al. 2006).

Segundo Groff (2008), gestantes ocupacionalmente expostas, recebem baixas doses de radiação, sendo pouco provável que os valores ultrapassem os limiares de doses adotados pelas recomendações nacionais e internacionais, sendo os exames de fluoroscopia a única exceção, pois a exposição a este equipamento é relativamente alta.

A exposição à radiação ionizante é uma das principais preocupações de médicos ou responsáveis pela gestante durante exames de angiografia e de embolização. Em um exame de arteriografia de subtração digital, estima-se que a dose absorvida pelo paciente, seja em torno de 3,6 mSv e 10 mSv, doses relativamente altas, que equivalem a sete ou oito exames de tomografia de crânio. Em exames que a radiação seja direcionada apenas ao crânio da paciente e sendo utilizado avental de chumbo sobre o abdômen, a radiação difundida para o abdômen materno é mínimo, sendo inferior a 0,1 mrad (VALE et al. 2006).

A dose varia dependendo do local a ser observado e do tempo de exposição da gestante, variando de 500 a 5000 mrads/min. Sendo utilizada a proteção radiológica sobre o abdômen da gestante e diminuindo ao máximo o tempo de exposição, a dose recebida ao feto em uma angioplastia coronária é de, no máximo, 0,55 mSv e durante uma angioplastia transluminal percutânea é de 0,7 mSv (TEDOLDI, 2005).

Entretanto, os médicos recomendam evitar ao máximo o uso do raio-x, principalmente no primeiro trimestre do período gestacional, no qual ocorre a organogênese fetal sendo que, após esta fase, os riscos são minimizados. O procedimento deve ser realizado, além do tempo mínimo de fluoroscopia, com os feixes de raios X colimados. Outro aspecto que deve ser levado em conta é a via de acesso arterial. Alguns autores acreditam que o acesso pela via

braquial ou radial podem ser benéficos, por excluir a possibilidade de irradiação primária do abdômen (GLAZIER, 1995; EICKMAN, 1996; PIMENTEL FILHO et al. 2005).

#### **4.7 Radiografia odontológica**

Segundo Ardenghi et al. (2003), os órgãos considerados mais radiosensíveis os quais ficam expostos em exames odontológicos são: a medula óssea, glândula tireoide e glândulas salivares, sendo as crianças mais radiosensíveis que adultos, por possuírem um número menor de células diferenciadas.

A dose recebida em uma radiografia dentária é baixa e pode ser comparada com a radiação ambiente, a qual a paciente está exposta durante o dia. Mas, estes exames em pacientes gestantes requerem maiores cuidados, sendo utilizada baixa dose e proteções adequadas como: avental de chumbo, colimador, redução do tempo de exposição e filmes mais sensíveis. Estes cuidados proporcionam uma dose fetal estimada de 0,00001 cGy em exames periabucal, não havendo riscos ao feto. Mesmo assim, não são indicados exames de boca toda durante a gestação, sendo realizado apenas quando necessário e devendo ser evitado nos dois primeiros meses de gestação. Repetições por erro do profissional devem ser evitadas, junto com a angulação do tubo em direção ao abdômen (CRUZ et al. 2002; POLETTO et al. 2008).

Assim, exames radiográficos intraoral, realizados com os devidos cuidados de radioproteção e devidamente justificados, podem ser realizados em gestantes. A colimação deve ser feita de preferência com o colimador retangular, pois se comparado ao colimador circular, ele diminui a dose para a paciente entre 25% e 60% e, conseqüentemente, diminui a radiação secundária. O suporte mais indicado é o suporte tipo Rinn-XCP, que evita distorção na imagem (SOUZA et al. 2006).

Em estudo realizado por Poletto et al. (2008), 50% dos dentistas procuram o obstetra da gestante antes de realizar o exame radiográfico e 80% deles votaram em jamais ser realizada a exposição em gestantes. Os cirurgiões-dentistas devem perguntar a todas as pacientes em idade fértil sobre a possibilidade de gravidez durante a anamnese.

Conforme visto até aqui, existem situações na vida da gestante em que elas devem ser submetidas a técnicas radiológicas que emitem radiação ionizante. A dose emitida e absorvida

vai depender do exame, da técnica e dos cuidados tomados. Grande parte destes exames, não oferecem riscos significativos ao feto, sendo segura a sua realização, desde que o radiologista conheça estes riscos potenciais, e proporcione um atendimento adequado à gestante, orientando a todos os envolvidos. Os exames radiológicos apenas devem ser adiados, depois de realizados estudos criteriosos comparando os riscos/benefícios da não realização, pois há casos que ao retardar a sua realização pode aumentar os riscos para a paciente, sendo de grande importância a avaliação individual da dose fetal, para que sejam utilizadas técnicas e proteções adequadas (PAULA; MEDEIROS, 2001).

É de responsabilidade do profissional da área radiológica saber utilizar a proteção nas pacientes, bem como reduzir ao máximo a exposição da mesma. A vestimenta de proteção radiológica é o método mais simples e barato de se minimizar a dose absorvida nas áreas consideradas de maior radiosensibilidade da paciente. Utilizando-se vestimenta de radioproteção, pode haver redução de aproximadamente 90% da dose absorvida nos pacientes expostos (Figura 11) (SOARES et al. 2011).

Figura 11 - Avental de chumbo que deve ser colocado sobre o abdômen materno.



Fonte: Proteção, 2010.

Mesmo com todos os cuidados para a realização de um exame radiológico em gestantes, sempre que possível deve-se optar por exames que não utilizam raios X, como US e RM (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005; IARED; SHIGUEOKA, 2010).

Miller (2008) relata que o exame de US é seguro para gestantes e para o feto, pois não utiliza raios X nem radioisótopos para a formação da imagem, que podem provocar lesões celulares. A paciente é exposta a ondas sonoras de alta frequência. Até o momento não foi demonstrado que essas ondas estivessem associadas a algum tipo de efeito indesejado ao feto.

Para o diagnóstico de câncer de mama, a US é o mais indicado, pois é o método mais seguro para a gestante e ao feto, podendo ser realizado em qualquer fase da gestação. Além de possibilitar uma melhor detecção do nódulo, consegue distinguir em 97% das pacientes as lesões sólidas e císticas. O exame é de grande importância também na orientação de punção aspirativa por agulha fina para obtenção de materiais para triagem do tumor. (COSTA et al. 2006).

Além da US, exames de RM podem ser usados como alternativa a gestantes, pois não utilizam radiação ionizante e sim um forte campo magnético e ondas de radiofrequência, sendo menos nocivo ao feto (IARED; SHIGUEOKA, 2010). Em uma revisão bibliográfica realizada por Costa et al. (2006), acredita-se que pelo fato da RM não emitir radiação ionizante, este exame possa ser realizado em gestantes com suspeitas de câncer de mama, porém seu uso é limitado devido ao uso do contraste gadolínio que atravessa a barreira placentária podendo causar malformações fetais. O contraste somente deve ser utilizado se o benefício justificar o risco ao feto (TEDOLDI, 2005).

O uso do contraste iodado em gestante só deverá ser utilizado dentro dos critérios de real necessidade, pois, quando injetado via intravenosa o contraste atravessa a placenta causando efeitos no desenvolvimento da tireóide fetal (D'IPPOLITO; MEDEIROS, 2005).

De acordo com um relatório sobre fontes e efeitos da radiação ionizante, realizado pela UNSCEAR em 2000, em exames diagnósticos, os pacientes são expostos a doses relativamente baixas, que são o suficiente para gerar a imagem diagnóstica, mas, devido ao grande número de exames realizados, podem resultar em preocupantes doses coletivas.

Para Oliveira et al. (2003), a implementação de um programa abrangente de monitoração ocupacional de radiação deveria ser pensado não apenas para controlar os registros de doses dos trabalhadores, mas também para verificar todas as possíveis exposições à radiação que os pacientes podem receber dos exames de diagnósticos por imagem e terapêuticos. Um controle maior poderia ser realizado nos hospitais a fim de se registrar a dose de radiação anual recebida pelo paciente: exposições externas, avaliação das doses absorvidas ou equivalente de corpo inteiro, de partes e órgãos do corpo, bem como a investigação de doses elevadas. Esse sistema poderia auxiliar na indicação ou não da realização de um exame com radiação ionizante em pacientes grávidas, já que se conheceria a dose de radiação recebida pela paciente durante o ano.



## **5 CONCLUSÃO**

A realização de exames radiológicos em gestantes devem ser muito bem discutidos entre médico e paciente antes de serem realizados, analisando sempre as vantagens e desvantagens dos mesmos. A realização destes exames só devem ser feita quando os métodos de US e RM não forem suficientes.

Quando necessário, os exames devem ser realizados com cuidado, alterando a técnica radiológica para reduzir a dose de radiação, otimizando protocolos e utilizando aventais de chumbo para proteger o feto ou órgãos suscetíveis de radiação espalhada.

Exposições diagnósticas e terapêuticas só devem ser realizadas se atendidos os princípios éticos de Proteção Radiológica, que garantem benefícios diretos à saúde da paciente com o mínimo de dose para o feto.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.S. A, B, C e X das Radiações. **Revista de Ensino de Física**, v.12, p.12-25, 1990.
- ARDENGI, T, M. et al. Estimativa de Riscos Biológicos das Radiações Ionizantes na Medula Óssea, Glandula Tireóide e Glandulas Salivares: Considerações sobre Pacientes Infantis. **Jornal Odontopediatria Odontológica Bebê**, v.6, n.32, p.339-343, 2003.
- AZEVEDO, A.C.P. **Radioproteção em Serviços de Saúde**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>. Acesso em: Nov. 2012.
- BADIN, A. A. **Fonte de alimentação de um tubo de raios x para diagnósticos odontológicos**. 2004. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- BRANDÃO, C.D.G. et al. Efeitos da radioiodoterapia nas gerações futuras de mulheres com carcinoma diferenciado de tireóide. **Radiologia Brasileira**, Rio de Janeiro, RJ, v.37, n.1, p.51-55, 2004.
- BRASIL. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Norma CNEN-NN 3.01. Diretrizes básica de radioproteção**. Rio de Janeiro: CNEN, 2005.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **NR-32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Assistência à Saúde**. Portaria MTE. n°485. Brasília. Diário Oficial da União. 11 nov. 2005a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria SVS MS 453: Diretrizes de proteção radiológica em radioagnóstico médico e odontológico do Ministério da Saúde**. Brasília: Diário Oficial da União. Jun. 1998.
- BRENT, R.L. The effect of embryonic and fetal exposure to x-ray, microwaves, and ultrasound: counseling the pregnant and nonpregnant patient about these risks. **Seminars Oncology**. V.16, p.347–368, 1989.
- BUSHONG, S. C. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 709 p.
- CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física médica**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p.101-115, 2009.
- CEZAR, R. **Oncoclínica passa a disponibilizar acessório de proteção para gestantes na radioterapia**. Notícias 2010. Faculdade de Medicina de Marília – FAMEMA. Disponível em: <http://www.famema.br/visualizar.php?id=1808>. Acesso em: 20 nov. 2012.
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes Básicas de Radioproteção**. Norma N.E. 3.01, CNEN. Rio de Janeiro, 1988.
- COSTA, C. L. R. et al. Câncer de mama durante a gestação: revisão bibliográfica. **HU Revista**, Juiz de Fora, v.32, n.4, p.109-114, 2006.

CRUZ, A.G. et al. Radioproteção em gestante. **Revista da ABRO**, São José dos Campos - SP, v.3, p. 59, jul. 2002.

DALTRO, A.R.F.S. **prevalência de infecção urinária em parturientes atendidas em maternidade de alto risco no município da Serra, ES**. 2011. 49f. Dissertação (Pós graduação em doenças infecciosas/Centro de ciências da saúde), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

D'IPPOLITO, G.; MEDEIROS, R. B. Exames radiológicos na gestação. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, SP, v38, n.6, p.447-450, 2005.

EICKMAN, F.M. Acute coronary artery angioplasty during pregnancy. **Cathet Cardiovasc Diagn.**; v.38, p.369-372, 1996.

ENDE, J.F. Image mottle in abdominal CT. **Invest Radiol**, v.34, p.282–286, 1999.

EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY GUIDELINES. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. **Eur Heart J.**; 29: 2276-315, 2008.

GARIB, D.G. et al. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. **Revista Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá-PR, v.12, n.2, p.139-156, 2007.

GASPARIN, D. **Efeitos biológicos da radiação ionizante**. 2010. 38f. Trabalho de conclusão do curso de especialização de radiologia odontológica e imaginologia da Universidade de Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.

GLAZIER, J. et al. Primary angioplasty using a urokinase coated hidrogel balloon in acute myocardial infarction during pregnancy. **Cathet Cardiovasc Diagn**, 36: 216-9. 12, 1995.

GROFF, S.G.P. **Desenvolvimento de um sistema on-line para a avaliação de doses fetais em radiologia diagnóstica**. 2008. p.100. Mestrado – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

IARED, W.; SHIGUEOKA, D. C. Exposição à radiação durante imagens: dúvidas frequentes. **Revista Diagnóstico e Tratamento**, São Paulo-SP, v.15, n.3, p.143-145, 2010.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Biology: a Handbook for Teachers and Students. **IAEA Books**. Vienna. 2010.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). **Recommendations of the International Commission Radiológica Protection – Publication 60**. **Ann ICRP**, v.21, p.1-3, 1991.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). **PUBLICATION 84: Pregnancy and Médical Radiation, 84**. **Ann ICRP**, v.30, Oxford: Pergamon Press, 2000.

JUDY, P.F. Evaluating computed tomography image quality. In: Goldman LW, Fowlkes JB, eds. **Médical CT and ultrasound: current technology and applications**. Madison, WI: Advanced Médical Publishing, 359–78, 1995.

KASSAB, C. et al. Linfoma de Hogkin e gestação: série de casos e proposta de protocolo para tratamento. **Einstein**, São Paulo, SP, v.9, p. 216-219, 2011.

KETTELHUT, J.C.; MODENA, M.A.B. Câncer de mama e gestação. **Revista da Faculdade de Ciência Médica de Sorocaba**, v.10, n.4, p.1-4, 2008.

KHORASANI, R. Trends in the use of radiology with inpatients: what has changed in a decade? **AJR**, 170:859–61, 1998.

LINS, L. et al. Efeitos de baixas doses de radiação-x no desenvolvimento do sistema nervoso central: estudo experimental em ratos. **Radiologia Brasileira**. Salvador –BA, v.41, n.1, p.45-47, Jan./Fev. 2008.

LOURENÇO, S.R.; et al. Estudos sobre as condições de risco a que os profissionais da área de radiologia estão sujeitos. **Exacta**, São Paulo, v.5, n.2, p. 283-290, jul./dez. 2007.

MARCONATO, J.A. et al. Redução de dose e aumento da vida útil do tubo de raios X em tomografia computadorizada\*. **Radiologia Brasileira**, São Paulo – SP, v.37, n.5, set./out. 2004.

MATSUMURA, L. K. Gravidez após Tratamento com <sup>131</sup>Iodo em Mulheres Portadoras de Carcinoma Diferenciado da Tireóide. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.51, n.4, p.507-508, 2007.

MATTOS, U.A.O.; MÁSCULO, F.S. **Higiene e segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p.291.

MELO, M.F.B.; MELO, S.L.S. Condições de radioproteção dos consultórios odontológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Aracaju - SE, 13 (Sup2):2163-2170, 2008.

MILLER, D.L. Safety assurance in obstetrical ultrasound. **Semin ultrasound CT MR**. v.29, n.2, p.156-164, 2008.

MOURA, P. E. A. ABC do bebe: **Fases da gestação**. Disponível em: <http://www.abcdobebe.com.br/canais.asp?id=21> . Acesso em: 29 nov. 2012.

NOUAILHETAS, Y. **Radiações ionizantes e a vida**. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Rio de Janeiro, 42 p., Disponível em: <<http://ns1.sismepe.pe.gov.br/caosaúde/arquivos/md/CNEN-RadiacoesIonizantesVida.pdf> >. Acesso em: 02 ago. 2012.

NOVAIS, T. G. G.; LAGANÁ, M. T. C. Epidemiologia do câncer de colo uterino em mulheres gestantes usuárias de um serviço de pré-natal pública. **Redalyc**, v.27, n.6, p.7-13, 2009. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=84212434003>>. Acesso em: Nov. 2012.

OLIVEIRA, S.R. et al. Elaboração de um programa de monitoração ocupacional em Radiologia para o Hospital Universitário Clementino Fraga Filho\*. **Radiologia Brasileira**, São Paulo – SP, v.36, n.1, Jan./Fev. 2003.

OSIBOTE, A. O. **Avaliação das doses de radiação em pacientes adultos e pediátricos em exames de radiodiagnóstico**, Ministério da saúde, fundação Oswaldo Cruz, escola Nacional de saúde pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, 2006. p.101.

PAIS, J.F.S. **Avaliação de doses de radiação no feto**, p.90, Dissertação (Mestrado em biofísica/Especialização em Física Médica e Engenharia Biomédica), Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.

PAULA, L.C.; MEDEIROS, R.B. Exposição à radiação no período pré-natal. **A FOLHA MÉDICA**, v.120, n.4, p.216-217, out. nov. dez. 2001.

PAULINO, J.O.S. **Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes emitidas pelas antenas fixas da telefonia celular**. p.32, 2001. Disponível em: [http://www.higieneocupacional.com.br/download/antenas\\_celular\\_paulino.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/antenas_celular_paulino.pdf) . Acesso em: 04 Set. 2012.

PEREIRA JUNIOR, G.A. et al. Trauma. Atendimento à gestante traumatizada. **Medicina**, Ribeirão Preto, 32, p.282-289, jul./set. 1999.

PIMENTEL FILHO, P. et al. Infarto agudo do miocárdio durante gestação – Relato de caso. **Momento & Perspectivas em Saúde**. Porto Alegre, v.18. n.1, p.48-51, jan./jun. 2005.

POLETTI, V.C. et al. **Atendimento odontológico em gestantes: uma revisão da literatura**. Stomatos, v.14, n.26, p.64-75, jan./jul. 2008, disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=85012264009>> . acesso em:jun.2012.

PROTEÇÃO Radiológica, Julho de 2010, SC, Centro de Ensino e Práticas Médicas (CEPRAMED). Disponível em: <http://cepramed.blogspot.com.br/2010/07/o-estande-do-curso-superior-de.html>. Acesso em: 24 set. 2012.

RATNAPALAN, S., et al. Physicians' perceptions of teratogenic risk associated with radiography and CT during early pregnancy. **Am J Roentgenol**,182(5):1107-9, 2004.

SANTOS, R.A. **Efeitos da radiação**. p.11. Trabalho de conclusão do curso técnico em radiologia – Centro de Educação Profissional (CENAP) Cascavel - PR, 2010.

SCHUNEMANN JUNIOR, E. et al. Radioterapia e quimioterapia no tratamento do câncer durante a gestação – revisão de literatura. **Revista Brasileira de Cancerologia**. Curitiba-PR, 53(1), p.41-46, 2007.

SHRIMPTON, P.C.; WALL, B.F.; HART, D. Diagnostic medical exposures in the U.K. *Appl Radiat Isot*, v.50, p.261–269, 1999.

SOARES, F. A. P. et al. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura\*. **Radiologia Brasileira**, Florianópolis-SC, v.44, n.2, p. 97–103, 2011.

SOUZA, R.B. et al. Atualização sobre as medidas principais de proteção em radiologia intra-oral: Uma Revisão. Lisboa. v.47, n.4, p.249-255, 2006.

SOUZA, E.; SOARES, J.P.M. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. **Jornal Vascular Brasileiro**, Niteroi. v.7, n.4, p.341-450, 2008.

TEDOLDI, C.L. Infarto do miocárdio na gravidez. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. n.05, p.4, 2005.

TEDOLDI, C.L.; ZOUVI, A.P. Diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia para gravidez na mulher portadora de cardiopatia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Porto Alegre. v.93, n.6, p.110-112, 2009.

TILLY JUNIOR, J. G. **Física radiológica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p.41-43.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION - UNSCEAR. Sources. **Effects and Risks of Ionizing Radiation**, Report to the General Assembly with Annex D: Médical Radiation Exposure, NY: United Nations, 2000.

VALE, B.P. et al. Ruptura de Aneurisma Intracraniano Gigante em Gestante Tratado por Embolização Endovascular: Relato de caso\*. **Radiologia Brasileira**, Piauí, v.39, n.3, p. 237-239, 2006.

VELUDO, P.C. **Efeitos da radiação x e níveis de exposições em exames imagiológicos, inquérito a clínicos gerais**: Inquéritos a Clínicos Gerais. 2011. 69f. Trabalho de conclusão do curso (Mestrado em saúde publica) – Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.