

Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Mestrado em Saúde Pública

Patrícia Carvalho Veludo

# Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

Inquéritos a Clínicos Gerais

Setembro 2011





Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra  
Mestrado em Saúde Pública

# Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

Inquéritos a Clínicos Gerais

Autor

Patrícia Carvalho Veludo

Orientadora

Professora Doutora Maria Filomena Botelho

Co-Orientadora

Mestre Margarida Abrantes

Coimbra, Setembro de 2011

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

*Quero dedicar este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida. Aos meus pais, as pessoas que mais admiro, que sempre me apoiaram e ajudaram ao longo de todo o meu percurso. Ao meu irmão que é a pessoa que mais amo e do qual sinto tanta falta. E ao André, por tudo o que tem aturado ao longo destes anos e por toda a força que me tem transmitido quando estou prestes a desistir. Muito obrigado por tudo. Adoro-vos...*

### **Agradecimentos**

Quero em poucas linhas expressar o meu profundo agradecimento:

À minha Orientadora, a Professora Doutora Maria Filomena Botelho pela disponibilidade sempre demonstrada para me ajudar.

À minha Co-Orientadora, a Mestre Margarida Abrantes por toda a dedicação, troca de ideias e atenção sempre demonstradas ao longo deste trabalho e que foram sempre cruciais.

À Dra. Bárbara Oliveiros pela disponibilidade e ajuda no tratamento e análise dos dados estatísticos.  
Ao Mestre Graciano Paulo pelas sugestões para a escolha do tema e por tudo aquilo que me ensinou ao longo de 4 anos.

Ao Dr. João Martins pela compreensão ao longo destes dois anos, permitindo sempre que alterasse o meu horário de trabalho de acordo com as minhas necessidades.

Ao Professor Doutor Massano Cardoso pela disponibilidade e ajuda na escolha dos orientadores.

Aos Coordenadores dos Centros de Saúde onde me desloquei e que me permitiram efectuar a pesquisa.

Aos Médicos que se disponibilizaram para responder ao meu questionário.

## Índice Geral

Agradecimentos	IV
Índice Geral	V
Índice de Tabelas	VII
Índice de Figuras	VIII
Índice de Gráficos	IX
Índice de Anexos	X
Índice de Siglas e Abreviaturas	XI
Resumo	12
Abstract	13
Introdução	14
1. Radiação Não Ionizante	14
2. Radiação Ionizante	15
2.1 Radiação Natural vs. Radiação Artificial	15
2.1.1 Radiação Cósmica	16
2.1.2 Radiação Terrestre	17
2.2 Tipos de Radiação Ionizante e os Seus Efeitos	18
2.3 Unidades e Grandezas da Radiação	21
3. Interação da Radiação com as Células	24

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

4. Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante	26
4.1 Efeitos Determinísticos	29
4.1.1 Síndrome Aguda da Radiação	29
4.1.2 Efeitos da Radiação no Desenvolvimento Embrionário	32
4.2 Efeitos Estocásticos	34
4.2.1 Efeitos Somáticos	34
4.2.2 Efeitos Genéticos	35
5. Exames Imagiológicos	36
5.1 Radiologia Convencional	36
5.2 Tomografia Computorizada	41
Objectivos	44
Materialis e Métodos	45
1. População Alvo e Amostra do Estudo	47
2. Instrumento de Recolha de Dados	48
3. Recolha de Dados	49
4. Análise Estatística	50
Resultados	51
Discussão e Conclusões	57
Bibliografia	61
Anexos	65

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Dose média de radiação proveniente de fontes naturais	16
Tabela 2 – Unidades de radiação	21
Tabela 3 – Tabela com factores de ponderação de diferentes órgãos ou tecidos	22
Tabela 4 – Efeitos da exposição aguda a radiação em adultos	32
Tabela 5 – Período gestacional e possíveis efeitos da radiação	33
Tabela 6 – Resumo de dose efectiva que o doente pode receber aquando de um exame radiológico convencional	37
Tabela 7 – Resumo de dose efectiva que o doente pode receber aquando de um exame de TC	41
Tabela 8 – Distribuição da amostra pelos ACES	51
Tabela 9 – Distribuição dos indivíduos por idade	51
Tabela 10 – Resultados em percentagem dos dois grupos de questões por ACES	56



### Lista de Figuras

Figura 1 – Espectro electromagnético	14
Figura 2 – Esquema representativo da blindagem de vários materiais a diferentes tipos de radiação	18
Figura 3 – Esquema representativo do efeito das radiações na pele	25
Figura 4 – Esquema representativo sobre os danos radioinduzidos na molécula de DNA	27
Figura 5 – Esquema representativo da radiólise da água	28
Figura 6 – Severidade dos sinais e sintomas da síndrome aguda da radiação tendo em conta diferentes intervalos de doses	30

### **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 – Principais fontes de radiação	15
Gráfico 2 – Resultados em percentagem das respostas às perguntas sobre os efeitos da radiação-X	52
Gráfico 3 – Resultado em percentagem das respostas às perguntas dos níveis de exposição dos exames imagiológicos, tendo em conta a radiação natural	54
Gráfico 4 – Resultado em percentagem das respostas às perguntas dos níveis de exposição dos exames imagiológicos, tendo em conta uma radiografia PA do tórax	55

### **Lista de Anexos**

Anexos	65
Questionário	

### Lista de Abreviaturas e Siglas

ACES – Agrupamentos de Centros de Saúde

AP – Ântero-posterior

dE – Energia

dQ – Carga eléctrica

dm – Unidade de massa

DNA - Deoxyribonucleic acid

DT – Dose absorvida

Gy - Gray

HT – Dose equivalente

K - Potássio

LET – Transferência linear de energia

mSv - milisievert

PA – Postero-anterior

Pb – Chumbo

PET – Tomografia por emissão de positrões

PTN – Condições normais de temperatura e pressão

R - Roentgen

Rad – Radiation Absorbed Dose

RBE – Eficácia Biológica

Rem – Roentgen Equivalent Man

SI – Sistema Internacional

Sv - Sievert

Th - Tório

U – Urânio

UV - Ultravioleta

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

$W_R$  – Factor de ponderação da Radiação

### Resumo

O ser humano é um alvo constante da radiação quer natural quer artificial. Da mesma forma que isto acontece, também se vai tornando mais consciente dos efeitos secundários que esta poderá desencadear, nomeadamente quando falamos de radiação ionizante. De facto, a exposição exagerada aos raios-X de diagnóstico tem sido considerada uma questão de saúde pública pela Organização Mundial da Saúde.

O mais recente desenvolvimento dos equipamentos de radiologia, assim como a disponibilidade quase imediata para a realização de exames imagiológicos, revolucionou a prática da medicina; contudo, esta enorme evolução da imagem resultou também num significativo aumento da exposição cumulativa da população à radiação ionizante. No entanto, muitas vezes, esta procura não é sustentada pelo conhecimento científico, o que leva a crer que o conhecimento sobre os efeitos nefastos da radiação-X ainda não chegou a todo o lado.

Nesse sentido, o presente estudo procurou avaliar o conhecimento, dos médicos de medicina geral e familiar dos ACES (Agrupamentos de Centros de Saúde) do Pinhal Interior Norte I e do Baixo Mondego I, acerca dos efeitos da radiação-X e dos níveis de exposição dos doentes sujeitos a diferentes exames imagiológicos, através de um questionário de resposta fechada. A adesão ao estudo foi de 38,5%, ficando a nossa amostra em 40 questionários respondidos.

Os resultados revelaram que estes profissionais conhecem muito pouco acerca desta temática. Observando-se uma percentagem de respostas correctas para o grupo dos efeitos da radiação-X de 34,00% e para o grupo dos níveis de exposição de cada exame imagiológicos de 40,50%.

Estes resultados levam-nos a concluir que é urgente actuar e proceder a mudanças que levem os profissionais de saúde a obter mais e melhor informação acerca da radiação-X.

### **Abstract**

The human being is a constant target of radiation natural or artificial. Just as it happens, also becomes more aware of the side effects that may trigger. The overexposure to X-ray diagnosis has been considered a public health issue by the World Health Organization.

The latest development of radiology equipment, as well as the almost immediate availability to perform imaging tests, revolutionized the practice of medicine, however, this huge evolution of the image also resulted in a significant increase in cumulative population exposure to ionizing radiation. However, often this demand is not supported by scientific knowledge, which suggests that knowledge about the harmful effects of X-rays have not reached everywhere.

In this sense, this study sought to evaluate the knowledge of doctors of general and familiar medicine of ACES (Agrupamentos de Centros de Saúde) Pinhal Interior Norte I and I Baixo Mondego, about the effects of X-radiation and patients exposure levels of the different imaging tests via a questionnaire response closed. Adherence to the study was 38.5%, leaving our sample in 40 questionnaires.

The results revealed that these professionals know very little about this subject. The percentage of correct answers for the group about effects of X-radiation is 34.00% and the group of exposure levels for each imaging examination is 40.50%.

These results lead to the conclusion that it is urgent to act and make changes that will lead the health professionals to more and better information about the X-radiation.

## Introdução

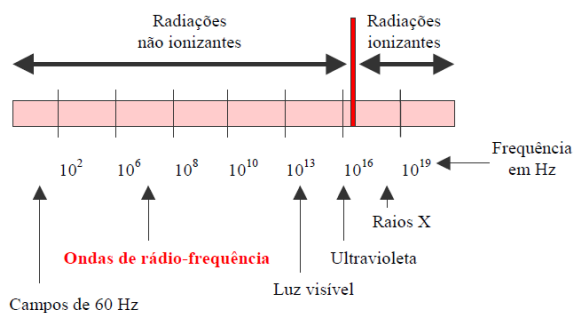
A radiação é uma forma de energia e pode ser transmitida através do ar. De acordo com o seu modo de interagir com a matéria pode ser dividida em radiação não ionizante e radiação ionizante. No nosso quotidiano deparamo-nos com vários tipos de radiação, tais como a luz, o calor, as ondas rádio, as microondas e os raios-X (1).

### I. Radiação Não Ionizante

A radiação não ionizante é o tipo de radiação que não possui energia suficiente para ionizar os átomos e/ou as moléculas com as quais interage (2).

De um modo geral, a radiação não ionizante é electromagnética (EM). Os diferentes tipos de radiação EM caracterizam-se pela frequência, comprimento de onda e nível energético, produzindo assim diferentes efeitos físicos e biológicos (3).

Uma das mais importantes características desta radiação é a sua frequência, cuja escala é muito grande, como é possível verificar no espectro electromagnético, representado na Figura I (4).



**Figura I** – Espectro electromagnético (4).

A região do espectro electromagnético não ionizante inclui a radiação ultravioleta (UV), luz visível, infravermelho, rádio-frequência e frequência extremamente baixa (5,6).

## 2. Radiação Ionizante

A radiação ionizante é parte da energia radiante que os seres vivos trocam com o exterior, durante toda a sua existência. Estes recebem e, em menor escala, emitem as mais diversas formas de energia radiante, em consequência da sua actividade bioeléctrica (7).

Por definição, a radiação ionizante é a radiação capaz de, ao interagir, remover electrões de um átomo ou de uma molécula. Mais especificamente, pode ser considerada como a energia que é transportada por qualquer um dos diversos tipos de partículas e radiação electromagnética emitida por materiais radioactivos, ampolas de raios-X e reacções nucleares. Esta energia retira electrões dos átomos ou moléculas com os quais interage, criando iões ou moléculas ionizadas (8,9).

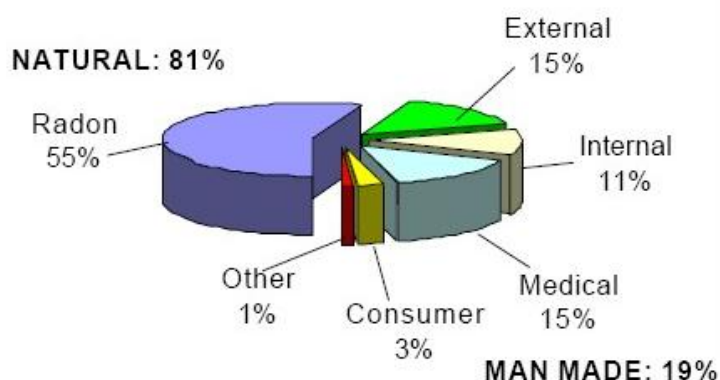
Assim, a radiação ionizante é caracterizada por ter energia superior à energia de ligação dos electrões de um átomo ao seu núcleo, sendo a sua energia suficiente para arrancar electrões dos seus níveis orbitais (10).

### 2.1 Radiação Natural vs. Radiação Artificial

Todos os seres vivos estão continuamente expostos à radiação ionizante, que desde sempre existiu na Terra (11).

Estas radiações provêm de fontes radioactivas naturais ou artificiais, tal como está representado no Gráfico I. As fontes de radiação natural podem ter a sua origem em fontes externas ou internas. Nas fontes externas englobam-se, os raios cósmicos, assim como as radiações de origem terrestre provenientes dos elementos radioactivos naturais. As fontes internas de radiação incluem os radionuclídeos presentes no corpo humano, como é o caso do potássio-40 (12).

**Gráfico I – Principais fontes de radiação**



Washington State Department of Health.



## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

---

Uma característica específica da irradiação por fontes naturais é que toda a população é exposta desde o seu início e por todo o seu futuro (13).

Isto é, toda a população que se encontra exposta à radiação natural, em maior ou menor grau. Para a maior parte da população, esta é a principal fonte de exposição à radiação.

Apesar de, uma maneira geral, esta exposição não possuir um risco significativo, a verdade é que existem excepções. Como, por exemplo, algumas mutações genéticas e doenças malignas da população que podem ser atribuídas à radiação natural (14).

Segundo a United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), a taxa de dose efectiva proveniente da radiação natural é de cerca de 2,4 mSv *per-capita*, por ano, como mostra a Tabela I. Contudo essas doses podem variar significativamente. Ou seja, para qualquer grande população, cerca de 65% dos seus indivíduos, tem as doses efectivas anuais entre 1 mSv e 3 mSv, cerca de 25% terá doses efectivas anuais inferiores a 1 mSv e os restantes 10% terá doses efectivas anuais superiores a 3 mSv (11).

**Tabela I** – Dose média de radiação proveniente de fontes naturais

Fonte	Dose efectiva média anual (mSv)
Exposição externa	
- Radiação cósmica	0,4
- Radiação Terrestre	0,5
Exposição Interna	
- Inalação	1,2
- Ingestão	0,3
Total	2,4

Adaptado do UNSCEAR 2000 Report.

#### 2.1.1. Radiação Cósmica

Parte da dose proveniente da radiação natural vem das partículas de alta energia que têm origem no espaço exterior, os raios cósmicos, que bombardeiam a Terra (11).

Estes raios são radiação EM e partículas emitidas pelo Sol e pelas estrelas, que penetram na nossa atmosfera, num elevado número. Esta exposição aumenta com a latitude e altitude, uma vez que, o escudo protector da atmosfera e o campo magnético da Terra impedem a penetração das componentes de energia mais baixa na atmosfera. Aqueles que conseguem penetrar, iniciam um

conjunto complexo de reacções, sendo gradualmente absorvidos ao longo do seu percurso. A UNSCEAR estima que a dose média efectiva anual da radiação cósmica a nível terrestre é cerca de 0,4 mSv (14,15,16).

Como resultado das interacções ocorridas entre os raios cósmicos e a atmosfera são produzidos núcleos radioactivos, denominados de radionuclídeos cosmogénicos (11).

### *2.1.2. Radiação Terrestre*

A crosta terrestre contém pequenas quantidades de elementos radioactivos, como o urânio e o tório e outros elementos com origem nas respectivas famílias. A presença destes radionuclídeos no solo leva à exposição externa a radiação ionizante e à exposição interna através da inalação do gás radão e dos seus descendentes. O radão é um gás da família radioactiva do urânio, e que faz parte da atmosfera terrestre. É uma vez que a quantidade de urânio e de rádio no solo varia muito com a localização geográfica e o tipo de solo, a concentração de radão na atmosfera é também variável (17). Por outro lado, na natureza podem ser encontrados aproximadamente 340 nuclídeos, dos quais 70 são radioactivos. Uma vez dispersos no meio ambiente, estes podem ser incorporados pelo homem através da inalação de gases ou partículas em suspensão, ou então através da cadeia alimentar, pela ingestão de alimentos que concentram esses materiais radioactivos (18).

As actividades humanas que envolvem o uso de radiação e substâncias radioactivas causam uma exposição adicional à exposição natural, denominada de exposição artificial. Essa exposição ocorre devido a uma série de actividades médicas, comerciais e industriais. O uso médico da radiação é a maior fonte de exposição a radiação artificial e inclui três áreas distintas, a radiologia, a radioterapia e a medicina nuclear. Estas fontes médicas de radiação iniciaram-se com o desenvolvimento da primeira ampola de raios-X por Roentgen em 1895 e desde essa altura, contribuem de forma fulcral para o diagnóstico e radioterapia médica (11,19).

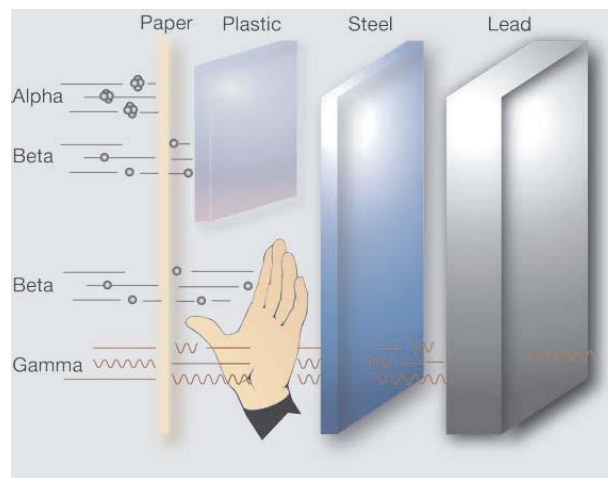
O uso de radiação ionizante para o diagnóstico médico e para a terapia apesar de estar muito difundido em todo o mundo, não o está de maneira uniforme, havendo significativas variações entre países, especialmente em relação à prática da radiologia.

Também em relação à zona do corpo humano exposta, há variações, estando na maior parte das vezes confinada a uma região anatómica específica, de maneira a haver o menor risco possível, para o indivíduo exposto (11).

## 2.2. Tipos de Radiação Ionizante e os Seus Efeitos

Sob o ponto de vista dos sentidos humanos, as radiações ionizantes são invisíveis, inodoras, inaudíveis, insípidas e indolores, sendo, os principais tipos de radiações ionizantes as partículas alfa, partículas beta, os raios gama e os raios-X.

Nos principais tipos de radiação usados em medicina o seu poder de penetração e a blindagem associada variam com o tipo de radiação e a sua energia, tal como representado na Figura 2.



**Figura 2** – Esquema representativo da blindagem de vários materiais a diferentes tipos de radiação (14).

O físico francês Henri Becquerel, em 1896, descobriu a radiação gama. Nos seus trabalhos observou que o urânio emitia uma radiação invisível muito similar aos raios-X, que tinham sido descobertos no ano anterior (20).

Para além disso, esses trabalhos, permitiram concluir que a radiação gama constituída por fotões de alta energia emitidos por um núcleo instável que muitas vezes emite uma partícula alfa ou beta ao mesmo tempo ou algum tempo antes. Esta radiação causa a ionização dos átomos ou moléculas quando passa através da matéria, principalmente devido à interacção com os electrões orbitais. A radiação gama pode ser extremamente penetrante, podendo percorrer longas distâncias através do ar, corpo, tecidos e outros materiais, como está representado na Figura 2. Assim, apenas materiais com um Z elevado como o chumbo ou o tungsténio conseguem efectuar a blindagem, o que leva a que possa haver absorção de doses significativas nos órgãos sem que haja inalação ou ingestão de materiais emissores gama (9,14).

Os raios gama podem passar por todo o corpo sem interagir com nada, ou interagir com o núcleo ou com os electrões orbitais dos átomos do meio e transferir-lhes alguma da sua energia, uma vez que os raios gama têm um grande poder de penetração e uma capacidade de percorrer grandes distâncias (20,21).

Já as partículas alfa, descobertas em 1899, por Ernest Rutherford, um cientista inglês, enquanto trabalhava com urânio, são constituídas por dois protões e dois neutrões, sendo idênticos ao núcleo de um átomo de hélio. Devido à sua massa e carga, uma partícula alfa produz iões numa área muito bem localizada, e vai perdendo alguma da sua energia cada vez que a partícula produz um ião (a sua carga positiva atrai os electrões para longe dos átomos) (9,20).

Estas partículas têm um curto alcance no ar (1-2 cm), e a sua blindagem pode ser efectuada por uma folha de papel ou pela fina camada superficial de nossa pele (epiderme). No entanto, se os materiais emissores alfa são inalados ou ingeridos expõem os tecidos internos directamente e desta forma podem causar danos biológicos (14, 21).

Os danos biológicos provocados aumentam o risco de cancro, principalmente o cancro do pulmão, especialmente quando ocorre inalação (20).

No ano seguinte à descoberta das partículas alfa, Henri Becquerel que já tinha descoberto a radiação gama, descobriu as partículas beta, mostrando que estas eram semelhantes aos electrões, que tinham sido descobertos em 1897 por Joseph John Thomson (20).

As partículas beta têm muito menor massa do que as partículas alfa e capacidade de penetração melhor em materiais ou tecidos, podendo penetrar até 1-2 cm em água (21).

Estas partículas podem ter carga negativa ou positiva. As negativas são idênticas aos electrões orbitais e são originários do núcleo de um átomo que sofre decaimento radioactivo, transformando um neutrão num protão. Uma partícula beta negativa tem origem no núcleo enquanto um electrão é externo ao núcleo. A partícula beta positiva é emitida a partir de um átomo que decai pela transformação de um protão num neutrão.

Quando a energia das partículas beta é consumida, a partícula negativa une-se a um átomo ou molécula tornando-se num electrão periférico, enquanto, se for a partícula beta positiva, esta colide com um electrão do meio e as duas partículas aniquilam-se mutuamente, produzindo dois raios gama (9).

A radiação beta pode ser completamente absorvida por folhas de plástico, vidro ou metal. Normalmente não penetram além da camada superficial da pele. No entanto, os emissores beta de alta energia podem causar queimaduras na pele. Tais emissores também podem ser perigosos se inalados ou ingeridos (14).

Esta radiação pode causar efeitos na saúde crónicos ou agudos, sendo que os crónicos são os mais comuns. Estes efeitos podem surgir após baixas exposições, mas durante um longo período de tempo, desenvolvendo-se muito lentamente, geralmente entre 5 a 30 anos (20).

O principal efeito crónico na saúde é o cancro. Quando ocorre irradiação interna, os emissores beta podem causar danos nos tecidos, aumentando o risco de cancro. Este risco aumenta com o aumento da dose (20).

A 8 de Novembro de 1895, o cientista Wilhelm Conrad Roentgen, na Universidade de Wurzburg, Alemanha, ao estudar descargas eléctricas em gases sob baixa pressão, descobriu um tipo de raio capaz de tornar fluorescentes ou fosforescentes certas substâncias (15).

Com base nessas observações, Roentgen chegou à conclusão de que se tratava de um novo tipo de radiação invisível, com poder de penetração, capaz de atravessar materiais opacos à luz e a outras radiações conhecidas. Não conhecendo a sua origem, Roentgen denominou-a de raio-X (22).

Esta descoberta despertou tanto o interesse de Roentgen, que este continuou a estudar intensamente as suas propriedades e características. Desta forma, através da exposição de diversos materiais de densidades diferentes a fim de observar o seu poder de penetração, e com auxílio de um detector fluorescente, fez uma importante observação: segurando um disco de chumbo com a mão na intenção de verificar o poder de penetração dos raios naquele metal, viu que, além da sombra do disco, apareceu a sombra dos ossos da sua mão. Estava assim descoberta a radiografia (22).

Os seus estudos permitiram concluir que os raios-X são um tipo de radiação EM. Os fótons, têm propriedades específicas, sendo as mais importantes o curto comprimento de onda e a elevada frequência (23).

Como tal, são fótons de alta energia, que podem ser produzidos por interações dos electrões do feixe ou com os electrões orbitais dos átomos do ânodo ou com os seus núcleos. Os raios-X têm uma penetração semelhante à radiação gama e como tal, na falta da blindagem com materiais de Z elevado pode ocorrer a exposição a doses suficientemente altas por parte de órgãos internos do organismo (14).

Estes raios surgem da interação de electrões com determinados materiais e podem-se propagar no ar, água, vácuo e em outros materiais (24).

Os raios-X têm propriedades específicas que lhes confere a possibilidade de aplicação na radiografia médica e industrial, em radioterapia e em investigação. Isto é, têm a capacidade de penetrar materiais que absorvem ou reflectem luz visível, fazem fluorescer algumas substâncias, conseguem produzir uma imagem num filme fotográfico, produzem mudanças biológicas valiosas em radioterapia e conseguem ionizar os gases (14).

### 2.3 Unidades e Grandezas da Radiação

É importante caracterizar a radiação no que respeita à sua quantidade e qualidade, e desta forma definir as unidades e grandezas da radiação, como se observa na Tabela 2 (25).

**Tabela 2** – Unidades de radiação

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

Adaptado de IAEA 2010

A dose exposição (X) é uma grandeza que exprime a carga eléctrica (dQ) produzida pela radiação electromagnética (EM), por unidade de massa (dm) de ar, em condições de pressão e temperaturas normais (PTN) (26).

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

A unidade do Sistema Internacional (SI) para a dose exposição é Coulomb / kg, como está representado na Tabela 2. A unidade exposição é definida apenas para o ar e não pode ser usado para descrever a dose no tecido (27).

Assim esta medida é de pequena utilidade clínica, uma vez que não leva em consideração a área irradiada, o poder de penetração da radiação e a sensibilidade à radiação do órgão irradiado (28).

Para colmatar esta falha de modo a obter uma melhor quantificação existe a dose absorvida (D), que exprime a energia absorvida, independentemente do meio ou tipo de radiação. Define-se como a energia (dE) cedida por unidade de massa (dm) de material irradiado, para qualquer radiação ionizante e qualquer material irradiado (26).

$$D = \frac{dE}{dm}$$

A unidade do SI para a dose absorvida é o Gray (Gy), como mostra a Tabela 2. Geralmente é considerada como a melhor maneira de quantificar a absorção de radiação ionizante (27).

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

À soma das doses absorvidas num órgão ou tecido multiplicadas pelos factores de ponderação dos diferentes tipos de radiação dá-se o nome de dose equivalente (HT); este termo é utilizado na protecção contra radiações e efeitos de exposição ocupacional, sendo usado para comparar a eficácia biológica relativa (RBE) de diferentes tipos de radiação nos tecidos.

A RBE de cada tipo de radiação varia muito, dependendo em grande parte da transferência linear de energia (LET). A unidade do SI da HT, como se pode observar na Tabela 2, é medida em Sievert (Sv) e resulta do produto de D no tecido, multiplicada por um factor de ponderação da radiação ( $W_R$ ), muitas vezes chamado de factor de qualidade, cujos valores podemos observar para cada órgão ou tecido na Tabela 3 (27).

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R}$$

**Tabela 3** – Tabela com factores de ponderação de diferentes órgãos ou tecidos

Órgão ou tecido	Factor de ponderação
Gónadas	0,20
Medula óssea	0,12
Cólon	0,12
Pulmões	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,05
Mama	0,05
Fígado	0,05
Esófago	0,05
Tiróide	0,05
Pele	0,01
Ossos	0,01
Restante	0,05
Todo o corpo	<b>1,00</b>

Adaptado de IAEA 2002

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

---

Já a dose efectiva é a dose absorvida duplamente ponderada para órgãos ou tecidos, e normalmente é utilizada para estimar o risco da radiação nos seres humanos (26).

A dose efectiva consiste na soma dos produtos de doses equivalentes a cada órgão ou tecido e do factor de ponderação tecidual ( $w_T$ ), sendo a unidade do SI o Sv (27).

$$H_E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

Quanto à dose colectiva é definida como a dose recebida por pessoa em Sv multiplicado pelo número de pessoas expostas por ano. Esta medida é usada geralmente para fins de protecção radiológica (27).



### 3. Interação da Radiação com as Células

No processo de interação da radiação com a matéria ocorre transferência de energia, que pode provocar ionização e excitação dos átomos e moléculas provocando alterações (pelo menos temporárias) na estrutura das mesmas. O dano mais importante é o que ocorre no DNA.

Quando a radiação ionizante atravessa a matéria, incluindo os tecidos, é depositada parte da sua energia no material atravessado, como resultado da interacção. A ionização resultante provoca alterações químicas nas células irradiadas que potencialmente pode levar a danos biológicos (29).

Contudo, nem todas as células vivas têm a mesma sensibilidade à radiação, podendo ser classificadas segundo a sua taxa de divisão, a qual também indica a sensibilidade relativa à radiação. Isto significa que diferentes sistemas celulares têm diferentes sensibilidades.

Ou seja, as células com alta taxa de proliferação são as mais sensíveis à radiação ionizante e são encontradas em tecidos de alta actividade mitótica ou tecidos denominados de resposta rápida. A radiosensibilidade é inversamente proporcional ao grau de diferenciação celular e directamente proporcional ao número de divisões celulares necessárias para que a célula alcance a sua forma adulta. Portanto, as células humanas mais radiosensíveis são as células da camada mais profunda da epiderme, os eritroblastos, as células da medula óssea e as formas imaturas dos espermatozóides. Ao contrário, células nervosas ou musculares, que não se dividem e são bem diferenciadas, são muito radiorresistentes (30).

Num indivíduo adulto, a grande maioria dos tecidos é constituída por células diferenciadas isto é, células que pouco se dividem ou que nunca o fazem. É o caso das células do tecido ósseo, do tecido muscular, do fígado, dos rins, dos pulmões e do coração. Contudo, há que ter em atenção o caso extremo de diferenciação celular, com perda quase total da capacidade de divisão das células nervosas, pois apesar de não serem das mais sensíveis à radiação, uma pequena alteração a nível do tecido nervoso pode causar alterações funcionais irreversíveis (10).

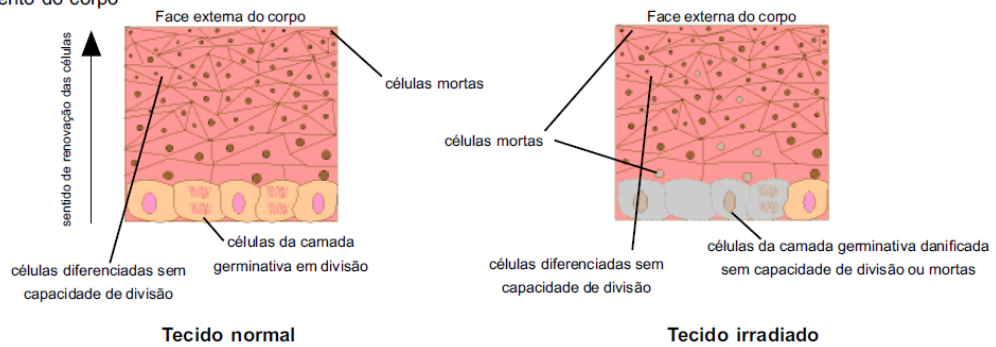
Quando uma lesão no DNA resultar na quebra da molécula, a célula passa a ter dificuldade em dividir o material genético entre as células filhas, que podem morrer após uma ou duas divisões subsequentes, como nos mostra a Figura 3. Assim, quanto menor a diferenciação celular maior a probabilidade de indução de morte por acção das radiações ionizantes (10).

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

---

Exemplo: camada de células do revestimento do corpo



**Figura 3** – Imagem representativa do efeito das radiações na pele (10).

Quando os utentes efectuam exames de raios-X, milhões de fótons passam através dos seus corpos. Esses fótons podem danificar qualquer molécula através da ionização, mas os danos do DNA nos cromossomas são particularmente graves. A maioria dos danos do DNA é imediatamente reparada, contudo, embora raramente, uma porção de um cromossoma pode ser permanentemente alterado, surgindo uma mutação. O período latente entre a exposição aos raios-X e o diagnóstico pode levar muitos anos (23).

#### **4. Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante**

As radiações ionizantes, no contexto biológico, são aquelas capazes de arrancar os electrões orbitais dos átomos com os quais interagem, nomeadamente os átomos de carbono, hidrogénio, oxigénio e azoto, pois são os mais frequentes nos meios biológicos. A quantidade de energia depositada pela radiação ionizante ao atravessar um material depende da natureza química do material e da sua massa específica (6).

Diferentes tipos de radiação diferem na maneira como interagem com o material biológico e portanto, iguais doses absorvidas não produzem, necessariamente os mesmos efeitos biológicos. Pois o risco para a saúde da exposição a uma dada radiação é expresso pelo factor de qualidade da mesma (14).

Para que ocorra ionização no material biológico a energia da radiação deve ser superior ao valor da energia de ligação dos electrões destes elementos (10).

Assim, os efeitos biológicos, são resultado da interacção da radiação com a matéria, e surgem principalmente devido à interacção da radiação com o material genético, ou moléculas associadas, onde lhe causarão danos irreversíveis ou reversíveis, de acordo com a eficiência do sistema de reparação celular do indivíduo exposto (31).

As características fundamentais dos efeitos biológicos das radiações são o polimorfismo, a não especificidade, a possível reversibilidade, a intransmissibilidade/transmissibilidade, o tempo de latência e a existência ou não de limiar.

Uma vez que os efeitos biológicos induzidos pela radiação ionizante são de natureza extremamente variável, e dependentes do órgão atingido, da dose administrada e das condições de irradiação, podemos dizer que o polimorfismo é uma das características fundamentais (26).

Por outro lado, a característica da não especificidade demonstra que os efeitos biológicos para além de serem provocados pela radiação podem ser provocados por outros factores que não a radiação. Embora certos critérios etiológicos e estatísticos permitam, por vezes, estabelecer uma relação de causa e efeito entre uma irradiação e determinadas lesões, muitas vezes essa relação não pode ser estabelecida (26).

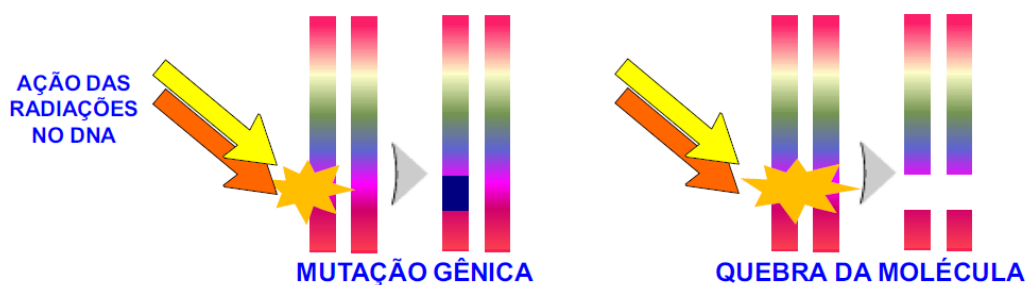
Em determinados casos, os efeitos biológicos produzidos pela radiação-X apresentam características de reversibilidade. Quando são induzidas alterações funcionais, estas são temporárias, seguindo-se uma restauração mais ou menos total. A nível celular, este poder de restauração parece relacionado com a capacidade da célula poder formar certos edifícios moleculares que entram na sua estrutura. Outras estruturas parecem ser demasiado complexas e especializadas para que a célula possa ressintetizá-las e o seu dano determinará efeitos irreversíveis. Assim, a restauração intervém em

todas as escalas, havendo lesões susceptíveis de restauração parcial, outras de restauração total e ainda outras como a necrose celular e as afecções cancerosas, totalmente irreversíveis (26).

A maior parte das lesões devidas à acção das radiações afectam uma célula ou um organismo mas não se transmitem às células ou organismos que deles derivam por divisão ou reprodução assexuada. É necessário, portanto, destacar e considerar como particularmente graves certos danos da estrutura celular que são transmissíveis de célula a célula e se manifestam pela anarquia da função reprodutora assim como as lesões do património hereditário, transportado pelas células reprodutoras, que propagam as anomalias na descendência da unidade biológica irradiada (26).

Quando são estudadas as relações entre doses de radiação e efeitos biológicos, é necessário ter em conta que existem certos efeitos, que para surgirem, exigem que a dose seja superior a um certo limiar, a dose limiar. Esta existência não significa que não haja acção nociva quando a dose é inferior a esse limiar, pois existem sempre fenómenos de ionização, com as respectivas consequências químicas e biológicas. Do mesmo modo que decorre sempre um tempo de latência entre o momento da irradiação e o aparecimento das lesões, esse tempo pode ser variável (26).

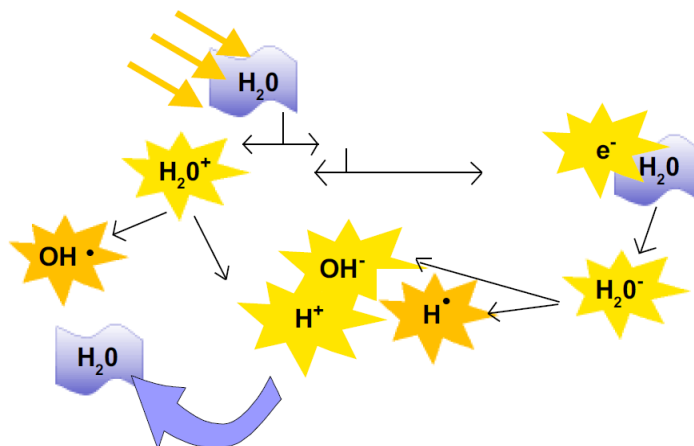
Os efeitos biológicos consistem na resposta natural do organismo a um agente agressor, não constituindo necessariamente, uma doença, já que os efeitos das interações das radiações ionizantes com as células podem surgir de forma directa, danificando uma macromolécula, ou de forma indirecta, interagindo com o meio e produzindo radicais livres. Essas modificações celulares podem ser reparadas através da acção das enzimas. Caso isso não ocorra, surgirão lesões bioquímicas que podem causar danos como morte celular prematura, alteração no processo de divisão celular e alterações genéticas, como se mostra na Figura 4 (10).



**Figura 4** – Esquema representativo sobre os danos radioinduzidos na molécula de DNA (10).

Os efeitos indirectos ocorrem em situações em que a energia é transferida para uma molécula intermediária (água por exemplo) cuja radiólise promove a formação de produtos altamente reactivos, capazes de lesar o DNA (6).

Em resumo, podemos dizer que a radiação tem a capacidade de ionizar a molécula da água, transformando-a em diversas espécies iónicas e radicalares como demonstrado na Figura 5. As espécies iónicas formadas são instáveis e altamente reactivas com as moléculas que constituem a célula (32).



**Figura 5** – Esquema representativo da radiólise da água (10).

O efeito directo é caracterizado pela transferência da energia da radiação para o DNA modificando a sua estrutura.

A fase da alteração biológica devida às radiações ionizantes inicia-se com reacções enzimáticas, que originam lesões em grande parte do DNA. Estas lesões podem ou não reparar-se, havendo sobrevivência da célula normal ou resultando em morte celular, mutações ou aberrações cromossómicas. A nível molecular a radiação ionizante, ao induzir lesões no DNA conduz a mutações. Estas podem ser pontuais, quando existe uma pequena substituição nucleótida, ou mutações que abrangem vários genes, como os rearranjos dos cromossomas. Os efeitos da radiação ionizante ao nível do material genético (DNA) são muito importantes nos processos desencadeantes da oncogénese, dos efeitos genéticos e hereditários (25).

Os efeitos biológicos podem ser classificados segundo o tempo de manifestação (imediate ou tardio), o nível de dano (somático ou genético) e a dose absorvida (estocásticos ou determinísticos), dependendo da taxa de exposição (crónica ou aguda), da forma da exposição (corpo inteiro ou localizada) e da dose absorvida (alta ou baixa) (10, 33).

Segundo a dose absorvida, os efeitos biológicos das radiações ionizantes, podem ser estocásticos ou determinísticos. A principal diferença entre eles é que os efeitos estocásticos causam a transformação celular enquanto os determinísticos causam a morte celular (18).

Os efeitos determinísticos são sempre somáticos, isto é, ocorrem apenas no indivíduo exposto, enquanto os efeitos estocásticos podem ser somáticos ou hereditários (34).

#### 4.1 Efeitos Determinísticos

Os efeitos determinísticos são aqueles consequentes à exposição a altas doses de radiação e dependem directamente da exposição (30).

Estes efeitos eram muito mais frequentes no início da utilização da radiação. No período desde a descoberta dos raios-X até aos anos 30 do século XX, quando as medidas de protecção começaram a ser utilizadas, mais de uma centena de radiologistas morreram devido aos efeitos determinísticos. Após a instituição de medidas de protecção, a frequência destes efeitos começou progressivamente a diminuir, e actualmente só são observados em casos de acidentes ou como efeito de terapias médicas com radiação ionizante (34).

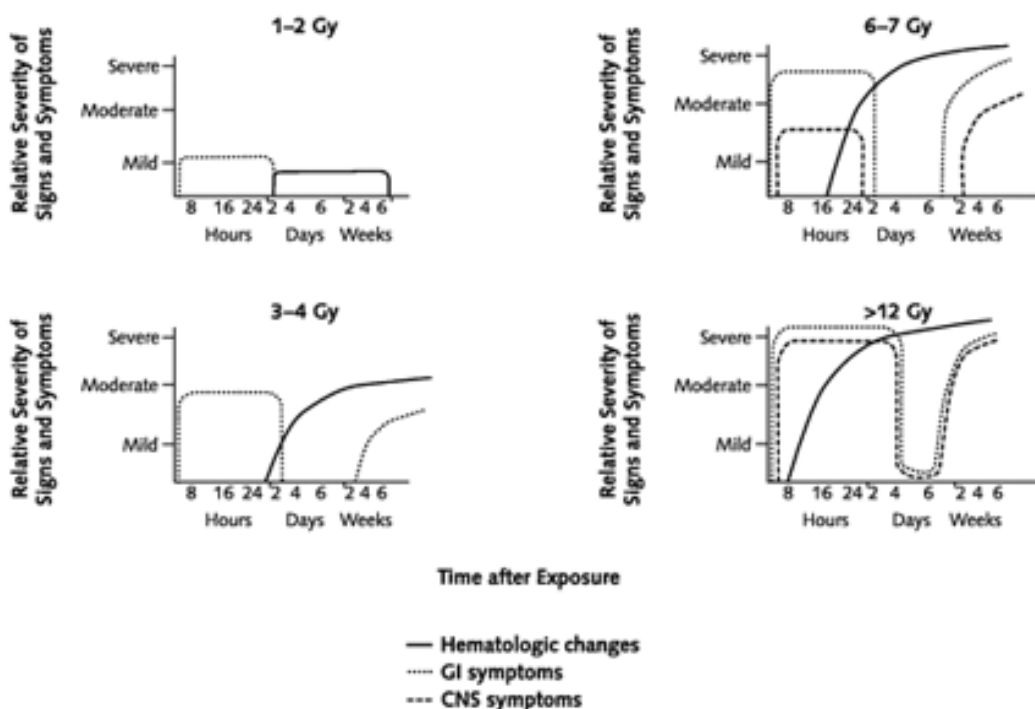
Os efeitos determinísticos levam à morte celular. Existindo uma relação previsível entre a dose e a dimensão do dano esperado, sendo que este só aparece a partir de uma determinada dose, isto é, existe um limiar de dose abaixo do qual não há efeito. A probabilidade de ocorrência e a severidade do dano estão directamente relacionadas com o aumento da dose, sendo as alterações provocadas, denominadas de somáticas. Quando a destruição celular não pode ser compensada, podem aparecer efeitos clínicos, se a dose estiver acima do limiar. De notar que, indivíduos diferentes apresentam sensibilidades diferentes e portanto, limiares diferentes (18).

A função de muitos órgãos e tecidos não é afectada por pequenas reduções do número de células existentes; contudo, se a redução for suficientemente grande serão clinicamente observáveis efeitos patológicos (25).

Apesar da reversibilidade, poder ocorrer, necrose celular, alterações fibróticas em órgãos internos, cataratas, leucopenia, náuseas, anemia, hemorragia, eritema e esterilidade podem surgir (18,33,35).

##### 4.1.1. *Síndrome Aguda da Radiação*

Um caso especial de um efeito determinístico é a síndrome aguda da radiação que resulta da irradiação de corpo inteiro. Se a dose for suficientemente alta, a morte pode resultar da depleção das células e da inflamação de um ou mais órgãos vitais do organismo, como podemos verificar na Figura 6 (34).



**Figura 6** – Severidade dos sinais e sintomas da síndrome aguda da radiação tendo em conta diferentes intervalos de doses. O risco contínuo representa o aparecimento das alterações no sistema hematopoiético, o risco pontilhado representa o aparecimento dos sintomas do sistema gastrointestinal e o risco tracejado representa o aparecimento dos sintomas do sistema Nervoso central (36).

Assim, as células mais sensíveis do nosso organismo ao serem expostas a estas doses significativas de radiação, vão apresentar grandes alterações. Esta síndrome é composta por quatro fases, a fase inicial, a fase latente, a fase de manifestação da doença e a última fase, a de recuperação (36).

Dependendo das doses e do tempo de latência da manifestação clínica esta síndrome pode ser dividida em três sub-síndromes, a síndrome hematopoiética, a síndrome gastrointestinal e a síndrome cerebral, como é mostrado na Tabela 4 (37).

**Tabela 4** – Efeitos da exposição aguda a radiação em adultos

<b>Forma</b>	<b>Dose Absorvida</b>	<b>Sintomatologia</b>
<b>Infraclínica</b>	Inferior a 1 Gy	Ausência de sintomatologia na maioria dos indivíduos
<b>Reacções Leves</b>	1-2 Gy	Astenia, náuseas, vômitos (3-6 horas após exposição)
<b>Hematopoiética</b>	2-6 Gy	Função medular atingida: linfopenia, leucopenia, trombocitopenia, anemia
<b>Gastrointestinal</b>	4-7 Gy	Diarreia, vômitos, hemorragias (morte em 5-6 dias)
<b>Pulmonar</b>	8-9 Gy	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14 e 36 horas
<b>Cerebral</b>	Superior a 10Gy	Morte em poucas horas por colapso

Adaptado Nouailhetas

#### Síndrome Hematopoiética

Quando, por acção das radiações, um número importante de células-tronco pluripotenciais são destruídas, estabelece-se a Síndrome do Sistema Hematopoético (10).

Nas semanas seguintes após a irradiação de corpo inteiro, ocorre uma crise hematológica, caracterizada por hipoplasia ou aplasia da medula óssea. Estas alterações resultam num quadro de imunodeficiência grave, associado à predisposição para infecções, hemorragias, incapacidade de cicatrização de feridas, que pode conduzir à morte (36).

#### Síndrome Gastrointestinal

A exposição à radiação pode induzir a perda das cristas intestinais e a consequente ruptura da mucosa. Estas alterações podem resultar em dor abdominal, diarreia, náuseas e vômitos, que surgem poucas horas após a exposição a altas doses (36).

O tempo decorrido entre a exposição e o aparecimento de lesões depende da energia transferida pela radiação ao tecido e do tempo de trânsito das células das camadas mais internas para as camadas mais externas do tecido (10).

Os quadros que apresentam ulcerações intestinais são praticamente irreversíveis. Caso o doente possa ser controlado, a dose capaz de produzir ulceração a partir do quarto dia desencadeará a síndrome do sistema hematopoético a partir do décimo dia (10).



### Síndrome Cerebral

Esta síndrome é bem menos definida das que as descritas anteriormente. Surgindo após a irradiação de corpo inteiro com doses absorvidas superiores a 10 Gy e pode causar morte entre as 24 e as 48 horas após a exposição, mesmo antes de surgirem as manifestações clínicas das outras síndromes (37).

Minutos após a exposição o doente apresenta sensação de queimadura, náuseas severas e habitualmente vômitos. Para além destes sintomas podem apresentar também diarreia, edema, eritema, desorientação e prostração (37).

#### *4.1.2. Efeitos das Radiações no Desenvolvimento Embrionário*

A especial preocupação na realização de exames de imagem que utilizam radiação ionizante em doentes grávidas ou a amamentar reside nos riscos potenciais a que o feto está exposto (28).

Como tal, em comparação com outras práticas de rotina médica, a exposição radiológica tem outras considerações éticas, pois ao avaliar os riscos e benefícios do exame, temos que ter em conta dois indivíduos. Se a mãe pode ter benefício directo desse exame, o feto não. Contudo, temos que também ter em atenção se a condição médica da mãe é potencialmente fatal e se o exame ajudará na sua sobrevivência e nesse caso o feto terá também um benefício directo (38).

Os efeitos biológicos decorrentes da exposição à radiação ionizante pelo feto estão relacionados com a idade gestacional e a dose absorvida por este, tal como podemos observar na Tabela 5. Os efeitos mais significativos ocorrem durante a organogénese. Podendo estes efeitos ser divididos em quatro categorias: óbito intra-uterino, malformações, distúrbios do crescimento e desenvolvimento e efeitos mutagénicos e carcinogénicos (38).

Geralmente, baixas doses de radiação absorvida podem provocar dano celular transitório e passível de ser reparado pelo próprio organismo. Por outro lado, altas doses de radiação podem interromper o desenvolvimento e a maturação celular, provocando a morte fetal ou malformações (30).

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

**Tabela 5 – Período gestacional e possíveis efeitos da radiação**

<b>Período</b>	<b>Possíveis Efeitos</b>
<b>0-2 Semanas (Pré-Implantação)</b>	Morte Embrionária Nenhum Efeito
<b>2-8 Semanas (Organogénese)</b>	Malformações Congénitas Retardo no Crescimento
<b>8-15 Semanas</b>	Retardo Mental (Alto Risco) Déficit Intelectual Microcefalia/Hidrocefalia
<b>16-30 Semanas</b>	Retardo Mental (Baixo Risco) Inibição do Crescimento Microcefalia
<b>Após a 32ª Semana</b>	Sem Risco Significativo

Adaptado de Hospital Israelita Albert Einstein

O embrião é mais sensível aos efeitos da radiação ionizante nas duas primeiras semanas de gestação. Durante este período, o embrião exposto à radiação permanecerá intacto ou será reabsorvido ou abortado. Considera-se risco de morte fetal neste período quando a exposição for superior a 100 mGy (30).

Da segunda à oitava semana de gestação, quando ocorre a organogénese, o dano no embrião pode ser decorrente de morte celular induzida pela radiação, distúrbio na migração e perturbação na proliferação celular. Deste modo, podem ocorrer malformações congénitas e atraso no crescimento (28,30).

Na fase da oitava à décima-quinta semana podem ocorrer graves anomalias no sistema nervoso central, que está em formação, como por exemplo, hidrocefalia e microcefalia. Quando o feto é exposto a doses superiores a 100 mGy, pode ocorrer uma diminuição mensurável do quociente de inteligência (QI) (38).

Outro efeito importante da exposição da radiação no útero é a deficiência mental. Este efeito é resultado da deficiência na proliferação, diferenciação, migração e conexão das células neurais, no momento em que o tecido em questão, córtex cerebral, está a ser estruturado (34).

E já entre a décima-sexta e trigésima semana de gestação permanecem os riscos de atraso mental, inibição do crescimento do feto e microcefalia. No entanto, após a 32ª semana de gestação não há riscos significativos para o feto, exceptuando-se um possível aumento do risco de desenvolver uma neoplasia maligna durante a infância ou a maturidade (30).

#### 4.2 Efeitos Estocásticos

Os efeitos estocásticos são aqueles não aparentes e que se manifestam meses ou anos após exposição à radiação, não permitindo estabelecer claramente uma relação de "causa e efeito". Estão relacionados com baixas doses de radiação, como aquelas decorrentes de exposições frequentes às quais os profissionais que trabalham com radiação estão sujeitos. Ao contrário dos efeitos determinísticos, é difícil estabelecer com segurança uma relação causal entre o efeito estocástico e a exposição à radiação ionizante, em virtude da grande quantidade de variáveis envolvidas e do longo tempo de latência (30).

Os efeitos mais relevantes são a mutação e a carcinogénese, ou seja, pode ocorrer uma alteração aleatória no DNA de uma única célula que no entanto, continua a dar origem a outras células, levando à transformação celular. Quando o dano ocorre numa célula germinativa, podem ocorrer efeitos hereditários (18).

As células modificadas podem, em alguns casos, iniciar uma transformação maligna e conduzir ao desenvolvimento de um clone maligno e, finalmente, a um cancro declarado (25).

A severidade dos efeitos estocásticos não depende da dose absorvida, e baseia-se em modelos matemáticos de probabilidade. Quanto maior a dose absorvida, maior será a probabilidade de ocorrência dos efeitos. Diferentemente dos efeitos determinísticos, não há limiar de dose a partir do qual eles possam ocorrer (28).

É o tipo e a localização do tumor ou a anomalia resultante que determina a severidade do efeito. No entanto, o organismo apresenta mecanismos de defesa muito eficientes. A maioria das transformações neoplásicas não evolui para cancro. Quando estes mecanismos de defesa falham, após um longo período de latência, o cancro pode aparecer. Por exemplo, a leucemia terá um período de latência entre 5-7 anos e os tumores sólidos cerca de 20 anos (18).

Tumores altamente malignos podem ser causados por doses baixas, enquanto os benignos por doses altas, e são de difícil avaliação experimental, devido ao longo período de latência (33).

##### 4.2.1 *Efeitos Somáticos*

Os efeitos somáticos das radiações são aqueles que afectam apenas os indivíduos irradiados, não se transmitindo para os seus descendentes. Podem ser classificados em efeitos imediatos e tardios. Os efeitos imediatos são aqueles que ocorrem num período de horas até algumas semanas após a irradiação. Os efeitos tardios surgem vários meses ou anos após a exposição à radiação (33).

A gravidade destes efeitos dependerá basicamente da dose recebida e da região atingida. Isso deve-se ao facto de que diferentes regiões do corpo reagirem de formas diferentes ao estímulo da radiação (6).

Os efeitos somáticos imediatos produzidos pela exposição aguda surgem no sistema hematopoiético, com o aparecimento de leucopenia, anemia e trombocitopenia, no sistema vascular com obstrução dos vasos e fragilidade vascular e no sistema gastrointestinal com o aparecimento de lesões na mucosa e com as secreções alteradas (6).

Os efeitos somáticos tardios são difíceis de distinguir, pois demoram a aparecer e não se sabe ao certo se a patologia se deve à exposição à radiação ou se ao processo de envelhecimento natural do ser humano. Por esta razão a identificação dos efeitos tardios causados pelas radiações só podem ser feitos em situações especiais (6).

#### 4.2.2 Efeitos Genéticos

Nos efeitos genéticos os danos provocados nas células que participam do processo reprodutivo de indivíduos que foram expostos à radiação, podem resultar em defeitos ou malformações em indivíduos da sua descendência (33).

A probabilidade de ocorrência dos efeitos genéticos, depende da dose. Danos genéticos ocorrem após irradiação dos testículos e dos ovários. A radiação ionizante pode induzir mutações nos espermatozoides e nos ovócitos. Essas mutações que podem dar origem a efeitos nocivos em gerações futuras. As mutações ocorrem como resultado de mudanças estruturais do DNA das células germinativas. As doenças hereditárias que podem surgir, variam em severidade, podendo ir de pequenas alterações metabólicas e anomalias esqueléticas, até a graves problemas mentais e morte precoce (14).

## 5. Exames Imagiológicos

A grande evolução da Radiologia, enquanto especialidade médica deu-se a partir dos anos 70-80 do século XX, com os grandes avanços tecnológicos e científicos, que permitiram um diagnóstico mais preciso. Desde então, a Radiologia vem tendo um grande espaço na prática clínica. O aparecimento de novos métodos diagnósticos tais como a ultrassonografia, a mamografia digital, a densitometria óssea, a tomografia computadorizada multicorte (TC), a tomografia por emissão de positrões (PET) e a ressonância magnética (RM), assim como métodos híbridos como PET/TC ou PET/RM fizeram surgir uma nova imagiologia (39).

O recurso aos exames imagiológicos constitui um dos elementos aceites da prática clínica e justifica-se se houver claras vantagens para o utente que contrabalancem largamente o pequeno risco associado às radiações (40).

Os níveis de dose aplicados, aquando de um exame imagiológico, em princípio, é determinado pela qualidade de imagem necessária e pela região anatómica que se pretende observar, de maneira a satisfazer os objectivos específicos da clínica. Na prática, inúmeros factores estão relacionados, nomeadamente o equipamento utilizado e os procedimentos adoptados (34).

De notar, que a RM e a ultrassonografia são exames em que não se utiliza radiação ionizante, sendo à partida métodos inócuos e não invasivos. Enquanto na primeira são utilizados campos electromagnéticos, na segunda são utilizados ultrassons.

Ao longo dos tempos, as várias organizações internacionais têm promovido a redução de dose nas exposições dos diversos exames imagiológicos, tendo os próprios equipamentos sido alterados de modo a debitar a menor dose possível (41).

### 5.1 Radiologia Convencional

A radiografia convencional é hoje uma ferramenta essencial na detecção e diagnóstico de patologia do tórax, abdómen, pélvis, mama, e osso, continuando a ser utilizado na avaliação inicial do utente (42).

A radiografia é uma técnica de diagnóstico em que se regista a permeabilidade dos tecidos aos raios-X. A radiação sai do equipamento, atravessando o corpo do utente, formando as imagens pretendidas. A simplicidade do procedimento, o baixo custo e a rapidez são as grandes vantagens deste método. Actualmente esta técnica representa cerca de 80% de todos os exames de imagem (39).

Este exame pode ser descrito como postero-anterior (PA) ou antero-posterior (AP). Estes termos indicam a direcção na qual os feixes de raios-X atravessam o utente em direcção ao detector. PA significa que o feixe entrou pela face posterior do utente e saiu pela face anterior, já o AP significa

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

que o feixe entrou pela face anterior do utente e saiu pela face posterior do mesmo. A posição é importante, pois pode afectar a interpretação da imagem, já que nas duas projecções os órgãos têm diferentes topologias (43).

Por outro lado, temos que ter também em conta o contraste radiológico. Contraste é definido como a diferença de densidade entre áreas adjacentes da imagem radiográfica, sendo a sua função tornar os detalhes anatómicos de uma radiografia mais visíveis (44).

Na Tabela 6 podemos observar as variações de dose a que cada exame corresponde, segundo a UNSCEAR (41).

**Tabela 6** – Resumo de dose efectiva que o doente pode receber aquando de um exame radiológico convencional

Exame	Dose efectiva (mSv)
PA Crânio	0,027- 0,1
AP Coluna lombar	0,44-1,1
AP Pélvica	0,295-0,75
AP Abdómen	0,28-1,05
Densitometria óssea	0,0005-0,035
Mamografia	0,23-0,4
PA Tórax	0,017-0,05
Urografia	2,4-3,00

Adaptado de UNSCEAR 2008 Report

#### Radiografia PA do crânio

Como em outras partes do corpo, a radiografia do crânio exige um bom entendimento de toda a anatomia relacionada. De destacar a confusão que não deve ser feita entre suturas cranianas e sulcos vasculares ou até fracturas (43,44).

Este exame permite visualizar os seios da face, os ossos da face e os ossos da mandíbula. Este tipo de exame é realizado com alguma frequência quando o doente sofre uma lesão na cabeça, quando existe suspeita de haver infecção sinusal ou uma fractura dos ossos da face ou da cabeça (45).

As indicações para procedimentos radiográficos do crânio têm diminuído devido à disponibilidade crescente de outras modalidades, uma vez que a radiografia do crânio dá informação sobre os ossos cranianos, mas não dá nenhuma informação directa acerca do conteúdo intracraniano (42,43).

#### Radiografia AP da Coluna Lombar

A radiografia da coluna lombar permite-nos visualizar as vértebras e as facetas articulares que a constituem. Este exame está sobretudo indicado para situações de lombalgia, traumatismo, alterações degenerativas, lesões inflamatórias e infecciosas, tumores, entre outras (47). Contudo há um elevado número de problemas na coluna que uma simples radiografia da coluna não detecta, nomeadamente quando há envolvimento dos músculos, nervos e tecidos moles. Nestas circunstâncias há necessidade de se recorrer à TC ou à RM, que são melhores opções para visualizar estas estruturas (44).

#### Radiografia AP Pélvica

A radiografia pélvica é efectuada quando o doente revela dor na bacia ou na articulação. Este exame geralmente é efectuado para detectar artrites, fracturas ou outro tipo de ferimentos, pois permite uma boa visualização da anatomia óssea. Porém tem a grande desvantagem, de a imagem obtida poder ficar comprometida devido ao conteúdo intestinal (45).

#### Radiografia AP do Abdómen

A radiografia abdominal produz uma imagem radiográfica que engloba todos os órgãos do abdómen, nomeadamente os rins, a bexiga e o estômago, permitindo também visualizar padrões de gases do intestino e do contorno inferior do fígado (45).

Este exame deve ser solicitado quando os doentes sofrem uma lesão na região abdominal ou têm dor abdominal, sendo utilizado principalmente para avaliar calcificações e perfuração ou obstrução intestinal. Sendo um exame preliminar para todos os outros estudos, nomeadamente a TC, a urografia, o clister opaco, entre outros (42).

#### Radiografia PA do Tórax

As radiografias do tórax são dignas de especial destaque, uma vez que são o exame imagiológico mais prescrito. O tórax é uma das regiões anatómicas mais desafiadoras para radiografar, devido às diferenças de densidades dos vários tecidos desta região. Ao longo dos últimos anos, a radiografia convencional do tórax, provou ser um grande auxílio na prática clínica (11).

Uma enorme quantidade de informação clínica pode ser obtida a partir deste exame, quando está apropriadamente exposto e cuidadosamente posicionado. Apesar dos factores técnicos serem projectados para uma visualização óptima dos pulmões, o contraste natural deste órgão fornece uma janela que permite visualizar o coração, o esófago e a caixa torácica (41, 42).

Mesmo sendo o mais simples de todos os procedimentos radiográficos, a radiografia do tórax também é o exame que gera um maior número de repetições. Como tal, deve-se minimizar as exposições desnecessárias à radiação (41).

### Mamografia

Na década de 90 do século XX, a mamografia tornou-se um dos exames imagiológicos mais importantes e solicitados, uma vez que a imagem tem excelente resolução, contraste e densidade para detecção de lesões mamárias, sendo este exame a chave para a sobrevivência de muitos utentes com cancro da mama (41,42).

Este tipo de exame é realizado como parte de uma avaliação global do órgão, que inclui a história clínica, pesquisa de sinais e sintomas, o que permite um diagnóstico mais preciso e um tratamento individualizado, de acordo com as necessidades da doente (42).

Contudo, não há um consenso geral na Europa, acerca da dose a utilizar na mamografia para uma boa qualidade. Assim, o maior benefício de uma mamografia convencional é uma imagem excelente com a menor dose possível de radiação, permitindo que a mulher seja examinada regularmente (11,41).

Neste exame utiliza-se uma baixa diferença de potencial e o tecido é comprimido de modo a realçar o contraste entre microcalcificações e tecido mole. Esta técnica permite revelar diferenças subtis na densidade e composição do parênquima e a presença de microcalcificações (32).

O objectivo principal deste exame é a detecção precoce do cancro da mama, enquanto que o objectivo secundário é a avaliação da doença benigna, tal como os quistos, infecções, complicações de implantes e traumatismos (42).

### Densitometria

A determinação do conteúdo mineral do osso, é de reconhecida importância em algumas patologias, nomeadamente na osteoporose e osteodistrofia renal, bem como na avaliação e estudo da evolução dos processos de regeneração da massa óssea (26).

A avaliação do conteúdo mineral dos ossos por densitometria é usada no diagnóstico e tratamento de doentes com patologias ósseas metabólicas. Nos últimos 30 anos, esta técnica têm sido extremamente desenvolvida (11).



Este exame permite a medida não invasiva da massa óssea, com precisão de até 1%, e a dose cutânea é extremamente baixa. Geralmente é a coluna lombar a área avaliada no estudo da densidade óssea (44).

#### Urografia

A história da urografia começa no ano de 1920 com o aparecimento do contraste iodado, o que permite uma avaliação do sistema excretor renal. Esta técnica foi "rainha" no estudo das doenças urológicas, tais como hipertensão arterial, pesquisa de massa renal, cólica renal, infecções do trato urinário, hematuria, entre outras (46).

A importância desta técnica deve-se ao facto de radiografia simples do abdómen mostra muito pouco do sistema urinário. Assim, para a realização da urografia é utilizada uma substância iodada, opaca aos raios-X, que é administrada por via endovenosa e eliminada por via renal. Deste modo, é possível delinear as sombras renais e estudar a eliminação renal, bem como opacificar e avaliar os trajectos ureterais (44).

## 5.2 Tomografia Computorizada

A Tomografia Computorizada (TC) é actualmente uma das mais importantes práticas radiológicas em todo o mundo. A tendência de utilização crescente da TC verifica-se desde há duas décadas e tem como consequência o aumento substancial da exposição de doentes a doses de radiação ionizante, comparativamente às doses de radiação que estariam expostos utilizando outras técnicas de imagiologia. Em comparação com as radiografias convencionais, a TC utiliza cerca de 10 a 100 vezes mais dose de radiação. A dose para o doente e a dose colectiva resultante dos exames de TC para fins médicos, constituem um problema de Saúde Pública que inquieta especialistas em diversos países europeus e nos Estados Unidos da América, entre outros (5).

A TC representa hoje em dia provavelmente metade da dose colectiva decorrente de todos os exames radiológicos. É, por conseguinte, muito importante que a requisição de uma TC seja plenamente justificada e que se adoptem técnicas que minimizem a dose e assegurem simultaneamente a obtenção de informação diagnóstica relevante (48).

No entanto, trata-se de um pequeno excesso de risco, quando comparado com o elevadíssimo risco global de cancro (quase 1 para 3), geralmente mais do que compensado pelas vantagens decorrentes da TC (40).

A principal vantagem da TC é o facto de permitir o estudo por secções, a maior parte das vezes transversais do corpo humano vivo. Esta particularidade traduz-se numa melhoria sem precedentes em relação às capacidades da radiografia convencional, pois permite a detecção ou o estudo de anomalias que não seria possível senão através de métodos invasivos (49).

Na Tabela 7 podemos observar as variações de dose a que cada exame corresponde, segundo a UNSCEAR (41).

**Tabela 7** – Resumo de dose efectiva que o doente pode receber durante um exame de TC

Exame	Dose efectiva (mSv)
TC Abdominal	3,1-16,1
TC Pélvica	6-15,7
TC do Crânio	0,9-7,9
TC Torácica	2,3-12,9

Adaptado de UNSCEAR 2008 Report

### TC Abdominal

As imagens transversais de TC em vários níveis do abdómen permitem mostrar as relações anatómicas dos órgãos digestivos e os seus órgãos acessórios (44).

Actualmente é o procedimento mais comum utilizado para a imagem da patologia abdominal, pois permite a visualização dos diversos órgãos assim como o peritoneu e o retroperitoneu, algo que não é possível com uma radiografia convencional (43).

A TC é muito útil na avaliação e diagnóstico prematuro de pequenas neoplasia envolvendo órgãos abdominais como o fígado e o pâncreas, ou casos de aneurisma ou de abscesso (44).

### TC Pélvica

A anatomia da pélvis é bem demonstrada pela TC, sendo útil para adicionar informações anatómicas ou patológicas às já obtidas pelas radiografias convencionais. Deste modo, permite uma avaliação do envolvimento das partes moles, ou a determinação da extensão das fracturas (44,47).

É um exame extremamente importante em casos de traumas complexos, pois permite uma visualização de reconstruções tridimensionais, úteis para adicionar informação relevante (42).

### TC do Crânio

A TC do crânio, revolucionou os exames do sistema nervoso central, pois pela primeira vez as estruturas normais e patológicas podem ser vistas directamente com risco mínimo para a vida do utente (42).

Neste momento é o principal método de neuroimagem, sendo mais rápido e barato do que a imagem de RM e é mais informativo do que as radiografias simples do crânio. As principais vantagens deste exame é então o custo, a rapidez e a praticabilidade, levando a que actualmente seja um exame amplamente utilizado para avaliação de lesões na cabeça (46).

Este exame fornece imagens transversais do cérebro e dos ossos do crânio nos planos axial, sagital e coronal, enquanto que as imagens convencionais fornecem uma imagem em duas dimensões. Esta técnica permite também visualizar e diferenciar tecidos moles, permite a observação directa do conteúdo intracraniano e anomalias associadas a doenças neurológicas, fazendo o diagnóstico diferencial entre coágulos sanguíneos, substância branca e cinzenta, liquido cefalorraquideano, edema cerebral e neoplasias. Havendo também a possibilidade de escolher a janela ideal para destacar tecidos específicos (42,44).

### TC do Tórax

A TC torácica melhorou consideravelmente a imagem do tórax, devido à sua resolução de contraste muito superior, à sua extrema capacidade de distinguir estruturas anatómicas normais de patológicas e à capacidade de produzir imagens de corte. Deste modo, elimina-se a sobreposição de estruturas característica da radiografia do tórax. Por outro lado, neste exame muitas vezes recorre-se à administração de contraste endovenoso, o que leva à opacificação das artérias e veias, o que facilita o reconhecimento de massas anormais ou gânglios linfáticos (42).

Este exame é utilizado para avaliar melhor as lesões detectadas nas radiografias simples do tórax, como nódulos pulmonares, massas mediastínicas, tumores, entre outros (50).

Ou seja, os varrimentos de TC são usadas principalmente como suplemento das radiografias convencionais, quando se deseja um contraste de alta sensibilidade (47).

### **Objectivos**

Com a elaboração deste trabalho, pretende-se avaliar os conhecimentos dos médicos de medicina geral e familiar acerca dos efeitos biológicos da radiação-X. Estes conhecimentos, de extrema importância, são essenciais para a correcta prescrição de exames imagiológicos. Desta forma é necessário que os clínicos fiquem alertados para os efeitos que a radiação-X pode provocar, quando há uma exposição excessiva. É necessário que haja uma consciencialização do excesso de prescrição que é feito desnecessariamente, sem trazer benefício para o indivíduo exposto e posteriormente haja uma diminuição dessa mesma prescrição e conseqüentemente uma diminuição de exposição à radiação-X.

### **Materiais e Métodos**

Este estudo surge devido à constatação, por parte dos serviços de imagiologia, do excesso de prescrições de exames imagiológicos, repetições de exames num curto espaço de tempo sem que seja de supor qualquer alteração no quadro clínico e solicitação de exames que em nada acrescem o diagnóstico.

Algo comprovado pela comunicação efectuada pela Comissão Europeia ao Parlamento Europeu. Nesta comunicação é revelado que a exposição global da população a radiação ionizante, devido a actos médicos, ultrapassa qualquer outra forma de exposição a radiação ionizante. Actualmente, em todo o mundo, o número de exames imagiológicos é de cerca de 4 mil milhões por ano, existindo deficiência significativa na aplicação prática do sistema de justificação dos exames, constituindo os actos medicamente injustificados pelo menos um quinto do número total de exames (51).

O trabalho por nós proposto consistiu num estudo quantitativo do tipo descritivo, com o qual se pretendeu avaliar o conhecimento dos médicos de medicina geral e familiar acerca dos efeitos da radiação-X e dos níveis de exposição de cada exame imagiológico.

Para proceder à sua execução, aplicou-se um questionário de resposta fechada, aos médicos de diversos Centros de Saúde, onde foram efectuadas questões acerca dos níveis de exposição a que cada exame corresponde e quais os efeitos que a radiação-X pode provocar.

Posteriormente, analisaram-se as respostas obtidas, tendo como base os relatórios de 2000 e 2008 da UNSCEAR, para poder retirar algumas conclusões importantes que possam ajudar na consciencialização da população médica acerca dos efeitos da radiação-X no organismo.

Nenhuma pessoa deve ser submetida a uma exposição radiológica médica, diagnóstica ou terapêutica, a não ser que a mesma tenha sido justificada pelo médico responsável tendo em conta o benefício potencial directo para a saúde do indivíduo ou para a sociedade onde está inserido.

Assim, o médico que prescreve o exame deve ter sempre em conta a eficácia, os benefícios e os riscos das técnicas alternativas disponíveis com o mesmo objectivo mas que envolvam menos ou nenhuma exposição a radiações ionizantes e os critérios de referência adequados para as exposições a prescrever, no caso de exposição para diagnóstico.

Uma vez que, são os médicos de medicina geral e familiar que mais utentes têm e, como consequência, mais exames imagiológicos prescrevem, houve a necessidade de tentar perceber se quando estes fazem essa prescrição compreendem o risco/benefício associado à realização do exame.

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos Inquéritos a Clínicos Gerais

---

Como tal, o principal objectivo deste estudo foi perceber até que ponto os médicos de medicina geral e familiar, estão informados acerca dos efeitos e das doses de exposição a que os utentes estão expostos aquando da realização destes exames.

## **I. População Alvo e Amostra do Estudo**

Para atingir o objectivo proposto e tendo em conta a necessidade de limitar o estudo a uma área geográfica definida, dadas as limitações temporais, optou-se por seleccionar como unidades de análise os Agrupamentos de Centros de Saúde (ACES) do Pinhal Interior Norte I e do Baixo Mondego I, num total de dezasseis Centros de Saúde, Vila Nova de Poiares, Góis, Tábua, Oliveira do Hospital, Arganil, Lousã, Miranda do Corvo, Pampilhosa da Serra, Penacova, Santa Clara, S. Martinho do Bispo, Celas, Norton de Matos, Fernão de Magalhães, Condeixa e Eiras. Destes, três decidiram não participar.

Recorreu-se assim a uma amostra não probabilística por conveniência, obedecendo ao seguinte critério de selecção: médicos de medicina geral e familiar dos Centros de Saúde seleccionados.



## **2. Instrumento de Recolha de Dados**

Tendo em conta os objectivos deste estudo, a bibliografia consultada, o tempo para a sua realização, as características inerentes à população e o menor enviesamento nas respostas, optou-se pela aplicação de um questionário de escolha múltipla auto-administrado, onde só uma das alíneas está correcta.

Assim, o questionário é composto basicamente por quatro partes. A primeira parte corresponde à caracterização biográfica dos participantes do estudo, a segunda parte à experiência profissional dos inquiridos, na terceira parte são feitas perguntas acerca dos efeitos da radiação-X e na última parte são feitas perguntas acerca dos níveis de exposição de cada exame imagiológico.

### **3. Recolha de Dados**

A recolha de dados obedeceu a diferentes fases. Primeiro, foi pedida autorização aos Coordenadores Executivos dos ACES onde se decidiu fazer o estudo. Seguidamente, foram pedidas autorizações aos Coordenadores dos respectivos Centros de Saúde. Posteriormente, os Coordenadores, foram devidamente esclarecidos acerca dos objectivos do estudo, da informação que se pretendia obter com a investigação e da total confidencialidade e anonimato dos dados, a fim de poderem transmitir aos médicos e assim decidirem livremente acerca da sua participação ou não.

#### **4. Análise Estatística**

Após a recolha dos dados procedeu-se à análise estatística dos mesmos, que foi feita no SPSS, versão 19, tendo os testes estatísticos sido avaliados ao nível de significância de 5%.

Inicialmente, utilizou-se o teste t-Student para amostras emparelhadas, para comparar os valores médios obtidos em cada grupo de perguntas, uma vez que estas variáveis se ajustam a uma distribuição normal.

Posteriormente, para analisar os resultados obtidos pelos dois ACES, recorreu-se ao teste t-Student para amostras independentes, tendo em conta a variável Total (que representa a totalidade das perguntas do questionário) e a variável Total\_G2 (que representa as perguntas do grupo 2). Para a variável Total\_G1 (que representa as perguntas do grupo 1) foi utilizado o teste de Mann-Whitney, para comparar as instituições, uma vez que o desvio à normalidade é substancialmente grande no ACES do Baixo Mondego I. Assim sendo, também a comparação entre Total\_G1 e Total\_G2, no Baixo Mondego, foi efectuada através do teste de Wilcoxon. O ajustamento à distribuição normal foi avaliado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

## Resultados

Pelos treze Centros de Saúde, que aceitaram participar no estudo, foram distribuídos 104 questionários pelos médicos de medicina geral/familiar. Destes, apenas 40 aceitaram preencher o referido questionário, ou seja, a adesão foi de 38,5%. Cada questionário, demorou em média 20 minutos a ser preenchido.

Dos 40 questionários preenchidos 14 foram respondidos pelos médicos do ACES Pinhal Interior Norte I e os restantes 26 pelos médicos do ACES Baixo Mondego I, tal como está descrito na Tabela 8.

**Tabela 8** – Distribuição da amostra pelos ACES

ACES	N	%
Pinhal Interior Norte I	14	35
Baixo Mondego I	26	65
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Após a análise da caracterização biográfica e da experiência profissional dos médicos em estudo, verificou-se que média de idades dos participantes foi de 47,58 anos, com um desvio padrão de 12,28 para um máximo de 62 e um mínimo de 24 anos, tal como está apresentado na Tabela 9.

**Tabela 9** – Distribuição de indivíduos por idade

	N	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
<b>Idade</b>	40	24	62	47,58	12,28

A maioria dos inquiridos, são do sexo feminino, 62,5%, enquanto que 37,5% são do sexo masculino.

Destes médicos 90% são licenciados, enquanto os restantes 10% têm o mestrado.

A maior parte dos inquiridos, cerca de 75% têm mais de 10 anos de serviço, já 15% têm menos de 5 anos de serviço e os restantes 10% têm entre 5 e 10 anos de serviço.

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

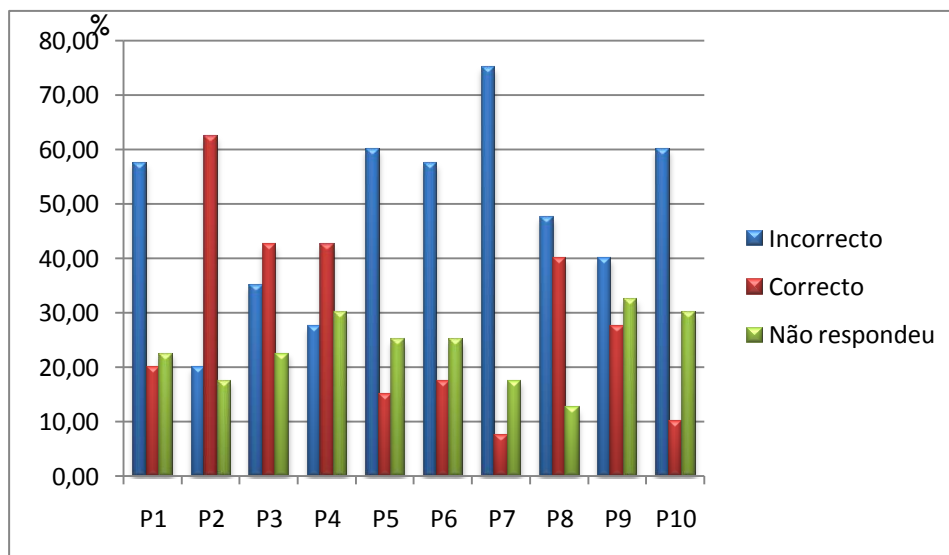
Todos os médicos já prescreveram exames imagiológicos aos seus utentes, sendo que 50% diz que prescreve menos de 10 exames por semana, 37,5% prescreve entre 10 e 20 exames por semana e 12,5% diz que prescreve mais de 20 exames por semana.

Quando perguntado qual a idade média dos seus utentes 60% responde que os seus utentes têm mais de 50 anos.

Posteriormente, fez-se a análise das respostas obtidas na terceira e quarta parte. O grupo onde se aborda o conhecimento dos efeitos da radiação-X, é composto por 10 perguntas e o outro grupo onde são postos à prova os conhecimentos acerca dos níveis de exposição dos diversos exames imagiológicos, é composto por 11 perguntas.

Após a análise dos questionários observou-se que no primeiro grupo de questões, onde é abordado o conhecimento dos efeitos da radiação-X, a maioria das perguntas foi respondida incorrectamente e apenas em 3 perguntas a percentagem de respostas correctas foi superior à percentagem de respostas incorrectas, tal como se observa no Gráfico 2.

**Gráfico 2** – Resultados em percentagem das respostas às perguntas sobre os efeitos da radiação-X



A questão nº2 onde era perguntado quais os tecidos mais sensíveis à radiação-X, foi a questão com maior percentagem de respostas correctas, 62,5%, e onde 20% dos inquiridos respondeu incorrectamente.

Quanto à questão nº7, onde se perguntava quais os efeitos somáticos que podem ser causados pela radiação-X, foi a pergunta com o maior percentagem de respostas incorrectas, 75% e onde apenas 7,5% dos inquiridos respondeu correctamente.

Na questão nº1 pretendia-se saber se os efeitos da radiação-X são semelhantes aos efeitos de algum outro tipo radiação. Aqui apenas 20% das respostas foram correctas, enquanto que 22,5% dos médicos não respondeu a esta questão e 57,5% das respostas foram incorrectas.

As questões nº3 e nº4 foram, em conjunto com a questão nº2 as únicas em que a percentagem de respostas correctas é superior às respostas incorrectas. Na questão nº3, pretendia-se saber qual a resposta que melhor define os efeitos biológicos provocados pela radiação-X, aqui a percentagem de respostas correctas foi 42,4% e de respostas erradas 35%. Já na questão nº4, onde se perguntava a diferença entre efeitos determinísticos e efeitos estocásticos, a percentagem de respostas correctas foi de 42,5% e houve uma percentagem significativa, 30%, de inquiridos a não responder, consequentemente 27,5% dos inquiridos respondeu incorrectamente.

Na questão nº5, eram pedidos exemplos dos efeitos determinísticos e na questão nº6 eram pedidos exemplos de efeitos estocásticos, a percentagem de respostas incorrectas juntamente com as não respondidas é extremamente elevada, 85% e 82,5% respectivamente. Apenas 15% respondeu correctamente à pergunta nº5 e 17,5% à pergunta nº6.

Em relação à questão nº8, onde se perguntava qual o período com maior probabilidade para ocorrer uma malformação do feto, quando a gestante é exposta durante uma radiografia do abdómen, é onde há uma menor diferença entre as respostas incorrectas, 47,5% e de respostas correctas, 40%.

A questão nº9 foi a pergunta onde houve maior percentagem de médicos a não responder, 32,5%, nesta questão pretendia-se saber o porquê do surgimento da Síndrome Cerebral, havendo 40% dos inquiridos a responder incorrectamente e apenas 27,5% a responder correctamente.

A questão nº10 foi uma das questões que menos médicos responderam correctamente, 10%, nesta questão pretendia-se saber quando surgem as Síndrome Gastrointestinal e a Síndrome Hematopoiética, havendo aqui uma percentagem de respostas incorrectas de 60%.

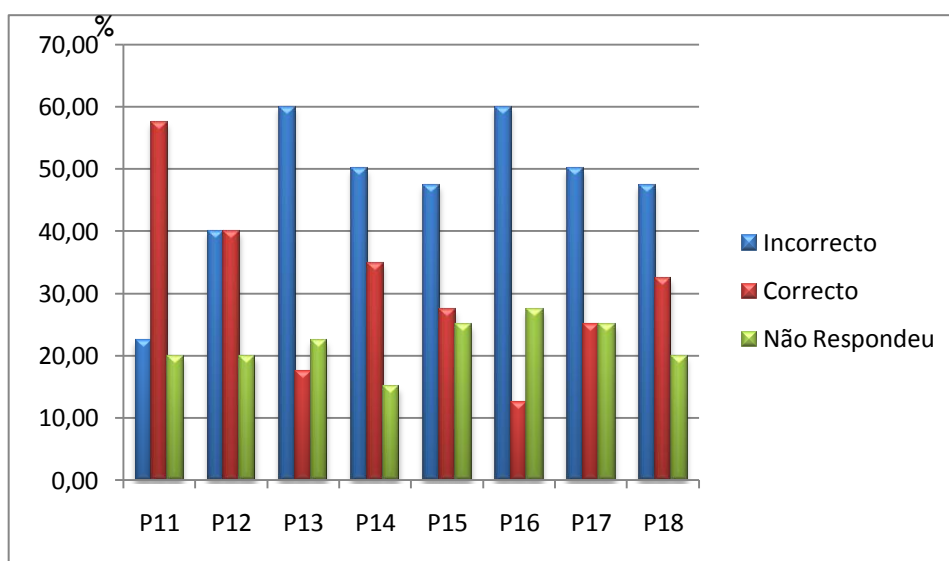
Já em relação ao grupo que pretende avaliar o conhecimento dos níveis de exposição dos exames imagiológicos e tendo em conta o tipo de pergunta, podemos dividi-lo em dois sub-grupos. O primeiro que vai da questão nº11 à questão nº18, onde se comparam os níveis de exposição das diferentes radiografias com a radiação natural a que estamos expostos e o segundo que engloba três questões, ou seja, da questão nº19 à questão nº 21 e que compara os níveis de exposição de diferentes exames ao nível de exposição da radiografia PA do tórax.

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

No primeiro sub-grupo, apenas a questão nº 11 tem uma percentagem de respostas correctas maior que de respostas erradas, 57,5% contra 22,5%. Nesta pergunta pretendia-se saber o significado de contraste radiológico, tal como se observa no Gráfico 3.

**Gráfico 3** – Resultado em percentagem das respostas às perguntas dos níveis de exposição dos exames imagiológicos, tendo em conta a radiação natural



Já na questão nº12 a percentagem de respostas correctas é a mesma que de respostas erradas, 40% e pretende-se saber a quantos dias de radiação natural corresponde aproximadamente a dose efectiva de uma radiografia PA do crânio.

As perguntas que têm a maior percentagem de respostas erradas são as questões nº13 e nº16, ambas com 60%. Na questão nº13 pretendia-se saber aproximadamente a quantos dias de radiação natural corresponde a dose efectiva de uma radiografia AP da coluna lombar, onde apenas 17,5% dos inquiridos respondeu correctamente.

Já na questão nº16 perguntava-se a quantos anos de dose média acumulada por uma população de bordo de uma companhia aérea correspondia aproximadamente a dose efectiva de um exame de TC abdominal ou pélvico e onde apenas 12,5% dos inquiridos respondeu correctamente.

Na questão nº14 onde se perguntava quem recebia maior dose efectiva numa radiografia pélvica, apenas 35% dos inquiridos respondeu correctamente e 50% respondeu incorrectamente.

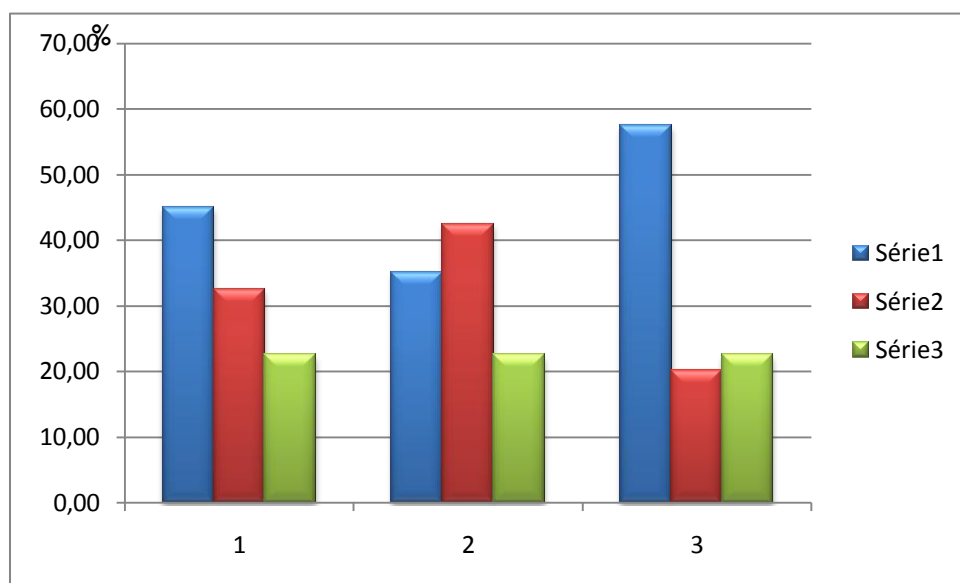
A quanto tempo de radiação natural corresponde aproximadamente a dose efectiva de uma radiografia AP do abdómen era a questão nº15. Aqui apenas 27,5% dos inquiridos respondeu correctamente e 47,5% dos inquiridos respondeu incorrectamente.

A questão nº17 foi na sua maioria respondida incorrectamente, 50%. À questão de quanto tempo de radiação natural corresponde aproximadamente a dose efectiva de uma densitometria óssea apenas 25% dos inquiridos respondeu correctamente, havendo 25% dos inquiridos que não responderam.

Na questão nº18, onde se pretendia saber a quanto tempo de radiação natural corresponde aproximadamente a dose efectiva de uma mamografia, responderam correctamente 32,5% dos inquiridos e incorrectamente 47,5%.

No segundo sub-grupo apenas a questão nº20 tem uma percentagem de respostas correctas maior que de respostas erradas, 42,5% para 35%, tal como se observa no Gráfico 4. Aqui perguntava-se a quantas radiografias do tórax correspondia aproximadamente a dose efectiva de uma TC do tórax.

**Gráfico 4** – Resultado em percentagem das respostas às perguntas dos níveis de exposição dos exames imagiológicos, tendo em conta uma radiografia PA do tórax



Na questão nº19 pretendia-se saber a quantas radiografias do tórax correspondia aproximadamente a dose efectiva de uma TC de crânio, onde 45% dos inquiridos respondeu incorrectamente e 32,5% respondeu correctamente.

Sendo que a questão nº21 é a questão onde a percentagem de respostas erradas é maior. Para a pergunta de quantas radiografia do tórax corresponde a dose efectiva de uma urografia a maior parte respondeu incorrectamente, 57,5% enquanto que apenas 20% respondeu correctamente.



Seguidamente decidiu-se analisar os resultados dos referidos questionários pelos grupos de perguntas, e tendo em conta o ACES, como demonstrado na Tabela 10.

Quando comparados os valores médios obtidos em cada grupo, observou-se que a média de respostas correctas do primeiro grupo, onde se avaliava o conhecimento acerca dos efeitos da radiação-X, foi de 34,00%, com um erro padrão de 3,82. Já no segundo grupo, onde se perguntava os níveis de exposição dos diferentes exames imagiológicos, a média de respostas correctas foi de 40,50%, com um erro padrão de 3,68.

**Tabela 10** – Resultados dos dois grupos de questões por ACES

ACES		Total_G1	Total_G2	p (G_1 vs G_2)	Total
<b>PIN</b>	N	14	14	0,685	14
	Média	44.21	46.62		44.65
	Erro Padrão	4.41	5.37		3.51
<b>BM</b>	N	21	21	0.079	21
	Média	27.19	36.43		32.37
	Erro Padrão	5.2	4.88		4.49
<b>p (PIN vs BM)</b>		0.01	0.179		0.057
<b>Global</b>	N	35	35	0.077	35
	Média	34.00	40.50		37.28
	Erro Padrão	3.82	3.68		3.17

Tendo em conta o questionário na sua totalidade conclui-se que a média de respostas correctas é de 37,28%, com um erro padrão de 3,17, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ( $p = 0,077$ ).

Por outro lado, após a análise dos resultados obtidos pelos dois ACES, verificou-se que a média de respostas correctas dos médicos do ACES Pinhal Interior Norte I é maior do que do ACES do Baixo Mondego I. No Pinhal Interior Norte I, a média de respostas certas por questionário foi de 44,65%, com um erro padrão de 3,51. Já para o ACES do Baixo Mondego I, a média foi inferior, 32,37%, com um erro padrão de 4,49. Verificando-se que apenas existe diferença estatisticamente significativa, entre as Instituições nos valores da variável Total\_G1 ( $p=0,010$ ), com valores mais baixos no Baixo Mondego I.

### **Discussão e Conclusões**

Para iniciar a discussão dos resultados terão primeiro que se tecer algumas considerações sobre os aspectos metodológicos deste trabalho.

No que respeita à amostra deste estudo, a principal limitação foi que se desconhece quão representativa ela é de uma população ou universo. Por outro lado, o tamanho da amostra é pequeno, porque grande parte dos médicos não aceitaram responder ao questionário e justificaram essa decisão, com o facto de este tipo de conteúdo não ter sido leccionado na Faculdade, ou durante o estágio, logo não teriam bases para responder ao mesmo. Algo que se comprova com resultados obtidos.

Uma importante limitação de carácter mais geral é a falta de investigação de características idênticas, o que não permite a comparação de resultados com outros trabalhos.

Os resultados deste estudo são preocupantes, mostrando que os médicos de medicina geral e familiar estão pouco informados acerca dos efeitos da radiação-X e dos níveis de exposição a que cada exame imagiológico corresponde. Podem existir várias razões para isso acontecer, nomeadamente o facto de estes profissionais não abordarem estes conteúdos durante a sua formação académica, nem fazerem formações posteriores acerca do tema.

Ao comparar os questionários preenchidos pelos dois ACES, observou-se que os médicos do ACES do Baixo Mondego I (zona urbana) foram mais receptivos ao seu preenchimento. Sabendo que a justificação para o não preenchimento dos referidos questionários foi a falta de conhecimentos para o fazer, pode deduzir-se que os médicos do ACES do Baixo Mondego I se sentem mais confiantes nos seus conhecimentos.

Contudo, se compararmos os resultados de ambos os ACES, a média obtida pelo ACES Pinhal Interior Norte I (zona rural) é maior, o que leva a pressupor que estes profissionais estarão melhor informados sobre esta temática, apesar de ambos os resultados terem sido baixos.

No entanto, tem que se ter em atenção o facto de três Centros de Saúde não terem dado permissão para a aplicação de questionários (dois do Pinhal Interior Norte I e um do Baixo Mondego I) e de em três Centros de Saúde onde foi dada permissão (um do Pinhal Interior Norte I e dois do Baixo Mondego I) não houver nenhum médico disponível para responder ao questionário, o que poderá ter contribuído para o enviesamento dos resultados.

Ao analisarmos a primeira pergunta e observando a percentagem de respostas incorrectas, deduz-se que os inquiridos não distinguem os tipos de radiações utilizados na prática médica, mostrando logo à partida a sua falta de informação sobre a radiação ionizante e suas aplicações na medicina.

Por outro lado, a questão com maior percentagem de respostas correctas, ou seja, a questão onde se perguntava quais os tecidos mais sensíveis à radiação-X, é a questão base para qualquer profissional de saúde que trabalhe directa ou indirectamente com a radiação-X; contudo, ainda há uma percentagem significativa de inquiridos que responderam incorrectamente ou que não responderam, o que leva a concluir que ainda há profissionais de saúde que não sabem distinguir quais os tecidos mais susceptíveis de sofrerem danos provocados pela radiação-X. Esta realidade pressupõe que prescrevem com a mesma facilidade uma densitometria óssea, em que o tecido ósseo surge como um dos tecidos mais radorresistentes e uma radiografia pélvica, onde há irradiação das gónadas, um dos órgãos mais radiosensíveis.

Apesar de um número significativo conseguir responder correctamente à questão sobre o que são efeitos biológicos e distinguir os efeitos estocásticos dos determinísticos, o mesmo já não acontece quando lhes é pedido para dar exemplos desses efeitos. As perguntas nº5 e nº6 surgem como perguntas controlo da pergunta nº4 e a verdade é que a percentagem de respostas correctas é extremamente pequena, o que pressupõe que provavelmente as respostas obtidas na pergunta nº3 e nº4 não reflectem a realidade dos factos.

Por outro lado, ao analisar as respostas á pergunta nº7, o resultado é assustador pois conclui-se que os inquiridos não sabem quais os efeitos somáticos que a radiação-X pode causar, o que nos leva de volta à questão nº2, se uma grande parte dos médicos soube enumerar quais os tecidos mais sensíveis à radiação deveriam então conseguir responder correctamente a esta questão. Os efeitos somáticos provocados pela radiação-X dependem em parte da região atingida, pois diferentes órgãos reagem de forma diferente ao estímulo da radiação. Logo, sabendo quais os tecidos mais sensíveis à radiação deveriam concluir que os efeitos somáticos provocados seriam nesses tecidos.

Observando os resultados obtidos nas perguntas nº9 e nº10 conclui-se que os médicos inquiridos não associam as Síndromes Cerebral, Hematopoiética e Gastrointestinal à Síndrome Aguda da Radiação, ou seja, para a maior parte destes médicos estas Síndromes nada têm a ver com a radiação-X.

A pergunta nº11 é a segunda pergunta de todo o questionário com maior percentagem de respostas correctas, o que demonstra que os inquiridos sabem as características inerentes a uma radiografia, ou seja, sabem os conceitos da formação da imagem, algo fundamental para a avaliação e compreensão da informação contida num exame imagiológico.

Contudo, quando analisadas as respostas a todas as perguntas seguintes, com excepção da pergunta nº20, vemos que a percentagem de respostas erradas e não respondidas é superior ao de respostas correctas. Este comportamento, leva-nos a concluir que os inquiridos não sabem os níveis de exposição que os diferentes exames e modalidades imagiológicas correspondem. O que leva a

pressupor que ao prescreverem os exames imagiológicos, estes profissionais não têm em conta o risco associado a cada um destes exames, apenas têm em consideração o eventual benefício que deles podem retirar. O que leva a que muitas vezes possa ser feita uma prescrição errada, sendo o utente exposto a uma dose de radiação para um determinado exame, quando poderia ser feita uma técnica diferente e onde a dose de exposição fosse relativamente mais baixa.

Nesse sentido, a prescrição de exames imagiológicos deve basear-se em documentos de orientação clínica, *guidelines*, que apoiem não só a decisão clínica – qualidade dos actos médicos – mas que promovam também práticas eficazes e optimização de recursos, o que nem sempre acontece.

Após a análise de todos os resultados, assim como do feedback obtido aquando da recolha dos dados, podemos concluir que os médicos de medicina geral/familiar não estão informados acerca das consequências que a prescrição excessiva de exames imagiológicos pode causar. Quando prescrevem este tipo de exames apenas têm em conta os possíveis benefícios que daí podem advir, não tendo em conta os riscos.

Os resultados obtidos provavelmente não poderão ser aplicados a todo o país, mas segundo o que se observou, parece que a maioria dos médicos de medicina geral e familiar não tem a menor ideia da quantidade de radiação recebido pelos seus utentes, nem quais os efeitos que a exposição excessiva pode provocar.

Perante este cenário é pertinente propor algumas alterações. Estamos conscientes que a mudança é um processo, não um acto e que ninguém muda sem querer mudar. Nesse sentido, inicialmente será necessário obter uma consciencialização destes profissionais em relação a esta problemática para que dependa deles o primeiro passo em direcção à mudança.

Assim, seria interessante se este trabalho ultrapassasse o âmbito académico, constituindo um ponto de continuação para outros estudos nesta área e contribuindo para modificar a situação actual da prescrição imagiológica.

O crescente desenvolvimento e complexidade das tecnologias que utilizam radiação para fins médicos coloca novos desafios em relação à formação dos profissionais implicados em procedimentos radiológicos. De facto, muitas especialidades médicas têm acesso, e utilizam, a imagiologia sem ter conhecimentos suficientes da exposição à radiação envolvida nesses actos e possíveis danos da exposição para os seus utentes. O que pressupõe que estes profissionais ao não terem conhecimento dos reais efeitos da radiação-X e dos níveis de exposição de cada exame imagiológicos, podem prescrever mais exames do que o estritamente necessário e exames com maior taxa de dose debitada sobre o utente, sem necessidade para tal.

Nesse sentido, estes profissionais têm de perceber que um exame útil é aquele cujo resultado, seja positivo ou negativo, contribui para comprovar ou não o diagnóstico ou para alterar a abordagem

## Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos

### Inquéritos a Clínicos Gerais

---

efectuada até então. Logo, todos os exames que não obedecem a estes pressupostos, são desnecessários e como tal, não há a necessidade dos utentes serem expostos às radiações inerentes aos mesmos.

Após a realização deste estudo, percebe-se que é da maior importância apoiar os médicos com acções de formação e sensibilização para os riscos associados ao excesso de radiação. Assim como, se deveria promover um melhor conhecimento de técnicas imagiológicas que se encontram em permanente evolução.

Ou seja, os médicos de medicina geral/familiar deveriam receber formação adequada integrada no seu currículo, receber actualizações regulares sobre boas práticas e sobre investigações efectuadas nesta área, devendo também ser sensibilizados para as suas responsabilidades quando prescrevem ou solicitam um procedimento imagiológico.

Assim, é fulcral que esta informação chegue a todas as instituições e a todos os profissionais, de maneira a haver uma mobilização na tentativa de alterar estes factos.

### Bibliografia

- 1 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2011). *What is radiation*. Acedido em 20 de Março de 2011, em: [www.unscear.com](http://www.unscear.com).
- 2 – Elbern, A. (n.d). *Radiação Não Ionizante. Conceitos, Riscos e Normas*. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho.
- 3 – Factor Segurança Lda. (2004). *Radiação Ionizante e não ionizante*. Tecnometra. 150.
- 4 – Paulino, J. (2001). *Radiações Electromagnéticas Não Ionizantes emitidas pelas antenas fixas da telefonia celular*. Acedido em 26 de Abril de 2011, em: [www.higieneocupacional.com.br](http://www.higieneocupacional.com.br).
- 5 – Medeiros, J. (2009). *Qualidade de imagem versus dose em Tomografia Computorizada - Optimização dos protocolos de crânio*. Tese de Mestrado em Engenharia Biomédica. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- 6 – Schabele, F.A., Silva, N.C. (2000). *Introdução à Física da Radioterapia*. Centro de Ciências Físicas e Matemática. Universidade Federal de Santa Catarina. Acedido em 23 de Março de 2011, em: [www.fsc.ufsc.br](http://www.fsc.ufsc.br).
- 7 – Lima, J.J.P. (2005). *Técnicas de diagnóstico com raios-X – Aspectos Físicos e Biofísicos*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- 8 – Jeong, M., Jin, Y., Jo, M., Kang, S., Moon, K. (2010). Ionizing Radiation-induced Diseases in Korea. *Jornal Korean Medicine Science*. 25: 70–76.
- 9 – Human Health Fact Sheet. (2005). *Ionizing radiation*. Washington.
- 10 – Nouailhetas Y. (n.d). *Apostila Educativa – Radiação Ionizante e a vida*. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro. Acedido em 6 de Maio de 2011, em: [www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)
- 11 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2001). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2000 Report. Nova Iorque.
- 12 – Alexandrino, J.C, Costa, E.A, Leite, H.J.D, Navarro, M.V.T. (2008). Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. *História, Ciência, Saúde*. 15(4).
- 13 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1962). *Radiation from Natural Sources*. UNSCEAR 1962 Report. Nova Iorque.
- 14 – International Atomic Energy Agency. (2004). *Radiation, People and the Environment*. IAEA Booklet. Vienna.
- 15 – Bushong, S.C. (2005). *Manual de radiologia para técnicos*. 8ªEdição. Madrid: Elsevier.

Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

- 16 – International Atomic Energy Agency. (2002). *Natural and Induced radioactivity in food*. Viena: IAEA publications.
- 17 - Washington state department of Health. (n.d). *Background Radiation Natural versus Man-Made*. Washington.
- 18 – Azevedo, A.C.P. (n.d). *Radioproteção em serviços de saúde*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública.
- 19 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiaton. (2008). *Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2006 Report. Nova Iorque.
- 20 – Environmental Protection Agency. (n.d). *Ionizing and non-ionizing radiation*. Acedido em 3 de Abril de 2011 em: [www.epa.gov](http://www.epa.gov).
- 21 – International Atomic Energy Agency. (n.d). *Radiation in Everyday life*. Acedido em 12 de Março de 2011 em: [www.iaea.org](http://www.iaea.org).
- 22 – Afonso, J.C., Lima, R.S., Pimentel, L.C.F. (2009). Raios-X: fascinação, medo e ciência. *Química Nova*, 32(1).
- 23 – Comissão Europeia. (2004). *Radiation protection*. European guidelines on radiation protection in dental radiology.
- 24 – Santos, W.S. (2010). *Avaliação das doses ocupacionais e do público, associadas à utilização de equipamentos móveis de radiação X*. Tese de Mestrado em Física. Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.
- 25 – Cunha, A.B., Marto, E., Martins, N., Pereira, P. (2001). *Avaliação da dose absorvida pelos doentes das camas contíguas aos que realizam exame radiológico ao tórax, incidência Antero-posterior, em três unidades de cuidados intensivos*. Acedido em 20 de Março de 2011, em: [www.chmt.min-saude.pt](http://www.chmt.min-saude.pt).
- 26 – Lima, J.J.P. (1995). *Física dos Métodos de Imagem com Raios-X*. Coimbra: Edições ASA.
- 27 – International Atomic Energy Agency. (2010). *Radiation Biology: a Handbook for Teachers and Students*. IAEA Books. Vienna.
- 28 – Daniel, M., Funari, M., Kay F., Lee, H., Silva, E., Silva, M., Radvany, J., Tachibana, A. (2009). *Directrizes Assistenciais – Radiação Ionizante nos Estudos Radiológicos*. Hospital Israelita Albert Einstein. Acedido em 6 de Maio de 2011, em: <http://medicalsuite.einstein.br>.
- 29 – Minister of Public Works and Government Services. (1998). *Assessment and Management of cancer risks from radiological and chemical Hazards*. Health Canada. Atomic Energy Control Board.
- 30 – D'Ippolito, G., Medeiros, R.B.. (2005). Exames radiológicos na gestação. *Radiologia Brasileira*, 38(6).
- 31 - Almeida, R.J. (2007). *Estudo dos efeitos biológicos da radiação, com ênfase nos raios-X*. Goiânia.

- 32 – Gomes, L.R. (2005). *Biofísica para Ciências da Saúde*. Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa. 335-376.
- 33 – Biossegurança Hospitalar. (2005). *Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes*. Acedido em 15 de Abril de 2011, em: [www.biossegurançahospitalar.com.br](http://www.biossegurançahospitalar.com.br)
- 34 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1993). *Sources and effects of ionizing radiation*. UNSCEAR 1993 Report. Nova Iorque.
- 35 – Holmes, E.B. (2010). *Ionizing Radiation Exposure, Medical Imaging*. Acedido em 6 de Maio em [www.medline.com](http://www.medline.com).
- 36 – Blakely, W., Mackvittie, T., Waselenko, J. (2004). Medical Management of the Acute Radiation Syndrome: Recommendations of the Strategic National Stockpile Radiation Working Group. *Annals of International Medicine*, 140(12):1037-1051.
- 37 – International Atomic Energy Agency. (2002). *Acute radiation syndrome – clinical picture, diagnosis and treatment*. Acedido em 10 de Abril de 2011 em: [www.iaea.org](http://www.iaea.org)
- 38 – International Commission on Radiological Protection. (2000). *Pregnancy and Medical Radiation*. *Annals of the ICRP Publication 84*.
- 39 – Acedido em 10 de Março de 2011, em: [www.imagiologia.com.br](http://www.imagiologia.com.br)
- 40 – Direcção Geral do Ambiente. (2000). *Diretrizes para a prescrição de exames imagiológicos*. Protecção Contra as Radiações 118. Comissão Europeia.
- 41 – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2010). *Sources and effects of ionizing radiation*. UNSCEAR 2008 Report. Nova Iorque.
- 42 – Chen, M., Ott, D., Pope, T. (2006). *Basic Radiology (Lange Clinical Science)*. 2ª Edição. McGraw Hill Companies.
- 43 – Mettler, F. (2005). *Essentials of Radiology*. 2ª Edição. Filadélfia: Elsevier.
- 44 – Bontrager, K.L. (2001). *Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatómica*. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara.
- 45 – American Society of Radiologic Technologists. (n.d.). *A History of Radiologic Technology*. Acedido em 20 de Abril de 2011, em: [www.asrt.org](http://www.asrt.org)
- 46 – Alonso, A., Franco, A., Tomás, M. (2010). La urografia intravenosa há muerto, iviva la tomografia computarizada. *Actas Urológicas Espanolas*. 34(9).
- 47 – Dalley, A.R., Moore, K.L. (2001). *Anatomia orientada para a clínica*. 4ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- 48 – Merçon F. (2005). *Radiação: Riscos e Benefícios*. Rio de Janeiro.
- 49 – Amaral, M., Lodeiro, C., Vasconcelos, F. (2006) *Protocolos em TC – Estudo Comparativo*. Tese de Licenciatura em Radiologia. Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra, Coimbra.



Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos  
Inquéritos a Clínicos Gerais

---

50 – Gunderman, R. (2006). *Essential Radiology: clinical presentation, pathophysiology, imaging*. 2ª Edição. Nova Iorque: Thieme.

51- Comissão Europeia. (2010). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu ao Conselho relativa às aplicações médicas das radiações ionizantes e à segurança do aprovisionamento de radioisótopos para a medicina nuclear*. Bruxelas

## **ANEXOS**

## Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Este questionário é exclusivo para médicos de clínica geral e medicina familiar.

Exmo/a. Dr./a), este questionário faz parte de um Projecto no âmbito da Tese de Investigação do Mestrado em Saúde Pública e tem como objectivo avaliar o conhecimento dos Clínicos sobre os efeitos da radiação e níveis de exposição a que cada exame imagiológico corresponde. As perguntas foram efectuadas tendo como base os relatórios de 2000 e de 2008 da UNSCEAR.

Agradecendo toda a sua disponibilidade para a participação no preenchimento do questionário, fica garantido desde já:

- O anonimato do participante no estudo;
- A confidencialidade dos dados recolhidos;

Caracterização Biográfica:

Idade:

Género:

Habilitações Literárias:

- Licenciatura
- Mestrado
- Doutoramento

Instituição onde trabalha:

- ACES Pinnal Interior Norte I
- ACES Baixo Mondego I

Tempo de serviço:

- Menos de 5 anos
- Entre 5 a 10 anos
- Mais de 10 anos

Grupo I – Experiência Profissional

1. Qual a idade dominante dos seus utentes/identites:

- Menos de 20 anos;
- Entre 20 e 50 anos;
- Mais de 50 anos

2. Ao longo da sua experiência profissional já alguma vez prescreveu exames de radiodiagnóstico?

- Sim
- Não

3. Se respondeu sim, em média por semana quantos exames imagiológicos prescreve?

- Menos de 10
- Entre 10 e 20
- Mais de 20

Grupo II – Conhecimento dos efeitos da radiação-X

1. Os efeitos da radiação-X são iguais aos efeitos:

- Radiação gama
- Partículas beta
- Partículas alfa
- Todas as respostas anteriores estão correctas
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

2. Os tecidos mais sensíveis à radiação-X são:

- A pele, os órgãos genitais e os pulmões
- A medula óssea, o tecido linfóide e os órgãos genitais
- Os músculos, os tecidos neurais e os ossos
- Todas as respostas anteriores estão correctas
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

3. Quando falamos em efeitos biológicos é verdade:

- A probabilidade do efeito estocástico assim como a gravidade do efeito determinístico dependem da dose
- Os efeitos estocásticos e determinísticos surgem num curto espaço de tempo após a exposição à radiação-X
- A gravidade dos efeitos estocásticos e determinísticos depende da dose
- Todas as respostas anteriores estão correctas
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

9. A Síndrome Cerebral:
- Ocorre quando a dose total de radiação de corpo inteiro é aproximadamente de 50 Grays
  - Surge quando a exposição à radiação-X periodicamente
  - Nada tem a ver com a exposição à radiação-X
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
10. Numa exposição de corpo inteiro, a Síndrome Gastrointestinal e a Síndrome Hematopoiética:
- A primeira surge quando a dose absorvida é superior a 10 Gy e a segunda quando a dose absorvida se encontra entre os 2 e os 7 Gy
  - Surgem quando há uma exposição prolongada à radiação-X
  - A primeira resulta de uma dose absorvida num determinado momento ser extremamente alta e a segunda devido a uma exposição menor mas prolongada
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta

#### Grupo III – Conhecimentos dos níveis de exposição

- Quando falamos em alto contraste radiológico falamos:
  - É a grandeza associada ao grau de enegrecimento da imagem radiológica
  - Na nitidez das estruturas registadas no filme processado
  - Na capacidade de distinguir a diferença de densidade em áreas contíguas de um filme radiográfico
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- A dose efectiva de uma radiografia PA do crânio, corresponde aproximadamente entre:
  - 4 e 15 dias de radiação natural
  - 34 e 50 dias de radiação natural
  - 94 e 110 dias de radiação natural
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- A dose efectiva de uma radiografia AP da coluna lombar corresponde aproximadamente entre:
  - 15 dias e 1 mês de radiação natural
  - 1,5 e 7,5 meses de radiação natural
  - 15 e 26 meses de radiação natural
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta

- A principal diferença entre os efeitos estocásticos e determinísticos é:
  - Os efeitos estocásticos causam morte celular, enquanto os determinísticos causam transformação celular
  - Nos efeitos estocásticos existe um limiar de dose, enquanto nos determinísticos tal não acontece
  - Os efeitos estocásticos causam transformação celular, enquanto os determinísticos causam morte celular
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- Exemplos de efeitos determinísticos são:
  - Leucopenia, leucemia e hemorragia
  - Anemia, cancro e cataratas
  - Leucopenia, esterilidade e cataratas
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- Exemplos de efeitos estocásticos são:
  - Leucemia e efeitos hereditários
  - Cancro e hemorragias
  - Esterilidade e leucemia
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- Quais os efeitos somáticos que podem ser causados pela radiação-X:
  - Fragilidade vascular e lesões da mucosa
  - Trombocitopenia e cataratas
  - Leucopenia e leucemia
  - Todas as respostas anteriores estão correctas
  - Nenhuma das respostas anteriores está correcta
- Numa radiografia do abdómen, a probabilidade de ocorrer uma malformação congénita no feto ocorre quando a gestante é exposta:
  - As 0-2 semanas
  - As 2-6 semanas
  - As 6-15 semanas

4. Numa radiografia pélvica quem recebe maior dose efectiva nas gonadas:

- É a mulher
- É o homem
- Ambos recebem a mesma dose

5. A dose efectiva de uma radiografia AP do abdómen corresponde aproximadamente entre:

- 10 dias e 1 mês de radiação natural
- 1 e 5,5 meses de radiação natural
- 13,5 e 25 meses de radiação natural
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

6. A dose efectiva de uma TC abdominal ou pélvica corresponde aproximadamente a:

- A dose média acumulada num ano pela população de bordo de uma companhia aérea
- A dose média acumulada em dois anos pela população de bordo de uma companhia aérea
- A dose média acumulada em três anos pela população de bordo de uma companhia aérea
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

7. A dose efectiva de uma densitometria óssea equivale aproximadamente entre:

- 1 dia e uma semana de radiação natural
- Entre 10 e 20 dias de radiação natural
- Mais de 30 dias de radiação natural
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

8. Numa mamografia a dose de radiação efectiva corresponde aproximadamente entre:

- 1 e 17 dias de radiação natural
- 16 dias e 1 mês de radiação natural
- 1 e 2 meses de radiação natural
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

Tendo em conta que a dose efectiva de uma radiografia PA do tórax será entre 0,017 e 0,05 mSv

9. A dose efectiva de uma TC do crânio equivale aproximadamente a:

- 18 e 165 radiografias do tórax
- 170 e 238 radiografias do tórax
- 317 e 548 radiografias do tórax
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

10. A dose efectiva de uma TC do tórax equivale aproximadamente a:

- 45 e 769 radiografias do tórax
- 782 e 1495 radiografias do tórax
- Mais de 1500 radiografias do tórax
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta

11. A dose efectiva de uma urografia equivale aproximadamente entre:

- 6 e 45 radiografias do tórax
- 48 e 177 radiografias do tórax
- 192 e 205 raios-X do tórax
- Nenhuma das respostas anteriores está correcta