

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Rita de Paulo Proença Melo

**A PERCEÇÃO DO RISCO
RADIOLÓGICO EM PORTUGAL**

Tese no âmbito do Programa de Doutoramento em História das Ciências e Educação Científica, orientada pelo Professor Doutor Décio R. Martins, pelo Doutor Rui M. C. da Silva e pelo Professor Doutor José Manuel Palma-Oliveira e apresentada ao Instituto de Investigação Interdisciplinar da Universidade de Coimbra.

Dezembro de 2020

Instituto de Investigação Interdisciplinar da Universidade de Coimbra

Ana Rita de Paulo Proença Melo

A PERCEÇÃO DO RISCO RADIOLÓGICO EM PORTUGAL

Tese no âmbito do Programa de Doutoramento em História das Ciências e Educação Científica, orientada pelo Professor Doutor Décio Ruivo Martins, pelo Doutor Rui M. C. da Silva e pelo Professor Doutor José Manuel Palma-Oliveira e apresentada ao Instituto de Investigação Interdisciplinar da Universidade de Coimbra.

Dezembro de 2020



Para Diogo, Pedro e Duarte.

A.R.M.

Agradecimentos

Começo por expressar o meu profundo agradecimento ao meu orientador, o Prof. Doutor Décio Ruivo Martins, que esteve sempre disponível para discutir as dúvidas que foram surgindo ao longo da investigação, bem como viabilizar os recursos necessários à prossecução da mesma. Este trabalho beneficiou, sem dúvida, da partilha da sua experiência enquanto historiador da ciência e com a sua amizade. Presto igual reconhecimento ao meu coorientador, Doutor Rui M. C. da Silva, cujo tempo que dedicou ao debate de ideias, esclarecimento de dúvidas, revisão dos trabalhos e apoio reflete uma generosidade difícil de encontrar no frenesim do mundo académico. Agradeço também ao meu coorientador, Prof. Doutor José Manuel Palma-Oliveira, pelas observações que promoveram uma abordagem interdisciplinar a um tema da história que cruza múltiplas ciências, naturais, sociais e humanas.

Houve inúmeras pessoas que tornaram este trabalho possível e algumas são referidas ao longo da tese; porém, gostaria de salientar o apoio de alguns dos investigadores que partilharam os seus conhecimentos sobre a matéria em estudo: Octávia Gil Machado, Mário Reis, Isabel Paiva e Armin Ansari. Agradeço também às minhas colegas do Campus Tecnológico e Nuclear, Maria Manuel Meruje, por me ter introduzido na área da perceção do risco radiológico, Maria Luísa Oliveira, pela ajuda com as pesquisas para a tese, e à minha superiora, Cristina Paiva Ferreira, pelo apoio na concretização deste trabalho. Do Campus Tecnológico e Nuclear, e sabendo deixar nomes de fora, expresso ainda o meu agradecimento a alguns dos que estiveram mais próximos durante esta jornada: Katharina Lorenz, Miguel Sequeira, Dirkjan Verheij, Jozwik Przemyslaw, Marco Peres, Norberto Catarino, Bruno Mourato, Alexandra Rodrigues, Luís Ferreira, Helena Casimiro, Daniela Pereira, Ana Fernandes e José Marques.

A participação em eventos organizados pela Agência Internacional de Energia Atómica enriqueceu muitíssimo o presente trabalho, possibilitando contactar com inúmeros atores nesta área, dos quais destaco Abel González, Vasiliki Tafili e Abraham Le Roux.

A realização de unidades curriculares na Universidade de Coimbra, no primeiro ano do curso, permitiu o estabelecimento de laços que perduram. Um agradecimento aos meus colegas Ian Davis, Roberto Machado, Roberto Lamanna, Jéssica Gaudêncio, Jorge Cardoso e Miguel Ferreira pela camaradagem e troca de experiências. Um sentido agradecimento para todo o corpo docente do programa, em particular à Prof.^a Doutora Isabel Malaquias, pelo apoio na elaboração dos trabalhos para a parte curricular do programa.

À minha família e amigos, a todos tenho por que agradecer. Destaco o meu avô Paulo, alfaiate, natural de Góis, pela ligação a Coimbra e o avô dos meus filhos Diogo e Pedro, José Custódio Vieira da Silva, historiador de arte, por me ter despertado o fascínio pela História.

Por último, expresso a minha eterna gratidão para com os meus pais, ambos médicos: foi deles que nasceu o meu amor ao conhecimento e à Ciência.

A todos um bem-haja e as minhas desculpas pelos nomes que ficaram por referir.

Resumo

A presente tese tem, como primeiro objetivo, aprofundar o conhecimento acerca da gênese e evolução da percepção do risco radiológico em Portugal. Neste contexto, a investigação realizada pretendeu também, como segundo objetivo, contribuir para a promoção da cultura técnica e científica, através do conhecimento histórico da evolução de uma das áreas científicas e técnicas de maior relevo e impacto na sociedade, desde os últimos anos do séc. XIX: as ciências e tecnologias nucleares. Um terceiro objetivo prende-se com a identificação das direções para uma melhor comunicação do risco radiológico.

O objeto de estudo foi a percepção do risco radiológico em diferentes públicos-alvo, desde peritos, a profissionais expostos a radiações ionizantes. A metodologia utilizada privilegiou, neste ponto, a análise histórica e científica das narrativas recolhidas, a par de documentos consultados no decurso da investigação.

Como ponto de partida do trabalho, paralelamente à revisão de literatura sobre o impacto das descobertas ligadas à radiação ionizante, foi realizado um conjunto de entrevistas a especialistas de que resultou um modelo que ilustra o estado da ciência do risco radiológico. A percepção do risco radiológico face ao estado da ciência foi depois estudada em diferentes públicos alvo, desde bombeiros e militares, até antigos trabalhadores expostos a radiações ionizantes, utilizando os mesmos instrumentos dos modelos mentais. Esta metodologia permitiu retratar, *inter alia*, o conhecimento e as percepções das pessoas relativamente a determinados riscos através de entrevistas semiestruturadas.

Os resultados revelam um fascínio inicial para com as descobertas ligadas às radiações ionizantes que reprimiu a percepção dos riscos associados, surgindo outras questões mais prementes, como o pudor no caso dos raios X ou o elevadíssimo valor comercial das substâncias radioativas. A evolução da percepção do risco radiológico em Portugal, pela análise da imprensa portuguesa durante as primeiras décadas do século XX, terá sido semelhante aos restantes países ocidentais. De igual modo, a percepção do risco radiológico nas diferentes áreas estudadas através dos estudos de caso (raios X, radioatividade ambiente e mineração do urânio), durante os anos de 1970s até à atualidade, atesta a evolução da percepção do risco em consonância com o desenvolvimento dos conhecimentos científicos específicos e em estreita ligação com as medidas legislativas adotadas.

Apesar da percepção do risco, segundo algumas teorias, poder ser encarada como um sentimento, a história da percepção do risco radiológico revela que o domínio de diferentes conceitos científicos é indispensável para decisões informadas nesta área e para a atualização do balanço entre custos e benefícios à medida que os perigos, não controláveis, dão lugar a riscos, mensuráveis e com a possibilidade de serem prevenidos. A compreensão clara dos conceitos envolvidos no risco radiológico é igualmente fundamental para a resposta no caso de uma emergência nuclear ou radiológica. Sobressai ainda do conjunto de resultados da presente investigação que a história da percepção do risco radiológico não é uma só, mas várias narrativas ligadas pela confluência de significados que foram sendo atribuídos às radiações ionizantes e às suas diferentes aplicações.

Palavras-chave

Historia da ciência, radiação ionizante, percepção de risco, risco radiológico, raios X, minas de substâncias radioativas, peritos, modelos mentais, socorristas, educação científica, emergência radiológica ou nuclear, proteção e segurança radiológica.

Abstract

The present thesis aims at improving the knowledge and understanding of the genesis and evolution of radiation risk perception in Portugal. In this context, the research presented intends to promote the technical and scientific culture by studying the historical evolution of one of the most relevant and impactful areas on society, since the last years of the 19th century, nuclear sciences and technologies. This work also aims to promote better radiological risk communication. The object of study was the perception of radiological risk in different target audiences, from experts to professionals exposed to ionizing radiation, through the historical and scientific analysis of the narratives collected and documents consulted during the investigation.

As a starting point, in parallel with the literature review on the impact of the discoveries linked to ionizing radiation, interviews with specialists were conducted and an expert model was developed from them. This model illustrates the state of the radiological risk science. Radiological risk perception in light of the state of the science was later studied in different target audiences, from firefighters and military personnel to former workers exposed to ionizing radiation, using the mental models methodology. This methodology allows portraying, *inter alia*, people's knowledge and perceptions regarding certain risks through semi-structured interviews.

The results reveal an initial fascination with the discoveries linked to ionizing radiation that overlooked the perception of the associated risks. Instead, significant attention was given to other more pressing issues, such as morality in the case of X-rays or the extremely high commercial value of radioactive substances. The evolution of radiation risk perception in Portugal, according to the analysis of the Portuguese press during the first decades of the 20th century, would have been similar to the other Western countries. Likewise, the perception of radiological risk in the different areas studied through case studies (X-rays imaging, environmental radioactivity and uranium mining activity), since the 1970s, attests that the evolution of risk perception followed the development of specific scientific knowledge in tight connection with the legislative measures adopted.

Despite risk perception being considered as a feeling according to some theories, the history of radiation risk perception reveals that the mastery of different scientific concepts is indispensable for making informed decisions and balance costs and benefits. In particular, as the risks arising from uncontrolled hazards become measurable and eventually preventable. A

clear understanding of the concepts underlying radiation risk is also essential for nuclear or radiological emergency response. Moreover, it is evident from the set of results discussed here that the history of radiation risk perception is not a single narrative but several ones linked by the confluence of meanings that have been associated to ionizing radiation and its different applications.

Keywords

History of science, ionizing radiation, risk perception, radiological risk, X rays, radioactive substances mines, experts, mental models, rescuers, scientific education, radiological or nuclear emergency, radiological security and safety.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Palavras-chave	vi
Abstract	vii
Keywords	viii
Índice	ix
Índice de Figuras	12
Lista de siglas e acrónimos	13
Introdução	14
1. Problema	14
1.1. Questões de investigação.....	15
2. O conceito de <i>risco</i>	16
2.1. O início da quantificação do risco	17
2.2. A narrativa do risco	18
3. A <i>perceção</i> do risco	20
4. Objetivos da investigação	22
5. Metodologia	22
6. Comunicações em encontros científicos durante a investigação para a tese	23
Capítulo 1. Os precursores do estudo da radiação ionizante	25
1.1. A descoberta dos raios X	25
1.1.1. O (i)mediatismo na comunicação ao público.....	27
1.1.2. A natureza dos raios X e as suas aplicações	28
1.2. A investigação sobre as substâncias radioativas	31
1.2.1. As implicações da descoberta da radioatividade e do rádio.....	33
1.2.2. Os anos loucos do rádio.....	34
1.3. A morosidade na resposta ao risco radiológico.....	37
1.3.1. Os perigos das radiações ionizantes e o risco radiológico	39

1.3.2. As primeiras tentativas de estudo dos perigos da radiação	41
1.3.3. A evolução dos limites de dose	43
Capítulo 2. Da chegada da novidade científica a Portugal à criação de uma realidade científica	46
2.1. Divulgação da descoberta	46
2.2. As primeiras radiografias em Portugal.....	49
2.3. Notícias sobre radiação ionizante em jornais portugueses no início do séc. XX	57
2.4. Investigação científica sobre o rádio e outras substâncias radioativas	61
2.5. Os mártires da ciência e as aplicações da radiação ionizante sob o olhar da imprensa	65
2.6. Águas poderosamente radioativas.....	68
2.7. A radioterapia	73
2.8. Legislação sobre o risco e a proteção radiológica	74
Capítulo 3. Estudos de caso	78
3.1. O caso dos técnicos de radiologia	78
3.1.1. Os primeiros 50 anos da radiologia em Portugal	78
3.1.2. O caso de Maria Rosinda Biscaya, técnica de radiologia entre 1970 e 2000.....	90
3.2. O caso de um técnico do Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica	97
3.3. Estudo de caso de trabalhadores na Empresa Nacional do Urânio	111
3.3.1. O caso de António Guimas, geólogo	116
3.3.2. O caso de Albertina Guimas, secretária da administração até ao último dia	121
3.3.3. O caso de Ricardo Felizardo Ferreira, ferreiro residente na Urgeiriça há mais anos	125
3.3.4. A resposta legislativa ao risco radiológico na exploração mineira do urânio	128
Capítulo 4. A perceção do risco radiológico face ao estado da ciência.....	134
4.1. As definições de risco radiológico	134
4.1.1. Peritos <i>versus</i> público não especialista	136
4.2. Perceção do risco das radiações ionizantes através dos modelos mentais: em direção à preparação para emergências radiológicas	140
4.2.1. Resumo	140
4.2.2. Introdução.....	140
4.2.3. Método.....	145

4.2.4. Resultados.....	147
4.2.4. Conclusões.....	160
Conclusões.....	162
Comunicações em encontros científicos	165
Referências bibliográficas.....	166
<i>Anexo 1.....</i>	<i>185</i>
<i>Anexo 2.....</i>	<i>187</i>
<i>Anexo 3.....</i>	<i>188</i>

Índice de Figuras

Figura 1. Rótulo de garrafa "Água radium - Dá saúde, vigor e força"	36
Figura 2. O fluoroscópio, Dally e Edison na capa do <i>The New York World</i> (1902).....	40
Figura 3. Limites de dose da radiação em Sieverts (Sv).....	45
Figura 4. Primeira notícia em Portugal sobre a descoberta dos raios X no <i>Novidades</i> a 27 de janeiro de 1896.....	47
Figura 5. “Mão direita de um rapaz que sofre de tuberculose óssea”, radiografia de Teixeira Bastos e A. S. e Sousa, fevereiro de 1896	50
Figura 6. Notícia sobre a descoberta dos raios X na capa d' <i>O Século</i> , 1 de março de 1896....	51
Figura 7. Notícia sobre a descoberta dos raios X no <i>Occidente</i> , 26 de março de 1896.....	53
Figura 8. Radiografia de Augusto Bobone, 1896 (Medeiros & Pereira, 2014)	56
Figura 9. Notícia “As experiências do Raio X no Salão Edison da Feira d'Alcantara”	61
Figura 10. Rosinda Biscaya no consultório com os colegas, com o trifolio na porta atrás.	92
Figura 11. Aparelho de raios X da Philips comprado em 1969	94
Figura 12. João Oliveira na sala de espectrometria alfa	108
Figura 13. Dois espectros de urânio.....	109
Figura 14. Relatório de medidas de radioatividade ambiente após o acidente de Chernobyl (1986-1989).....	110
Figura 15. Localização dos itens de risco no espaço dos dois fatores: risco temido no eixo vertical e risco desconhecido no eixo horizontal no estudo de Fischhoff et al., 1978 (Fox-Glassman e Weber, 2016)	137
Figura 16. Movimentos de itens selecionados no espaço fatorial risco temido - risco desconhecido entre o estudo de 1978, pontos a cinzento, e o estudo de 2016, pontos a preto (Fox-Glassman e Weber, 2016)	138
Figura 17. Principais tópicos do modelo perito	146
Figura 18. Tipos e características da radiação ionizante.....	147
Figura 19. Fontes de radiação ionizante	148
Figura 20. Fontes de radiação ionizante antropogénicas	149
Figura 21. Exposição à radiação ionizante	150
Figura 22. Exposição de emergência – probabilidade de ocorrência de acidentes.....	151
Figura 23. Probabilidade de ocorrência de acidentes – fatores protetores/mitigadores.....	151
Figura 24. Vias de contaminação da radiação ionizante.....	152

Figura 25. Acidentes e incidentes	152
Figura 26. Efeitos biológicos	153
Figura 27. Efeitos biológicos – doses elevadas (danos agudos e acumulativos).....	154
Figura 28. Versão simplificada do modelo perito com os conceitos no modelo mental dos socorristas	155

Lista de siglas e acrónimos

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CTN	<i>Campus</i> Tecnológico e Nuclear
ENU	Empresa Nacional do Urânio
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i> , a Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA)
ICRP	<i>International Committee on Radiological Protection</i> , a Comissão Internacional de Proteção Radiológica
JEN	Junta de Energia Nuclear
LPSR	Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica
NORM	<i>Normally Occurring Radioactive Materials</i> , os materiais radioativos de ocorrência natural
UNSCEAR	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i> , a Comissão Científica das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atómica
WHO	<i>World Health Organization</i> , a Organização Mundial da Saúde

Introdução

«Apesar das muitas incertezas indissociáveis da história do vocábulo “risco”, a realidade mais significativa a ele associada é o seu conteúdo semântico secular e o que de motivador este pode encerrar para a vida do ser humano enquanto desafio apresentado a cada um, no sentido de continuamente se superar ou, pelo menos, de tentar fazê-lo, encontrando, na esperança e no empenho pessoal, âncoras sólidas apontadas a um futuro melhor.»

António Vilhena (2018)¹ sobre a etimologia da palavra risco

1. Problema

Há em geral um hiato mais ou menos longo entre o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos e a consciência dos seus perigos e consequências negativas e ainda dos comportamentos necessários a adotar de forma a evitar ou minimizar os riscos associados. As descobertas científicas ligadas às radiações e radioatividade são disso exemplo.

A par da fascinante história do ‘risco’, e subjacentes desenvolvimentos matemáticos para possibilitar o seu cálculo, a atribulada história do risco radiológico expõe os desenvolvimentos

¹ Comunicação privada realizada por António Vilhena, especialista em Filologia Clássica nas áreas de Português, Grego e Latim, sobre a etimologia e evolução da palavra risco no contexto português. A análise tem como título “Risco”: *Etimologia e história de um conceito* e encontra-se no anexo 1.

dísparos entre a integração de novas tecnologias e a resposta aos potenciais riscos associados. Este trabalho pretende, neste contexto, contribuir para um maior conhecimento e entendimento acerca da génese e evolução da perceção do risco radiológico em Portugal. Pretende, em particular, entender o intervalo de tempo entre a adoção de produtos novos e a consciencialização dos seus perigos, contribuindo assim para o gradual desenvolvimento de práticas de mitigação dos riscos correspondentes.

No caso da presente tese, o objeto de estudo foi a perceção do risco radiológico em diferentes públicos alvo, desde peritos, socorristas, até antigos trabalhadores expostos a radiações ionizantes², utilizando a metodologia dos modelos mentais e socorrendo-se, como fontes principais, duma análise histórica das narrativas recolhidas e de documentos vários consultados no decurso da investigação.

1.1. Questões de investigação

Como nota Fara (2013), ao debruçarmo-nos sobre o passado a partir de um novo ângulo, é tão importante deslindar informação nova quanto decidir as questões a colocar. Nesse contexto, apresentam-se de seguida as perguntas que guiaram a presente investigação com base no problema identificado:

1. Como surgiu e se desenvolveu no público a perceção do risco radiológico, desde a descoberta dos raios X até à implementação das primeiras leis de proteção radiológica?
2. Qual era em Portugal a cultura científica sobre o risco radiológico na altura da descoberta e qual é nos dias de hoje?
3. Qual a estratégia de comunicação mais eficaz perante uma emergência radiológica ou nuclear com base nos mapas mentais do risco radiológico?

² Radiação ionizante é a radiação com energia suficiente para remover eletrões dos átomos, provocando a formação de iões. Segundo o glossário da Agência Internacional de Energia Atómica (IAEA, 2019, p. 181): “a radiação ionizante, para fins de proteção radiológica, é a radiação capaz de produzir pares de iões em materiais biológicos”.

2. O conceito de *risco*

O risco radiológico é um dos riscos mais recentemente abordados na moldura de estudo, também ela recente, do *risco* enquanto conceito científico. Em Portugal, a etimologia da palavra *risco* transporta-nos até à noção de perigo marítimo e terá sido tomada do italiano *risco*, variante *rischio*, no séc. XIII (*vide* anexo 1). Na Europa, os desenvolvimentos por matemáticos italianos, franceses, alemães, entre outros, lançam no séc. XVII a âncora da teoria das probabilidades. Esta teoria viria a assentar a previsão de acontecimentos futuros na quantificação do *risco* e destronar os deuses desse empreendimento (Bernstein, 1998). O conceito de *risco*, segundo esta perspetiva, foi introduzido ao longo do tempo como meio de transformar a tradição de sujeição ao destino numa cultura de escolha, tornando-se uma ideia revolucionária (*ibid.*, p.1):

“O passado distante foi repleto de cientistas, matemáticos, inventores, técnicos e filósofos políticos brilhantes. Centenas de anos antes do nascimento de Cristo, os céus foram mapeados, a grande biblioteca de Alexandria construída e a geometria de Euclides ensinada. A busca por inovação tecnológica na guerra era tão insaciável na época quanto é hoje. Carvão, petróleo, ferro e cobre têm estado ao serviço dos seres humanos por milénios, e as viagens e as comunicações marcam os primórdios da civilização desde que há registo.

A ideia revolucionária que define a fronteira entre os tempos modernos e o passado é o domínio do risco: a noção de que o futuro é mais do que um capricho dos deuses e que homens e mulheres não são passivos perante a natureza.”

Segundo Kingston (2008), a palavra *risco* é difícil de definir; porém, não é complexa nem profunda. Este aparente paradoxo pode explicar, em parte, porque é que a palavra *risco* é tão amplamente utilizada na linguagem corrente e o seu estudo, realizado pelas diferentes áreas do conhecimento, tão diverso. De facto, existe atualmente mais de uma dezena de publicações científicas centradas no *risco* (e.g. *Journal of Risk Research*, *The Journal of Risk*, *Risk Analysis*, *Journal of Risk and Uncertainty*, *Risks*, *International Journal of Risk Assessment and Management*, *Risk Management*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *Environnement*, *Risques & Santé*, *Territorium e Law*, *Probability and Risk*).

Althaus (2005, p. 567) parte da conceptualização económica que distingue *risco* de *incerteza* para identificar a abordagem que cada disciplina utiliza no confronto do desconhecido, isto é, “na ordenação da aleatoriedade do desconhecido e sua conversão numa proposição de risco”. A investigadora fez uma abrangente revisão da literatura sobre o estudo do *risco*. No sentido de aprofundar a compreensão epistemológica do conceito, começa por referir as definições revistas por Thompson (1986), no seu artigo sobre os fundamentos filosóficos do *risco*.

Thompson (*ibid.*) sublinha a distinção entre a perspetiva ontológica, as coisas no mundo real, e a perspetiva epistemológica, a nossa construção ou julgamento acerca das coisas. O filósofo analisa a perspetiva ontológica de Rescher que realça a diferença entre *arriscar*, escolher conscientemente um curso de ação ciente das consequências, e *correr riscos*, tomar uma decisão em que a possibilidade de um resultado negativo não é um fator decisivo ou conhecido até. Menciona também a perspetiva da análise de risco centrada nos efeitos na saúde e segurança. Nesta perspetiva, a distinção é feita entre: o risco real, uma realidade que existe no mundo de forma autónoma e que consiste na combinação entre a probabilidade e consequência negativa; o risco observado, que é a medida dessa combinação obtida através da construção de um modelo do mundo real; e o risco percecionado, “a estimativa aproximada do risco real realizada por um membro do público não treinado” (*ibid.*, p. 277). Os dois últimos conceitos são realidades dependentes de um julgamento feito ou aplicação de um certo conhecimento sob condições de incerteza e, por isso, uma abordagem epistemológica ao risco.

2.1. O início da quantificação do risco

Antes de procurarmos responder à questão da perceção do risco, à luz da história da ciência, propomos uma viagem de cerca de seis séculos no passado para abordar os primórdios da quantificação do risco.

A história dos números oferece um bom exemplo da relação entre a aplicabilidade de uma descoberta e a velocidade da sua disseminação. Mais de 600 anos antes de Röntgen ter acidentalmente visto as sombras dos ossos da sua mão projetadas numa película fluorescente, Leonardo Pisano, conhecido por Fibonacci, publica em Itália, em 1202, o *Liber Abacci*, “Livro do Ábaco”, depois de tomar contacto pela primeira vez com a numeração indo-árabe em Bugia, uma cidade argelina na qual viveu (Hoffer, 1987).

O “Livro do Ábaco” permitiu que as pessoas ficassem cientes de todo um mundo novo em que a numeração indo-árabe podia substituir os sistemas hebraico, grego e romano que, utilizando

letras para contar e calcular, tornavam o processo extremamente exigente, acessível apenas a um pequeno número de pessoas.

O economista e historiador Peter Bernstein (1998) sublinhou o fator fundamental que contribuiu para o sucesso do livro de Fibonacci, para além da sua originalidade:

“Por mais engenhosos e originais que fossem os exercícios de Fibonacci, se o livro tivesse lidado apenas com teoria, provavelmente não teria atraído muita atenção além de um pequeno círculo de matemáticos cognoscenti. O livro foi entusiasticamente seguido, no entanto, porque Fibonacci encheu-o de aplicações práticas. Por exemplo, descreveu e ilustrou muitas inovações que os novos números tornaram possíveis na contabilidade comercial, como calcular as margens de lucro, câmbio, conversões de pesos e medidas e - embora a usura ainda fosse proibida em muitos lugares - até incluiu cálculos de pagamentos de juros.” (pp. XXIV-XXV)

Em 1494, mais de 250 anos depois do *Liber Abaci*, frei Luca Pacioli, considerado o pai da contabilidade, publica *Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni et Proportionalita* onde resume o conhecimento matemático existente até à altura e dá uma série de indicações sobre práticas comerciais sólidas. Reconhecendo a sua dívida para com o *Liber Abaci*, coloca um problema celebrizado como o “problema dos pontos”: como dividir a pontuação de um jogo justo inacabado entre dois jogadores, quando um deles estava em vantagem em relação ao outro.

Depois de inúmeras tentativas e contributos dados, entre outros, por matemáticos famosos do século XVI, como Tartaglia, Cardano, Ferrari e Galileu, o problema seria finalmente resolvido por Pascal e Fermat, por volta de 1654. A resolução deste problema marcou o início da análise sistemática da probabilidade, a medida da nossa confiança de que algo vai acontecer, abrindo caminho desta forma para a quantificação do risco (Bernstein, 1998).

2.2. A narrativa do risco

O antropólogo social Gaspar Mairal (2008, 2020) apresentou uma perspetiva histórica para ilustrar como é que o *risco* “saltou” do cálculo matemático para a narrativa, nomeadamente através da literatura, dando como exemplos alguns livros: “A Journal of the Plague Year”

(1722) do jornalista inglês Daniel Defoe, um livro de ficção baseado em factos históricos que teria como objetivo prevenir um novo surto da doença na cidade de Londres e que Mairal considera o melhor exemplo de uma das primeiras narrativas do *risco*; “Tagebücher” (1995) de Viktor Klemperer, para ilustrar diferentes tipos de narrativa do mal, do dano e do sofrimento e classificá-las em termos de incerteza, risco, medo, pânico e terror; e os livros de outros sobreviventes da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) como Primo Levi, “para compreender como a identidade das vítimas advém de um desafio da narrativa: dizer a verdade” (Mairal, 2008, p. 41). Descreve e analisa ainda alguns episódios etnográficos espanhóis para apoiar a sua teoria narrativa, como os protestos contra a central nuclear em Almaraz, a inundação de um parque de campismo que provocou a morte de 86 pessoas e o naufrágio do petroleiro *Prestige*. Para Mairal “o risco faz parte de uma experiência humana mais ampla: a nossa relação com o mal, o dano e o sofrimento. Se o risco se torna probabilidade, a incerteza torna-se possibilidade, o medo proximidade, o pânico ação e o terror experiência” (*ibid.*, p.49).

A proposta do antropólogo é a de que o risco não é um facto mas um artefacto, um instrumento utilizado para ligar objetos, factos, eventos ou quaisquer outras entidades que possam provocar dano a outras que possam ser danificadas. Esta ligação deriva da noção de probabilidade tal como definida por Pascal e Fermat e ainda atualmente aceite: a probabilidade de algo acontecer é igual ao quociente entre o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis.

Mairal analisou outro episódio, o desastre no parque de campismo nos Pirinéus espanhóis, em agosto de 1996, para exemplificar a diferença entre perigo e risco e como esta clarificação foi decisiva em decisões judiciais: “O perigo é um atributo das coisas, factos ou outras entidades enquanto o risco é uma relação que estabelecemos entre objetos, factos ou entidades” (*ibid.*, p. 44). Após aquela catástrofe, abriram-se dois processos, um penal e outro administrativo. No processo penal, em 1999, o governo foi absolvido por se ter estabelecido que a inundação tinha sido excepcional e imprevisível, mas em 2005 o governo autónomo de Aragão e o Ministério do Ambiente Espanhol foram sentenciados pelo tribunal administrativo a pagar 11.2 milhões de euros em compensações. Mairal cita a afirmação de um dos peritos que foi chamado a depor neste último julgamento: “O perigo não é previsível, mas o risco certamente é”. Aquele tipo de tempestades era bastante frequente nos Pirenéus naquela época do ano, tendo ocorrido grandes inundações anteriormente, em 1929 e 1959, mas na ausência de quaisquer construções, sendo a única infraestrutura afetada pelas inundações uma estrada. Foram feitos trabalhos profundos de engenharia para evitar futuras inundações. Em 1986 foi construído um parque de campismo com autorização do Estado, ignorando um relatório técnico que avaliou o local como sendo de

“risco elevado”. O curso de água no local era perigoso, pois podia extravasar as suas margens apesar do trabalho preventivo. O perigo era um atributo do curso de água. A probabilidade de perigo materializar-se com consequências era o risco. Se a recomendação feita pelo relatório técnico, de não localizar o parque de campismo naquele sítio, tivesse sido tomada em conta, o risco não teria existido: “Na corrente de Arás havia um perigo e na localização do parque de campismo um risco. O primeiro é um atributo, mas o último é uma relação” (*ibid.*, p. 46).

No seu modelo narrativo do *risco*, Mairal (*ibid.*) propõe que a percepção não é o principal fenómeno para conceptualizar a noção de risco por parte do público, ou uma noção partilhada do risco, mas antes a narração, exemplificando com o caso do *Prestige*, acidente em que a narrativa do risco, construída a partir de outros naufrágios anteriores que afetaram grandemente aquela região, prevaleceu sobre o cálculo aquando da tomada de decisão sobre trazer o *Prestige* para o porto ou deixá-lo afundar-se o mais longe possível da costa.

Esta perspetiva reforça as múltiplas facetas intrínsecas ao conceito de *risco* enquanto confronto da incerteza e elemento central na tomada de decisão.

3. A percepção do risco

Apesar do modelo de Mairal propor que a percepção não é o principal fenómeno para conceptualizar a noção de risco por parte do público, vários estudos têm identificado um problema de discrepância na percepção do risco entre, por um lado, as organizações científicas, industriais e governamentais e, por outro, o público. Esta discrepância leva a comportamentos muitas vezes dissonantes entre os dois lados. O problema terá sido abordado pela primeira vez do ponto de vista científico por Chauncey Starr. O investigador procurou compreender quanta tecnologia uma sociedade conseguia comportar através da relação entre benefícios socioeconómicos, indicativos de melhoria na qualidade de vida, como a saúde, a educação e o vencimento, e custos justificados, como problemas urbanísticos, problemas ambientais, desemprego tecnológico e problemas de saúde. Procurou assim responder à pergunta “o que é que a nossa sociedade está disposta a pagar pela segurança?” (Starr, 1969).

Starr chegou a uma medida do benefício social em relação ao custo, este último expresso pelas mortes acidentais que resultam dos desenvolvimentos tecnológicos com utilização pública. A avaliação quantitativa pretendia guiar e regular os desenvolvimentos tecnológicos de forma a alcançar o máximo benefício com o mínimo custo. Segundo Starr, esta análise preditiva não tinha ainda sido desenvolvida e a sociedade tinha chegado a um balanço aceitável, entre

benefícios tecnológicos e custos sociais, de modo empírico, por tentativa, erro e passos corretivos subsequentes (*ibid.*).

Os estudos de Starr demonstraram que, apesar da sociedade aceitar o risco de acordo com a relação risco-benefício, os comportamentos e atividades percebidos como controláveis são aceites várias ordens de magnitude mais, até mil vezes mais, do que os percebidos como não controláveis (*ibid.*).

No seguimento destes resultados, surgiu a abordagem psicométrica, que estuda as possíveis causas da frequente discrepância entre estimativas de risco feitas por técnicos e as que são feitas pelo público. Esta abordagem define a percepção de risco enquanto constructo multidimensional, em que diversas dimensões ou fatores são tidos em conta para a determinação da percepção de risco do evento ou tecnologia em causa, *inter alia*, a familiaridade, o potencial catastrófico e o imediatismo das consequências (Fischhoff et al., 1978; Sjöberg, 2000; Sjöberg & Drottz-Sjöberg, 1994; Slovic, 1996; Slovic, 1987).

Nesse sentido, Fischhoff et al. (1978) realizaram o primeiro estudo com o objetivo de avaliar a utilidade das técnicas de questionário para esclarecer as atitudes perante os riscos e benefícios tecnológicos. Os autores tentaram abordar a questão: «quão seguro é suficientemente seguro?». A teoria psicométrica foi construída a partir destas técnicas de questionário, as quais permitiram identificar fatores, mencionados *supra*, que influenciam a percepção de risco. Estes fatores têm-se mantido relativamente constantes ao longo dos últimos 40 anos (Fox-Glassman & Weber, 2016).

Muitos dos fatores estudados podem ser interligados e partilhar pontos comuns. Por exemplo, o medo é influenciado pelo estigma (má reputação) e pela incerteza. Sendo os fatores psicométricos da descrição dos riscos constantes (por exemplo, controlo, potencial catastrófico, etc.), o que se torna interessante é perceber como a percepção de risco das atividades se alterou ao longo do tempo. Um caso evidente é o micro-ondas de cozinha que era percebido como tendo mais risco associado à sua utilização aquando do seu aparecimento do que passadas algumas dezenas de anos. O trabalho que ora se discute parte da premissa de que o risco radiológico tem vindo a mudar claramente o seu lugar no espaço fatorial da psicométrica de risco ao longo de dezenas de anos, o que está no centro do fenómeno a estudar.

Outra abordagem, das ciências cognitivas, encara o risco como um instinto, uma sensação que a pessoa utiliza na avaliação da situação (Loewenstein et al., 2001; Slovic, 2016b; Slovic et al., 2004). Estas teorias indicam a existência de duas formas ou sistemas fundamentais através dos

quais os seres humanos compreendem o risco: o sistema analítico, que utiliza algoritmos e regras normativas, é relativamente lento, envolve esforço e requer um controlo consciente; o sistema experiencial, que é intuitivo, rápido, maioritariamente automático e não muito acessível à consciência. Este último permitiu a sobrevivência dos seres humanos durante o seu período de evolução e permanece a forma mais natural e comum de responder ao risco. Baseia-se em imagens e associações, ligadas à emoção e ao afeto através da experiência. O sistema experiencial representa assim o risco enquanto um sentimento que nos diz se algo é seguro ou perigoso. O processo subconsciente, designado como heurística do afeto, reduz o tempo de tomada de decisão e permite o funcionamento sem requerer uma extensa pesquisa de informação (Slovic et al., 2004; Tversky & Kahneman, 1974).

Estas abordagens serão apresentadas em maior detalhe no capítulo 4.

4. Objetivos da investigação

A história da investigação científica sobre a radiação ionizante está repleta de feitos assinaláveis, como a criação da radiologia e a descoberta da radioatividade, e resultados inesperados, tornando a perceção do risco radiológico um objeto de estudo fascinante. É neste contexto que a presente tese tem, como objetivo geral, retratar a génese e evolução da perceção do risco radiológico em Portugal e como objetivos específicos:

- caracterizar a perceção do risco radiológico, por parte da comunidade científica, desde a descoberta dos raios X até à atualidade;
- comparar a perceção do risco radiológico por peritos e socorristas;
- refletir sobre a comunicação do risco numa emergência radiológica ou nuclear em Portugal;
- promover a educação científica em torno da história do risco radiológico;
- contribuir para a eficácia da resposta a uma situação de emergência radiológica ou nuclear.

5. Metodologia

Para atingir os objetivos referidos, adotou-se uma metodologia mista, constante da análise documental ao longo de todo o projeto (que se privilegiou) e da recolha de dados qualitativos através de entrevistas. A pesquisa documental incidiu sobre fontes escritas oficiais, fontes escritas não oficiais e fontes não escritas. Procurou-se a abrangência de conteúdos relevantes

para a investigação histórica. As populações em estudo foram peritos em proteção e segurança radiológica, socorristas e trabalhadores expostos.

A descrição e reflexão crítica sobre a percepção do risco radiológico no período em análise assentou numa adaptação da abordagem dos modelos mentais (Morgan et al., 2002). A aplicação destes modelos, enquanto metodologia de investigação, tem sido utilizada amplamente para determinar a forma como as pessoas pensam acerca de questões complexas (Salter, 2015).

O retrato histórico da percepção do risco radiológico, no momento das descobertas, foi construído através da revisão bibliográfica, recolha e análise documental de publicações da época e arquivos digitais dos museus e instituições que tratam a história da radioatividade e risco radiológico, privilegiando-se as fontes primárias de arquivo e jornalísticas.

A tese divide-se em quatro capítulos: após a introdução, o capítulo 1 descreve os precursores das ciências radiológicas e nucleares; o capítulo 2 relata a chegada da novidade científica a Portugal; o capítulo 3 apresenta estudos de caso de antigos trabalhadores expostos ao risco radiológico; o capítulo 4 analisa a percepção do risco radiológico face ao estado da ciência. Por fim, são apresentadas as conclusões da investigação.

6. Comunicações em encontros científicos durante a investigação para a tese

No decurso da investigação foi possível apresentar e debater com a comunidade científica aspetos específicos do tema em conferências nacionais e internacionais, bem como publicar um artigo numa revista internacional especializada em proteção radiológica.

Em 2018, foram apresentadas três comunicações: i) o estudo sobre a origem do conceito científico de risco, e de risco radiológico em especial: apresentado no Encontro Nacional de História das Ciências e da Tecnologia; ii) um retrato da história da percepção do risco radiológico: apresentado na Conferência Nacional de Física e Encontro Ibérico para o Ensino da Física; iii) uma reflexão sobre a percepção de risco radiológico e a forma como o senso comum e a ideologia podem impedir a gestão adequada do risco: apresentada no Simpósio Internacional de Comunicação em Emergências Nucleares e Radiológicas.

Em 2019, foram apresentadas outras três comunicações: i) construção de um modelo perito para caracterizar o estado de conhecimento do risco de radiação ionizante, compreendendo a contribuição de oito especialistas: apresentado na Conferência Internacional Ricomet; ii) a

evolução da percepção de risco analisada à luz do estabelecimento de limites de dose na legislação internacional e portuguesa: apresentada na reunião anual da *History of Science Society*; iii) balanço da investigação realizada: apresentado na segunda reunião anual do grupo ibérico da Sociedade de Análise de Risco.

Os resultados dos trabalhos discutidos nestes eventos são apresentados ao longo da presente tese. A citação completa dos trabalhos encontra-se numa secção antes das referências bibliográficas.

Finalmente, foram construídos modelos mentais de percepção de risco radiológico de socorristas em Portugal e comparados com o modelo perito. Os resultados deste trabalho foram publicados no *Journal of Radiological Protection* (Melo et al., 2020).

Capítulo 1. Os precursores do estudo da radiação ionizante³

“A sciencia faz-se principalmente pelo processo por que as formigas enriquecem os seus celleiros, trazendo cada uma, pacientemente, o grão de trigo perdido pelo lavrador, a migalha de broa que cahiu no solo durante a frugal (sic) refeição do operário”.

Augusto Rocha in *Coimbra Médica* (1 de fevereiro de 1896, p. 51)

1.1. A descoberta dos raios X

“Uma das principais tarefas da razão humana é tornar o universo em que vivemos algo compreensível para nós. Tal é a tarefa da ciência.”

Karl Popper (1999)

O primeiro tipo de radiação ionizante a ser descoberto foi os raios X, no final do séc. XIX, em novembro de 1895 (Röntgen, 1896). A tecnologia da fotografia, inventada na década de 20 do mesmo século, por Nicéphore Niépce (ca. 1827), e melhorada por Daguerre e Talbot (ca. 1841), deu um contributo importante para a compreensão desta radiação por permitir detetá-la e

³ O presente capítulo resulta da adaptação dos trabalhos realizados para as unidades curriculares do programa de doutoramento, especificamente: Temas de História das Ciências e Tecnologia; Ciências, Educação e Cultura; Epistemologia e História das Ciências; e Discursos e Práticas Científicas.

registrar o resultado. A técnica da fotografia foi também aprofundada por Abel Niépce de Saint-Victor, primo de Niépce.

Como em quase todas as histórias de uma qualquer descoberta científica, a história dos raios X começou com um encadear de trabalhos levados a cabo por investigadores de diferentes instituições. Os raios X foram descobertos, entre outros acontecimentos, depois de Hertz demonstrar a existência de radiação eletromagnética (1887-1888), prevista teoricamente por Maxwell (1865), e após os trabalhos de Philipp Lenard sobre os raios catódicos (1888-1892).

Os investigadores, munidos das técnicas disponíveis e inteirados do trabalho dos seus colegas, tentavam compreender e explicar os fenómenos que observavam, apressando-se a tornar público o que verificavam ser conhecimento novo. Este conhecimento, por sua vez, já então obedecia a alguns critérios para ser considerado científico, nomeadamente: i) ter sido obtido através do método experimental; ii) ser sujeito ao crivo dos pares; e iii) receber a chancela da publicação científica.

A descoberta dos raios X cumpriu todos estes critérios num curtíssimo intervalo de tempo e, em poucas semanas, investigadores na Europa e América replicaram com sucesso o processo descrito e demonstrado primeiramente por Röntgen. Röntgen estava a estudar os raios catódicos com um tubo de descargas elétricas em atmosferas rarefeitas que, na altura, não se sabia ainda serem feixes de eletrões. Estes só foram caracterizados e identificados como partículas⁴ por J. J. Thomson cerca de dois anos depois da descoberta de Röntgen.

Quando o jornalista Henry Dam, da McClure's Magazine, entrevistou Röntgen sobre a descoberta, e lhe perguntou o que pensava acerca dela, o físico sublinhou a importância do método científico: *“Não pensei; investiguei. (...) Era claramente algo novo, algo não registado. (...) Ao descobrir a existência de um novo tipo de raios, comecei, claro, a investigar o que fariam.”* (Dam, 1896, p. 413). Quando Dam o questionou sobre previsões, Röntgen respondeu com a mesma abordagem empírica: *“Não sou um profeta e sou contra profetizar. Estou a prosseguir as minhas investigações e assim que os meus resultados forem comprovados deverei torná-los públicos.”* (ibid., p. 414).

⁴ A designação “eletrão” foi proposta por Stoney (1894) para a unidade fundamental de eletricidade, e adotada por Lorenz, Larmor e Fitzgerald para a partícula de Thomson, designação que é usada por ele na sua lição Nobel de 1902.

1.1.1. O (i)mediatismo na comunicação ao público

No domínio da construção, verificação e transmissão de conhecimento, tanto dentro da comunidade científica como fora dela, a internet não foi o primeiro veículo para a informação viajar rapidamente em torno do globo terrestre e chegar ao público. Antes da *world wide web*, a informação já circulava com considerável celeridade e extensão geográfica através dos meios telegráficos – telégrafo e telefone – não há muito introduzidos⁵ mas já amplamente utilizados. A mediática descoberta dos raios X ilustra de maneira excecional como a divulgação do conhecimento científico podia acontecer num intervalo de dias ainda antes da tecnologia digital do século seguinte, tendo sido, no entanto, a primeira vez que uma importante descoberta científica foi difundida mundialmente através do telégrafo (Arruda, 1996).

A notícia da descoberta de Röntgen espalhou-se rapidamente depois deste a publicar num relatório da Sociedade de Física e Medicina da Universidade de Würzburg, onde trabalhava. Röntgen enviou também cartas com uma cópia da publicação e das imagens obtidas com os raios X para inúmeros dos seus colegas de diferentes países europeus (*ibid.*).

A acessibilidade e simplicidade parecem ser fatores-chave na determinação do tempo que demora desde a conceção de uma ideia tecnológica até à sua primeira aplicação (Starr, 1969). Ora o equipamento dos raios X era relativamente barato e o processo mais ou menos fácil de realizar, tendo sido rapidamente acolhido não só na comunidade científica como também em demonstrações públicas, exposições, feiras e entretenimentos vários (Assmus, 1995; Jülich, 2008).

O sensacionalismo provocado pelo facto das pessoas poderem ver, pela primeira vez, os seus próprios ossos expostos em fotografia, com um efeito garantidamente estranho e bizarro, junto com as evidentes possibilidades acarretadas pelos raios X, nomeadamente para identificar fraturas ósseas e localizar corpos estranhos como agulhas e balas, contribuiu para a publicação, logo no ano seguinte à descoberta, de mais de 49 livros e panfletos e mais de 1000 artigos (Avery, 2015). Depois da “febre dos raios X”, quando Röntgen recebeu o primeiro prémio

⁵ A primeira linha de telégrafo apareceu em 1845 e a primeira comunicação telegráfica transatlântica em 1858. O primeiro telefone foi demonstrado em 1876.

Nobel da física, em 1901, o efeito da novidade já tinha passado e o processo dos raios X estava mais confinado à utilização para fins médicos e industriais.

Um apontamento curioso, sobre os desenvolvimentos que estavam a acontecer noutras áreas, com intrigante paralelismo, é dado pela psicanálise, sendo que o processo de Röntgen, de “destapar” o interior do corpo, surgiu na mesma altura em que Jopseph Breuer e Sigmund Freud propuseram “destapar” o que está escondido na mente com os *Estudos sobre a Histeria* (Avery, 2015; Breuer & Freud, 1895).

1.1.2. A natureza dos raios X e as suas aplicações

Para além do aparente encadeamento de descobertas⁶, a evolução na ciência faz-se também através de ruturas. Na altura, acreditava-se que estavam encontrados os fundamentos essenciais do conhecimento da natureza, nomeadamente na mecânica, termodinâmica, eletromagnetismo, ótica e acústica (Jorge & Costa, 2001). Porém, o conhecimento deste novo tipo de radiação, juntamente com a descoberta da radioatividade natural logo depois, levou a um novo paradigma nas ciências físicas (Rutherford, 1919).

Röntgen chamou *raios X* à nova forma de radiação por desconhecer a sua natureza, apesar de achar que podia ser de alguma forma parecida à radiação ultravioleta. O investigador sabia que se tratava de uma forma de luz, por fazer sombras como esta também faz, porém atravessava corpos que bloqueavam a luz visível. Sabe-se atualmente que os raios X são da mesma natureza eletromagnética da luz, a radiação visível, mas com uma frequência maior. A natureza desta radiação permite inúmeras aplicações, *inter alia*, na medicina, na ciência e na indústria (Dicionário infopédia da Língua Portuguesa, 2020):

*“Os raios X (...) [p]ossuem a capacidade de penetrar corpos opacos à luz.
(...) A sua absorção pela matéria é baixa e não depende da composição química da mesma, mas sim da sua densidade, razão pela qual os ossos as absorvem em maior quantidade que a pele.*

⁶ O estudo da sucessão de eventos e a confirmação da autoria das descobertas são duas constantes na história da ciência. Como ilustra o livro *“Invenção da Ciência”*, de David Wotton (2017), a ciência é um campo em que a competitividade é omnipresente, contudo nem sempre de forma positiva. No caso dos raios X, por exemplo, Lenard protestou durante anos sobre a primazia da descoberta e Röntgen lamentou a excessiva exposição mediática de que foi alvo, bem como as intrigas que minavam o seu trabalho (Arruda, 1996).

Tecnicamente, os raios X são utilizados, entre outras coisas, para estudar metais e ligas. Aplicam-se sobretudo na detecção de defeitos internos, tais como porosidades e inclusões em soldaduras (radiografia), determinação de estruturas, fases, orientações cristalinas e texturas (difração de raios X), bem como na análise clínica de metais (fluorescência de raios X).

Para além disso, utilizam-se para investigação da estrutura cristalina, para a determinação dos níveis energéticos nos átomos e experiências com mutações em animais e plantas.

Em medicina, o seu campo de aplicação estende-se desde o diagnóstico até à terapia.”

No caso das aplicações médicas dos raios X, como nas invenções em muitas outras áreas, a imaginação e ficção precederam a realidade em pelo menos três anos, como atesta o livro *Electra*⁷, escrito em 1892 por Ludwig Hopf, um médico alemão, sob o pseudónimo Philander:

«“Se ao menos houvesse alguma maneira de tornar o corpo humano transparente como uma água-viva!” A exclamação era de um jovem médico da província, diante de um incómodo paciente que exigia a confirmação do seu diagnóstico (...). Mal o médico tinha acabado de falar, uma jovem apareceu, rodeada de luz. Electra, pois esse era o seu nome, entregou ao médico uma lata cuja luz mágica penetrava no corpo humano, tornando a sua vida interior visível. Com a ajuda deste presente, feito “para o bem dos homens e mulheres”, o médico pôde imediatamente confirmar o seu diagnóstico e receber o seu pagamento. Não satisfeito com o sucesso imediato, continuou a investigar a luz misteriosa e conseguiu produzir artificialmente o seu agente. Transmitiu isto aos seus companheiros, como um presente para a humanidade sofredora, com as seguintes palavras: “Começou uma nova e gloriosa era para nós médicos.”»

⁷ A menção ao livro encontrava-se na página do Museu Alemão Röntgen (*Deutsches Röntgen-Museum's History of Radiology*). Acedida em <http://www.roentgen-museum.de/index.php?id=34&L=1> A página do museu foi alterada e atualmente a menção ao livro encontra-se na wikipedia em [https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Hopf_\(Mediziner\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Hopf_(Mediziner))

Para além da imediata aplicação dos raios X para visualizar estruturas ósseas, cedo se percebeu o potencial da radiação para o tratamento de tumores malignos. Acreditou-se também, durante mais de 40 anos, que seriam uma terapia eficaz para uma série de doenças, cerca de 100 responderiam favoravelmente, entre as quais: problemas de coração, impotência, úlceras, depressão, artrite, pressão alta, cegueira, tuberculose, infeções do couro cabeludo em crianças e tumores benignos. Ainda na medicina, introduziu-se a técnica do contraste através da ingestão de substâncias radiopacas como agente de contraste, levando ao aparecimento de cancro em muitos dos utentes 20 a 30 anos depois de terem ingerido o produto (Lima et al., 2009).

A angiografia cerebral, como forma de visualizar o cérebro *in vivo*, foi outra inovação na área da imagiologia possibilitada pela aplicação dos raios X juntamente com as técnicas de contraste. Apesar de Egas Moniz ter recebido o mérito pela invenção da angiografia cerebral, depois de várias nomeações para o prémio Nobel, sem sucesso, pela descoberta e desenvolvimento deste método, alcançou finalmente o prémio Nobel da medicina em 1949, *ex æquo* com Walter Hess, “pela descoberta do valor terapêutico da leucotomia em certas psicoses” (Correia, 2006; NobelPrize.org, 2020).

Fora da área da medicina, como referido *supra*, uma das principais aplicações dos raios X foi na análise não destrutiva de peças industriais para verificação de defeitos em objetos metálicos e de borracha. Esta técnica foi amplamente utilizada durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) no controlo de qualidade do fabrico de armas (Crowther, 1945). Das experiências iniciais, com a fotografia de objetos metálicos dentro de caixas de madeira, resultou também a aplicação das radiografias de bagagens, realizadas nos aeroportos e na entrada em edifícios, para fins de segurança.

Surgiram ainda outros aparelhos, depois descontinuados, como por exemplo o fluoroscópio para utilização nas sapatarias. Este objeto permitia às pessoas visualizarem o esqueleto do pé dentro do sapato para “testarem cientificamente” se o sapato que estavam a pensar comprar era o mais adequado. Comercializado até aos anos de 1970s, e sem que existisse inicialmente qualquer regulamentação para o mesmo, o aparelho podia administrar, sem controlo, doses de radiação prejudiciais na loja (Dommann, 2006).

Nesta altura, é patente o entusiasmo e deslumbramento de uma descoberta promissora, bem como o pouco reconhecimento dos perigos associados e dos riscos de uma utilização excessiva. Há casos de sobre exposição primeiro pelos especialistas – médicos, físicos, fotógrafos – depois pelos pacientes e pelo público.

1.2. A investigação sobre as substâncias radioativas

“Resulta do conjunto das minhas experiências que essa atividade persistente dada pela luz a todos os corpos porosos, mesmo os mais inertes, não pode ser fosforescência, porque não duraria tanto, segundo experiências do Sr. Edmond Becquerel; portanto, é mais provável que se trate de uma radiação invisível aos nossos olhos, como acredita o Sr. Léon Foucault, radiação que não passa pelo vidro.”

Niépce de Saint-Victor (1861)

A história da descoberta da radioatividade natural contou com um ambiente de colaboração extraordinariamente profícuo e resultou numa influência inquestionável na ciência, educação e cultura. A quase descoberta da radioatividade aconteceu trinta anos antes. Em 1861, Saint-Victor tinha usado a fotografia para tentar perceber se a luz podia ser armazenada em substâncias. Os seus estudos, publicados nos relatórios semanais da Academia das Ciências francesa, são considerados por alguns autores contemporâneos de Henri Becquerel como os precursores da descoberta da radioatividade, tendo certamente aberto o caminho para os que continuaram os estudos da fotografia do invisível (Fournier, 1999).

Henri Becquerel, cujo pai Edmond Becquerel é mencionado na citação *supra*, tomou conhecimento do trabalho de Röntgen semanas depois e confirmou um fenómeno semelhante ao dos raios X através dos raios do urânio. Segundo as notas publicadas nos relatórios da Academia das Ciências francesa, os primeiros a compreender realmente o fenómeno e a cunhar o termo radioatividade⁸ foram Marie Skłodowska Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), que começaram por trabalhar com Henri Becquerel e depois prosseguiram a investigação sobre o assunto já com outros colegas (Becquerel, 1896; M. Curie, 1898; Pierre Curie et al., 1898).

O termo radio-activo aparece pela primeira vez na publicação de comunicação da descoberta do polónio, em 1898. A palavra foi criada e usada primeiro para designar o fenómeno de

⁸ Segundo o glossário da IAEA (2019, p. 189), radioatividade “é o fenómeno em que os átomos sofrem desintegração aleatória espontânea, geralmente acompanhada pela emissão de radiação”.

emissão de radiações por parte do polônio e do rádio e, por extensão, do urânio e outros elementos radioativos. Como observa Adloff (2011, p. 21), nesta altura, “Pierre Curie, fascinado pelas descobertas de Marie, (...) abandona os seus próprios projetos de investigação para se juntar à sua mulher”. A investigação sobre os raios do urânio passou da física para a química: separar e identificar uma substância, cujas propriedades químicas eram desconhecidas, através de procedimentos de química analítica e medição da radioatividade, contando o casal de físicos com a colaboração do químico Gustave Bémont, para a parte da química. Marie e Pierre Curie examinaram várias substâncias e minerais com o objetivo de detetar sinais de radioatividade e descobriram um mineral mais radioativo que o urânio do qual conseguiram extrair dois elementos até aí desconhecidos, o polônio e o rádio, ambos mais radioativos que o urânio (P Curie & Sklodowska-Curie, 1898).

A escolha do tema da tese de doutoramento de Marie Curie acabou por recair sobre o trabalho de Becquerel, os raios urânicos, uma vez que os raios X, apesar de também recentes, “já tinham perdido o charme da novidade” (Adloff, 2011, p. 20). A tese, realizada na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris, levou à descoberta de toda uma nova área que veio a influenciar os mais diversos campos científicos (M. Curie, 1904). Marie defendeu a sua tese, “*Recherches sur les substances radioactives*”, a 12 de junho de 1903, na Sorbonne, e, nesse mesmo ano, partilhou o prémio Nobel da física com o seu marido e com Becquerel.

Através dos arquivos do comité do prémio Nobel, soube-se que a Academia das Ciências francesa propôs os nomes de Becquerel e Pierre, mas não o de Marie. Um colega sueco advertiu Pierre a tempo deste protestar e conseguir que o nome de Marie fosse incluído no prémio. A morte de Pierre, em 1906, levou a mais um marco assinalável na história das ciências e do mundo académico. De acordo com o relato da sua neta Hélène, Marie ficou com a unidade curricular que era lecionada por Pierre e com o laboratório em que trabalhavam, o que “derrubou pela primeira vez tradições que excluía as mulheres de cargos no ensino superior e abriu a porta a outras mulheres” (Langevin-Joliot, 2011, p. 5).

Já depois da morte de Pierre, Marie Curie continuou a investigar as propriedades dos novos elementos e em 1910 conseguiu produzir rádio como um metal puro.

Os compostos radioativos que Marie Curie estudou tornaram-se importantes fontes de radiação tanto em investigações científicas como na medicina onde começaram a ser utilizados no tratamento de tumores. Neste campo, a radioatividade levou a novos métodos terapêuticos e de diagnóstico, sendo que as primeiras aplicações clínicas de substâncias radioativas foram

realizadas pouco depois da sua descoberta. Reconhecido pelas suas propriedades médicas, como veremos *infra*, o rádio tornou-se um produto industrial e cosmético em voga, utilizado nomeadamente em batons, cremes de beleza ou ainda em filtros de água (Douet & Rose, 2012).

1.2.1. As implicações da descoberta da radioatividade e do rádio

Em 1905, Pierre Curie deslocou-se a Estocolmo para receber o prémio Nobel da física de 1903, metade do qual partilhado com Marie Curie, a outra metade atribuída a Becquerel (*The Nobel Prize in Physics 1903*, n.d.).

No discurso de receção do Nobel, intitulado “*Substâncias radioativas, especialmente o rádio*”, Pierre Curie contextualiza o início dos estudos das substâncias radioativas no ano de 1898, refere que os efeitos gerais das radiações do rádio são intensos e muito variados e, após enumerar as várias experiências realizadas em torno do seu estudo, esclarece que uma substância radioativa como o rádio constitui uma fonte de energia contínua, sendo a energia manifestada na emissão da radiação.

Após apresentar as aplicações do rádio na física, na química, na geologia e na meteorologia, Pierre deixa para o fim o impacto destas descobertas nas ciências biológicas, dando conta de que vários estudos estavam em curso e era já praticada a utilização dos raios de rádio para o tratamento de algumas doenças. Logo de seguida, porém, adverte para os perigos da ação dos raios e emanações desta substância (Pierre Curie, 1905, p. 78):

“Em certos casos, a ação [dos raios de rádio] pode tornar-se perigosa. Se alguém deixar uma caixa de madeira ou cartão contendo uma pequena ampola de vidro com vários centigramas de um sal de rádio no bolso, por algumas horas, não sentirá absolutamente nada. Mas, 15 dias depois, aparecerá uma vermelhidão na epiderme e, em seguida, uma ferida que será muito difícil de curar. Uma ação mais prolongada pode levar à paralisia e morte. O rádio deve ser transportado numa caixa grossa de chumbo.”

Para além dos perigos físicos, Pierre termina o seu discurso alertando para possíveis perigos maiores, como o rádio cair em mãos erradas, e para o impacto que a revelação dos segredos da natureza poderia ter na própria humanidade, mostrando-se, no entanto, otimista de que a humanidade iria retirar mais benefícios do que malefícios destas descobertas (*ibid.*):

“O exemplo das descobertas de Nobel é característico, pois explosivos potentes permitiram ao homem realizar um trabalho maravilhoso. Eles também são um meio terrível de destruição nas mãos de grandes criminosos que conduzem os povos para a guerra. Eu sou um dos que acredita, como Nobel, que a humanidade obterá maior bem do que mal com as novas descobertas.”

Oito anos após a morte de Pierre, Marie seguiu as recomendações que o marido tinha feito na comunicação em Estocolmo, sobre os cuidados a ter com a utilização do rádio e os perigos que poderiam advir de ficar em mãos inimigas. Em 1914, Marie reuniu todo o rádio que tinha no seu laboratório em Paris e transportou-o dentro de um recipiente, forrado a chumbo, numa viagem de comboio desde a capital francesa, prestes a ser invadida pelo exército alemão, até Bordéus, transformada temporariamente na capital de França. Como descreve Jorgensen (2017), após guardar o rádio num depósito de um banco local, Marie regressou a Paris confiante de que iria reclamá-lo depois do seu país adotivo ganhar a guerra e dela própria ajudar de alguma maneira. O seu país de origem, a Polónia, já tinha sido invadido nessa altura.

Marie utilizou os conhecimentos científicos que tinha sobre os raios X, bem como as suas ligações sociais, e juntou 18 viaturas, transformando-as em unidades móveis de radiologia para assistir os feridos de guerra, as *petite Curie* (Davis, 2016). Finda a guerra, Marie regressou ao Instituto do Rádio, que tinha fundado pouco antes da guerra começar e, entre 1918 e 1934, o ano da sua morte, tornou o Instituto num dos principais centros de investigação da radioatividade.

1.2.2. Os anos loucos do rádio

A descoberta do rádio provocou o rápido, e inicialmente descontrolado, uso da substância em todas as áreas da vida, dando origem ao que se designou de *années folles du radium*, os anos loucos do rádio. Entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, houve um deslumbramento da sociedade em relação à substância. Tal como consta da exposição permanente da página do Museu Curie de Paris, vivia-se entre o mito e a realidade relativamente às propriedades deste elemento recém-descoberto (Musée Curie, n.d.):

“Após a atribuição, em 1903, do prémio Nobel da física, a Pierre e Marie Curie, o público descobre na imprensa este elemento misterioso: o rádio.

Camille Flammarion, famoso divulgador da ciência, disse sobre ele: “O rádio, uma palavra radiosa e radiante, num instante estava na boca de todos. Tinha um ar festivo que agradava”. Pierre e Marie Curie observam que o rádio emite constantemente radiação invisível, emite calor espontaneamente e emite um leve brilho no escuro. Essas propriedades são percebidas como extraordinárias, até mágicas. O rádio é uma fonte inesgotável de energia e o halo de luz que o rodeia confere-lhe uma aura sobrenatural. Na altura, o rádio inspirou escritores e artistas. Os fabricantes usavam-no como argumento publicitário.”

Na mesma exposição, encontramos a primeira grande dançarina internacional e coreógrafa autodidata, a norte-americana Mary Louise Fuller, que criou, em 1892, em Nova York, um espetáculo a solo, a “Dança serpentina”, imortalizado pelo primeiro filme a cores produzido por Thomas Edison. Depois de se mudar para Paris, Fuller utilizou as tecnologias mais recentes da altura nos seus espetáculos e incorporou novas invenções para efeitos cénicos. Em 1898, montou um laboratório onde investigou os efeitos luminosos e os raios ultravioleta. Deste trabalho, e inspirada nas descobertas dos Curie, resultou a “Dança ultravioleta”. Posteriormente, montou um espetáculo que intitulou de “Dança do rádio”. A artista, investigadora e inventora, depois de ter oferecido uma sessão privada das suas danças luminosas ao casal Curie, convidou-os a conhecerem o escultor Auguste Rodin, em Meudon, nos arredores de Paris, em 1904.

O impacto que o rádio teve na sociedade francesa e além-fronteiras foi evidente, tanto na ciência, na arte e no espetáculo como também nos mais diversos setores económicos. Nos anos loucos do rádio, entre início dos anos 1920 até pelo menos 1937, ano em que foi classificado na farmacopeia como veneno (Mabileau, 1959), encontramos vários objetos de uso quotidiano em que o rádio ou o seu nome estava presente, desde cremes cosméticos, brilhantina, até lã radioativa para tricotar roupa de bebé “conferindo-lhe um inegável valor higiénico” (*ibid.*).



Figura 1. Rótulo de garrafa "Água radium - Dá saúde, vigor e força"

Foram também comercializados relógios com ponteiros luminosos. Esta indústria daria origem ao desastroso e mediático caso das trabalhadoras nos Estados Unidos da América que pintavam os ponteiros dos relógios, molhando com a boca o pincel com tinta de rádio e contraindo, desta forma, necrose do maxilar (Stannard, 1988). Os “extratores” da década de 1930 são outro exemplo. Eram vendidos como uma espécie de filtros que tornavam a água radioativa através da sua passagem por uma cápsula de sais de rádio, para ingestão e banhos⁹. Estes filtros eram comercializados sob o lema do rádio ser uma “fonte de vida e de saúde”

e “um reservatório de forças naturais armazenadas em quantidade extraordinária num pequeníssimo volume”, forças essas, pode ler-se num folheto do Escritório Francês do Rádio, “retrocedidas sob a forma de emissões contínuas suscetíveis de dar às nossas células a energia indispensável à vida” (*Le radium, entre mythe et réalite populaire*, n.d.).

A marca "radium" foi também usada no período entre as duas Grandes Guerras para muitos objetos do quotidiano, não radioativos, como carros de canas de pesca, afiadores de lâminas, lâminas de barbear e cigarros. Nalguns casos, o seu uso continuou até à década de 50 do séc. XX. O entusiasmo na comunidade científica portuguesa não foi diferente do dos restantes países. Como será referido no capítulo 2, algumas termas com águas radioativas, por exemplo, começaram a surgir em Portugal, para a cura de todos os males, bem como publicidade que

⁹ No espólio do Museu Curie de Paris é possível ver, por exemplo, o desenho de um extrator de radão da ERCO (cerca de 1930). Acedida em <https://artsandculture.google.com/exhibit/les-fontaines-au-radium-mus%C3%A9e-curie/qgJCoxBTM9tcIg?hl=fr>

enaltecia esta característica na promoção da venda de águas para consumo, como exemplifica a figura 1¹⁰, uma garrafa de *Água Radium*, vendida no anos de 1930s como a água mais radioativa em Portugal.

O fim do deslumbramento em relação às substâncias radioativas e a resposta por parte dos decisores políticos, aconteceu de forma desfasada em diferentes países. Designadamente, depois do *Radithor*, medicamento patenteado e comercializado pela companhia Norte Americana *Bailey Radium Laboratories*, ter sido proibido em 1932, a *Tho-Radia*, empresa francesa, foi lançada no mesmo ano, comercializando cremes com tório e rádio até 1968. Os produtos eram comercializados sob a crença de ativarem a circulação, tonificar os tecidos, remover gordura, eliminar rugas (Lefebvre & Raynal, 2007; *Radithor*, n.d.).

1.3. A morosidade na resposta ao risco radiológico

A história da descoberta da radiação ionizante, das suas aplicações e dos seus riscos, permite ilustrar como a comunicação da ciência pode fluir e ser quase instantânea quando os ingredientes do fascínio, da simplicidade e da demonstração estão presentes e como outras vertentes da comunicação podem ficar comprometidas quando o desconhecimento e falta de consenso existem. A transmissão da informação relativa aos perigos da radiação para a saúde esteve em claro contraste com a celeridade da divulgação da descoberta dos raios X e da radioatividade, no mundo científico e entre o público em geral.

A ausência de métodos adequados de dosimetria das radiações resultou numa série de complicações, muitas vezes fatais, como foi o caso de Marie Curie, ao morrer de anemia provocada por exposição à radiação (Kułakowski, 2011).

O risco radiológico começou a ser detetado pouco depois da descoberta da radiação ionizante¹¹. Cerca de quatro meses após o início da utilização dos raios X, começaram a surgir relatos de

¹⁰ Imagem disponível em <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2011/01/termas-de-caria-e-agua-radium.html>

¹¹ É fácil, à luz dos conhecimentos da atualidade, perceber retrospectivamente que, apesar da história da descoberta da radiação ionizante ser relativamente recente no mundo ocidental (na Europa, o urânio foi descoberto em 1789 pelo farmacêutico Martin Klaproth), as tribos norte-americanas já tinham conhecimento sobre o “minério amarelo” há milhares de anos. Os índios norte-americanos da zona oeste conheciam e usavam o urânio para fins medicinais e pinturas para guerreiros. O documento *Confronting the Angry Rock: Traditional People's Situated*

queimaduras e outros efeitos como a queda do cabelo, a par de indicações para a mitigação do risco. Foram criadas recomendações e materiais para evitar as queimaduras dos raios X, desenvolvendo-se assim a ciência da proteção radiológica e da física médica (Clarke & Valentin, 2009; Ford, 2016). O engenheiro americano Wolfram Fuchs publicou logo em 1896, no mesmo ano em que abriu um laboratório de raios X em Chicago, e depois de ter realizado mais de 1400 raios X, os primeiros conselhos sobre proteção: i) tornar a exposição tão curta quanto possível; ii) não ficar a menos de 30 cm do tubo de raios X; iii) e revestir a pele com vaselina, deixando uma camada extra na área mais exposta. Em apenas um ano de utilização dos raios X, os três princípios básicos da prática de proteção radiológica – tempo, distância e blindagem - estavam já estabelecidos (Clarke & Valentin, 2009). Infelizmente, o próprio Fuchs viria a morrer vítima dos efeitos da radiação, em 1907 (Sansare et al., 2011).

Apesar de vários investigadores e utilizadores de aparelhos de raios X terem alertado, desde os primeiros tempos da descoberta, para os efeitos nefastos devido a exposições prolongadas aos raios X, a indústria da cosmética, por exemplo, aproveitou esses mesmos efeitos para o mercado da beleza, nomeadamente para a depilação e branqueamento de pele, apesar de não haver evidência alguma deste último efeito. Como visto *supra*, o mesmo aconteceu com os minérios altamente radioativos, cujos efeitos, desde medicinais até letais, foram também descritos desde o início. Também aqui a indústria precipitou-se a desenvolver produtos centrados no que pareciam ser benefícios, ignorando os malefícios associados.

Risks From Radioactivity contém uma análise dos depoimentos recolhidos nas tribos mais próximas dos locais onde foram realizados grande parte dos testes nucleares, durante a Segunda Guerra Mundial, no estado do Nevada (*Nevada Test Site*). Stoffle e Arnold (2003) citam um membro da tribo Paiute do Sul que, quando questionado sobre o possível impacto de contaminação radioativa nas suas terras, respondeu: “Vocês, não-índios, se poluírem a terra em que vivem, podem mudar-se, mas nós fomos criados para este lugar, por isso devemos enfrentar o que quer que aconteça aqui. Não podemos mudarmo-nos e continuar a ser o povo Paiute - esta é a nossa terra - nós somos esta terra”. A conceção de radioatividade por parte dos índios estava em claro contraste com a de milhares de cientistas do Ministério do Ambiente Americano que estavam envolvidos na realização dos testes nucleares: “Para os cientistas, os minerais radioativos são bem compreendidos com propriedades físicas específicas mensuráveis que, se preparados adequadamente, são amplamente seguros para uso e eliminação num terreno baldio como o local de testes do Nevada. Os índios americanos, por outro lado, explicam a radioatividade como uma rocha zangada, um ser espiritual que foi tirado da sua casa sem a sua permissão, usado de maneiras com as quais não concorda e devolvido à terra sem reduzir a sua raiva” (*ibid.*; p.235).

A percepção dos benefícios, com desconhecimento ou desvalorização dos malefícios, prevaleceu durante algumas décadas. As recomendações de proteção contra o perigo radiológico eram muitas vezes desconhecidas ou ignoradas até os efeitos secundários da radiação ionizante serem amplamente estudados e dados a conhecer, a par das recomendações de limites de dose e da implementação de legislação para proteção radiológica.

1.3.1. Os perigos das radiações ionizantes e o risco radiológico

Ao contrário de outras descobertas, a aplicação dos raios X no campo da medicina foi quase imediata, sem resistência, como nota um artigo da *Nature* (“*Fifty Years of X-Rays*”, 1945):

“Não houve oposição à aplicação da descoberta de Röntgen, como houve com as de Lister e Pasteur, e a ciência médica e a cirurgia beneficiaram universalmente dela. Mesmo depois de duas guerras mundiais, os raios X podem ter salvado mais vidas do que aquelas destruídas por balas.”

Apesar da ausência de entraves, como referido, a constatação da utilidade dos raios X foi quase simultânea à verificação das queimaduras provocadas pelos mesmos. A *London Electrical Review*, em 1904 (cit. por Ford, 2016, p. ii), refere: “*Com um campo de utilidade cada vez mais abrangente, a utilização médica dos raios X torna-se uma questão escaldante, e isto no seu sentido mais literal*”. Foram surgindo inúmeras notícias sobre os acidentes provocados pela utilização dos raios X e sobre os que foram então designados como mártires da ciência, na aceção utilizada por Michaelis (1986), de vítimas da sua dedicação a desbravar o desconhecido. Os primeiros avisos dos possíveis efeitos adversos dos raios X vieram também da indústria, através de Thomas Edison, William Morton e Nikola Tesla.



Figura 2. O fluoroscópio, Dally e Edison na capa do *The New York World* (1902)

Uma notícia, publicada oito anos depois da descoberta dos raios X, mostra a fotografia de um homem a olhar para a sua mão, segurando com a outra mão um objeto com forma piramidal para observar o tecido ósseo, o fluoroscópio inventado pela empresa de Edison, o qual seria mais tarde adaptado para o fluoroscópio de sapatarias (figura 2).

O fluoroscópio foi desenvolvido em grande parte através do trabalho do colaborador de Edison, Clarence Dally (King, 2012). O corpo da notícia no *The New York World*,

em 1902, começa por divulgar os perigos da radiação e a forma terrível como estes tinham sido descobertos (“Edison fears hidden perils of x rays,” 1902):

“Que a perda de visão, doenças cancerosas e até mesmo a morte possam acontecer a quem está continuamente exposto ou é inexperiente no uso dos raios Röntgen, foi demonstrado de maneira lamentável no laboratório de Thomas A. Edison em Orange, New Jersey. Clarence Dally, um assistente do “feiticeiro de Menlo Park”, contribuiu com um braço e uma mão para esta demonstração, enquanto o próprio Sr. Edison sofre com a perturbação do foco de um dos seus olhos devido a experiências com esta luz misteriosa num esforço para lhe encontrar alguma utilidade comercial.”

A notícia contém as entrevistas a Edison e aos dois médicos que acompanharam o estado de saúde de Dally, F. B. Lanes e W. B. Graves. Edison pediu ao jornalista para não lhe falar em raios X, afirmando que havia dois anos que tinha deixado de trabalhar com eles. Declarou que tinha medo dessa radiação, bem como do polónio e do rádio descobertos por Marie Curie. Quando experimentou os efeitos “na pele”, concretamente no olho esquerdo, que utilizava para as observações com o fluoroscópio, alertou Dally para os perigos do uso continuado, mas o fascínio do assistente pela radiação fez com que continuasse a sua investigação.

Em relação aos efeitos devastadores sofridos por Dally, o Dr. Graves, entrevistado no dia anterior à notícia, relatou que Dally tinha-o procurado pela primeira vez cerca de 7 anos antes. Em 1896, apenas meses depois da descoberta dos raios X, o seu médico habitual, o Dr. Lanes, disse-lhe que precisava de ser visto por um cirurgião. Lanes diagnosticou-lhe cancro e queimaduras provocados pela exposição à radiação e declarou que Dally já estaria morto se

não o tivesse reencaminhado para o seu colega cirurgião e sido operado. Disse ainda que Dally era “um dos maiores sofrendores que alguma vez tinha visto”. Graves referiu que pessoalmente e em nome de toda a comunidade médica considerava Dally “um mártir da ciência”, não tendo por isso cobrado quaisquer honorários pelas cirurgias ou serviços médicos (*ibid.*):

“O caso de Dally revelou à ciência que a exposição continua, de qualquer parte da anatomia humana, à influência dos raios X, é mortal para a parte exposta. Claro que isso não interfere com o uso da luz, para fins médicos, quando é manobrada por pessoas experientes, mas não é uma coisa para se brincar. Sob os devidos cuidados, é de grande utilidade.”

Em Portugal, como será tratado no capítulo seguinte, houve uma perceção semelhante de risco por parte dos que lidavam com as exposições aos raios X e principalmente pelos que foram vítimas de sobre exposição ou testemunharam os efeitos nefastos, aparecendo alertas na imprensa portuguesa sobre os casos nacionais e internacionais.

Atualmente, inúmeras entidades estudam os efeitos e aplicações das radiações ionizantes e dois organismos das Nações Unidas estão inteiramente dedicados à utilização pacífica da radiação ionizante e ao desenvolvimento da proteção radiológica - a Agência Internacional de Energia Atómica (IAEA) e o Comité Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atómica (UNSCEAR). Milhares de pessoas, e muitos milhões de euros em investimentos, dedicam-se ao estudo desta área que revolucionou todas as ciências da natureza, da vida e da terra.

1.3.2. As primeiras tentativas de estudo dos perigos da radiação

O mais surpreendente no caso das vítimas da ciência é que parte da comunidade médica estava já claramente ciente dos perigos associados à utilização dos raios X, realizada diariamente nos hospitais, e tinham já sido identificadas inúmeras vítimas de exposições excessivas às radiações (Dunlap, 1896; Sansare et al., 2011). Num estudo sobre os casos de queimaduras acidentais provocadas pelos raios X, o médico E. A. Codman começa por citar uma publicação do seu colega Patrick Cassidy no *Medical Record*, em 1900, sobre o infeliz caso de um outro colega, o Dr. Weldon.

No dia 18 de março de 1899, conta Codman (1902), Weldon fez a si próprio uma fotografia de raios X da articulação do quadril, sendo que para tal submeteu-se a uma exposição de 45 minutos com o tubo de Crookes a cerca de 13 cm da pele da virilha. Desta exposição resultou uma terrível queimadura intratável que levou a uma severa intervenção e a um ano e meio de incapacidade. Como tinha uma garantia do fabricante de que o tubo de Crookes não queimaria, Weldon avançou com um processo em tribunal para cobrar \$20.000,00 em danos. No dia 8 de novembro de 1901, o médico recebeu uma indenização de \$6.750,00 por decisão do tribunal distrital americano de Boston contra a empresa Otis Clapp and Son (*ibid.*, p. 438). Codman foi chamado a testemunhar neste caso, juntamente com outros colegas considerados especialistas em raios X, e foi a partir das perguntas que surgiram durante o processo que decidiu fazer uma revisão da literatura sobre o assunto (*ibid.*; p. 438):

“Para além do interesse médico-legal desta investigação, [o autor] assume que os clínicos gerais devem desejar saber qual é o perigo de um paciente sofrer uma queimadura, quando o enviam para um raio X, e que aqueles que estão a iniciar-se no uso terapêutico deste agente ficarão contentes por saber das experiências lamentáveis de outros, de modo a determinar as devidas distâncias e tempos de exposição.”

A partir dos casos identificados, Codman analisou a relação entre a distância do tubo e os tempos de exposição para calcular a dose com que se pode obter imagens de forma segura, sem risco de lesões, e propôs algumas precauções para prevenir as lesões, tal como proteger, com uma chapa de chumbo, as partes do corpo que não necessitam de exposição. Neste estudo, tomou ainda em consideração, por um lado, o aparelho, o comprimento da faísca, a tensão, a corrente primária e a qualidade do tubo como os fatores que podem ser controlados para se obter um limite de segurança e, por outro, a idiosincrasia de cada paciente, a “secura ou humidade da pele, a sua resistência elétrica, anemia ou abundância, acidez ou alcalinidade do seu suor” (*ibid.*, p. 442).

Na sua revisão da literatura, o médico dá conta das contribuições de outros colegas que reuniram anteriormente casos de lesões provocadas pela utilização dos raios X na América, França, Alemanha e Inglaterra. Chama ainda a atenção para a significativa duplicação de casos em diferentes publicações, a extensa publicidade que foi dada aos primeiros casos reportados e o benefício para a profissão advindo da celeridade com que o alerta foi divulgado.

Codman excluiu da sua análise os casos de queimaduras feitas intencionalmente para fins de investigação ou os de uso terapêutico quando a pele já estaria numa condição anormal. Incluiu os casos em que os raios X foram utilizados para fins depilatórios sem a intenção de provocar queimaduras e os restantes casos mencionados pelos colegas. Constatou que, depois de eliminadas as duplicações, eram relativamente poucos os incidentes reportados e cada um deles estava extensamente reproduzido em diferentes publicações. Segundo a sua pesquisa, foram reportados 55 casos em 1896 – dois casos logo em abril, quatro meses depois da descoberta de Röntgen, um nos Estados Unidos e outro em Inglaterra – 12 casos em 1897, 6 em 1898, 9 em 1899, 3 em 1900 e 1 em 1901, perfazendo 86 casos mais 61 casos sem data atribuída, divulgados durante igual período: um total de 147 casos de lesões provocadas pelos raios X, sendo a razão destas lesões desconhecida. Codman (*ibid.*; p. 439) avança com uma explicação para a diminuição do número de casos ao longo do tempo, nomeadamente “os amargos ensinamentos da experiência e o facto da introdução de melhores equipamentos ter acabado com as exposições longas e a aproximação do tubo”.

Como será referido mais detalhadamente à frente, Portugal teve também um significativo número de vítimas de exposição excessiva aos raios X, especialmente na comunidade médica e entre técnicos de raios X. Vários casos foram noticiados pela imprensa portuguesa da época, assistindo-se de igual forma a uma redução progressiva do número destes casos.

1.3.3. A evolução dos limites de dose

Apesar da divulgação dos inúmeros casos de efeitos da exposição excessiva à radiação (mencionados *supra*), no virar do séc. XX os efeitos nocivos da radiação na saúde eram ainda grandemente ignorados. A maior parte das experiências iniciais centrou-se nas possibilidades para uso terapêutico, tal como exemplifica a nota para a Academia das Ciências francesa sobre os efeitos fisiológicos da radiação, escrita por Henry Becquerel e Pierre Curie (1901), um ano antes da revisão de literatura sobre os casos de queimaduras por raios X elaborada por Codman. Na biografia que escreveu sobre o seu marido, Marie Curie descreve a experiência realizada por Pierre e a reação de Becquerel pela queimadura que terá contraído acidentalmente (Marie Curie cit. por Mould, 2007, p. 77):

«Para testar os resultados que tinham acabado de ser anunciados por F. Giesel, Pierre Curie expôs voluntariamente o seu braço à ação do rádio durante várias horas. Tal resultou numa lesão semelhante a uma

queimadura que se desenvolveu progressivamente e requereu vários meses para curar. Henri Becquerel teve uma queimadura semelhante por acidente, ao transportar no bolso do seu colete um tubo de vidro contendo sal de rádio. Veio contar-nos sobre este efeito maléfico do rádio, exclamando de uma maneira simultaneamente encantado e aborrecido: “Adoro, mas devo-lhe rancor”.»

As primeiras aplicações médicas foram realizadas pouco depois, através da iniciativa de Pierre Curie de utilizar o rádio para tratar tumores da pele, em colaboração com os médicos do Hospital de Saint Louis em Paris. Apesar de se ter começado desde logo a contar o tempo de exposição às substâncias radioativas, como demonstram as experiências de Giesel e Curie, bem como aos raios X, não se falava ainda em doses ou limites de dose.

O gráfico adaptado de Inkret, Meinhold e Taschner (1995) mostra a evolução dos limites de dose em Sieverts¹² desde 1902, ilustrando desta forma a evolução do conhecimento científico existente acerca do risco radiológico (figura 3).

O limite atual para exposição ocupacional é de 20 mSv por ano. Começou por ser 3000 mSv ou 30 Sv por ano, antes de surgirem as recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP). Se compararmos com pacotes de 1 kg de açúcar, o limite de dose começou por ser de 30 toneladas ou 30 mil pacotes por ano e foi diminuindo ao longo dos anos até 20 pacotes por ano, uma dose estabelecida em 1990 que se mantém atual, com ligeiras alterações.

¹² Sievert é a unidade de dose efetiva e dose equivalente (efeito biológico da radiação ionizante), igual a uma dose efetiva de um joule de energia por quilograma (1 J/kg) (IAEA, 2019, p. 215).

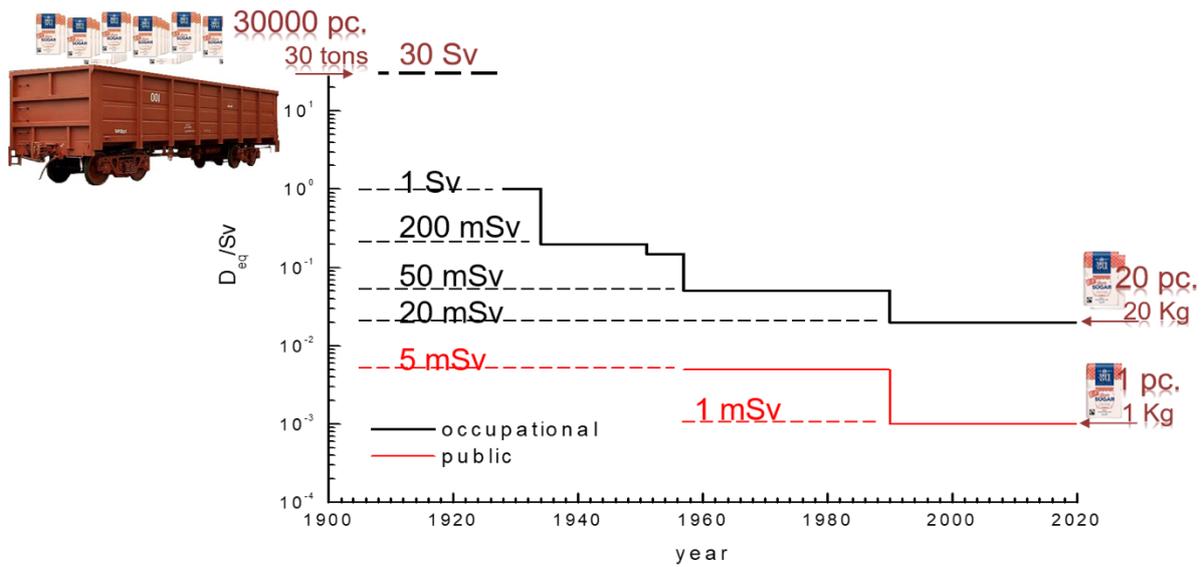


Figura 3. Limites de dose da radiação em Sieverts (Sv)

Nota: O gráfico assinala as recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) e a primeira recomendação de um limite de dose pre-ICRP (adpt. Inkret, Meinhold and Taschner, 1995). Pacotes de 1 kg de açúcar foram adicionados para ilustrar a diferença nas quantidades envolvidas entre 1902 e em 2020 (Melo et al., 2019).

A par dos desenvolvimentos da ciência de proteção radiológica, importa referir que a evolução ao nível das várias linhas de investigação sobre as radiações ionizantes, tanto para aplicações pacíficas como não pacíficas, está bem documentada na literatura (Rhodes, 1988; Todd, 2014; Serra & Maia, 2019).

Capítulo 2. Da chegada da novidade científica a Portugal à criação de uma realidade científica

“O mundo científico está no maior alvoroço, por motivo d’uma descoberta, que acaba de ser feita por um sabio allemão, o dr. Roetgnen, professor na universidade de Wurtzbourg. Esta descoberta é a photographia através dos corpos opacos.”

Primeira notícia em Portugal sobre os raios X, “Descoberta importante”, *Novidades*, 27 de janeiro de 1896

2.1. Divulgação da descoberta

Em 1896, quando a imprensa mundial deu enorme destaque à descoberta dos raios X, existiam em Portugal três tipos de jornais: “partidário, comercial e aquele que combinava interesses comerciais, políticos e culturais” (Santos, 2006, p. 91). O jornal *Novidades* enquadrava-se neste último tipo, sendo visto por um jornalista da época, simpatizante do diário, como um jornal de eleição para os mais diversos públicos, em contraponto com o *Diário de Notícias*, descrito pelo mesmo jornalista como um jornal com mais anúncios do que notícias. A distribuição de matérias no *Novidades* pontuava-se por um conjunto de notas soltas que, juntamente com os editoriais diários ou artigos de fundo, dominavam então a imprensa.

A primeira notícia sobre a descoberta dos raios X, em Portugal, é dada, precisamente, pelo *Novidades* no dia 27 de janeiro de 1896, na primeira página, com o título “Descoberta importante”, um mês depois de Röntgen anunciar a descoberta e cinco dias depois da *Nature* publicar a tradução para inglês do trabalho original em alemão. Na primeira página do

Novidades, na metade superior da coluna mais à esquerda das cinco colunas, a primeira notícia da edição desse dia cita o jornal inglês *Money* e dá conta da opinião estrangeira sobre a melhoria da situação política e económica de Portugal, já na altura a precisar “de levantar o nosso crédito e o nosso prestígio”. Aparece depois a rubrica “Casos do dia”. Esta rubrica ocupa a metade inferior da mesma coluna e mais outra coluna e meia, noticiando, entre outros acontecimentos, a atribuição de distinções a militares, por parte do governo, e a cerimónia de inauguração do sanatório D. Luís I, batizado assim com o nome do então rei de Portugal, no antigo palácio dos condes de Barbacena, com a presença da rainha D. Maria Pia.

A notícia da descoberta dos raios X é apresentada como inovação disruptiva das teorias



Figura 4. Primeira notícia em Portugal sobre a descoberta dos raios X no *Novidades* a 27 de janeiro de 1896.

operações de cirurgia.

Não se pôde já duvidar da descoberta. O professor Roetgnem foi chamado a Berlim, onde o imperador Guilherme, depois de ouvir a sua exposição e assistir ás suas experiências, lhe dirigiu as mais calorosas felicitações, concedendo-lhe uma das mais elevadas condecorações do Império. Um relatório minucioso do descobridor explicará brevemente, em todas as suas minúcias, a nova descoberta e os respectivos processos.”

existentes sobre a radiação, sendo anunciada a sua veracidade e aplicação revolucionária na medicina (“Descoberta importante,” 1896a):

“Diversos problemas científicos e muitas questões industriais se derivam da nova invenção, que vem modificar profundamente, senão destruir totalmente, as theorias, que até agora estavam consagradas a respeito da natureza da luz e da transmissão dos raios luminosos; mas a aplicação de maior interesse pratico, e que está suscitando a maior curiosidade e solitudine, é a reproducção dos accidentes ou lesões internas do corpo humano, o que facilitará enormemente a acção da medicina e sobretudo as

A notícia prossegue com o resumo de algumas das experiências realizadas sobre os raios X, noticiadas pelos jornais das principais capitais europeias, para deixar ao leitor a decisão acerca da sua importância (*ibid.*):

“Das experiencias feitas em Vienna dá conta o Temps n'um telegramma, que lhe é dirigido (...) [o] professor Spiess fez esta tarde, na sala Urania, diante d'um publico escolhido, uma conferencia sobre a descoberta do dr. Roentgen. O dr. Spiess photographou, diante do publico maravilhado, um porte-monnaie, atravez [de] uma espessa prancheta de madeira”. (...) O importante jornal de medicina The Lancet dá conta [que n]o Guy's hospital estava em tratamento, ha meses, um marinheiro, que fora encontrado caído de embriaguez, e com um ferimento sobre a região dorso-lombar. O ferimento cicatrisou, mas o doente ficou paralyzado das extremidades inferiores e superiores, sendo baldados todos os esforços para lhe restituir os movimentos. (...) [A] prova photographica revelou a existência d'um pedaço da lamina d'uma faca, profundamente cravado entre a primeira vertebra dorsal e a primeira vertebra lombar. Uma incisão no logar conveniente, permitiu a extracção d'esse corpo, e o doente melhorou imediatamente.”

Após descrever o caso de estrondoso sucesso do tratamento do marinheiro graças à inovação de diagnóstico preciso e não invasivo proporcionado pelos raios X, a notícia relata como esta nova forma de fotografia permitira, em Berna, localizar uma agulha na mão de uma criança “que pôde facilmente ser extraída, sem sondagens nem tentativas incommodas”. Semelhante utilização em Pádua e Roma, relata o jornal, permitiram “determinar o sítio onde estava uma bala, n'um ferimento feito por um tiro de revvolver”. No final, a notícia lança a pergunta: “Quaes são ou quaes virão a ser os limites da applicação, d'esse portentoso descobrimento, á medicina e á cirurgia?”. Depois oferece, como resposta, uma certeza: “Ainda que não fosse mais longe do que já está apurado, a descoberta do dr. Roentgen nem por isso deixaria de ser uma das mais valiosas conquistas feitas n'este ultimo século em beneficio da humanidade.” Nada é dito a respeito de possíveis riscos associados à descoberta.

No dia seguinte, a 28 de janeiro (1896b), o jornal *Novidades*, na mesma rubrica, “Descoberta importante”, mas mais sucintamente, menciona outros avanços no estrangeiro em torno da descoberta de Röntgen e termina lamentando a escassez de trabalhos sobre eletricidade em Portugal, indispensável para gerar os raios X, bem como a falta de laboratórios portugueses adequados:

“Proseguem com grande affan, nos principaes laboratórios dos estabelecimentos scientificos estrangeiros, as experiencias sobre os raios de Röntgen, que permitem realizar provas photographicas atravez de certos corpos opacos. Estas operações são feitas com o auxilio da electricidade, desenvolvida por uma forte bobina de inducção.

Segundo a opinião do dr. Roengten, não poderão ser photographadas as cavidades estomacaes, renaes, e cardiacas. Mas nem por isso a descoberta deixará de ser utilíssima á medicina e á cirurgia. (...) É pena, que entre nós não sejam muito frequentes os trabalhos sobre electricidade, nem para isso haja laboratorios apropriados, para se poderem fazer tambem experiencias, com que as sciencias lucrariam desde logo.”

2.2. As primeiras radiografias em Portugal

“[o] que ainda hontem era impossivel é já hoje plenamente realizavel”

Virgílio Machado (1900)

Quando as notícias no *Novidades* foram publicadas, Henrique Teixeira Bastos tinha 35 anos e era lente de física na Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra. Anteriormente tinha sido professor substituto de antropologia, arqueologia pré-histórica e química orgânica na mesma universidade em Coimbra, cidade onde cresceu. Mais de uma década antes, em 1884, Teixeira Bastos terminava a sua dissertação inaugural para o *ato de conclusões magnas*, dedicada ao estudo das unidades elétricas, um tema que lhe tinha sido proposto por António

dos Santos Viegas, seu professor, diretor do Observatório Meteorológico e do gabinete de física durante esses anos, e que havia sido também reitor da universidade (Leonardo et al., 2015)¹³.

Dias depois do *Novidades* anunciar em Portugal a descoberta dos raios X, e apesar da crítica feita à falta de “laboratórios apropriados”, Teixeira Bastos publica a primeira imagem de raios X portuguesa, realizada no gabinete de física da Universidade de Coimbra, com os instrumentos que o gabinete já dispunha (Leonardo et al., 2015). O lente de física descreve o seu trabalho científico, em torno da descoberta, no artigo "Raios X de Röntgen" (1896) publicado n'*O Instituto: Jornal Científico e Litterario*, no qual viria a ser membro da comissão de redação.

No seu artigo, Teixeira Bastos faz referência, em nota de rodapé, à publicação original de Röntgen e à tradução publicada pela *Nature*. Teixeira Bastos começa por referir os instrumentos utilizados pelo descobridor alemão e o trabalho de Hertz e Lenard sobre as descargas elétricas em gases. Descreve as características da radiação estudada e as sombras obtidas com os raios X. Refere também as fotografias que Röntgen incluiu na sua comunicação, como a mão viva, com um anel, da esposa e uma bússola fechada numa caixa metálica (*ibid.*).



Figura 5. “Mão direita de um rapaz que sofre de tuberculose óssea”, radiografia de Teixeira Bastos e A. S. e Sousa, fevereiro de 1896

De seguida, reporta as experiências realizadas no gabinete de física da Universidade de Coimbra. Refere os bons resultados obtidos “com exposições não inferiores a 20 minutos, nas photographias de uma chave e de um dedo cortado do cadáver (o primeiro ensaio feito), de uma mão Viva, de uma caixa de pesos, de uma sardinha” (*ibid.*; p. 40). Sublinha que “uma das dificuldades de operação está em regular o tempo da exposição consoante a permeabilidade dos objectos a reproduzir” (*ibid.*; p. 41).

Não há também nesta comunicação qualquer referência aos riscos da exposição aos raios X, mas ao problema dos tubos não suportarem descargas muito prolongadas e à morosidade das experiências por estas descargas

¹³ Disponível na página da Universidade de Coimbra em https://www.uc.pt/org/historia_ciencia_na_uc/Textos/oinstitutofisica

terem que ser interrompidas. Teixeira Bastos concluiu que não seria ainda possível antecipar as aplicações científicas e industriais do novo processo, mas que a principal aplicação, ao diagnóstico cirúrgico, “[o] hospital da Universidade, acompanhando o movimento iniciado no estrangeiro, tem já feito ensaios animadores” e remete para a estampa que junta no início do artigo, um raio X da mão de um paciente com tuberculose no dedo polegar (*ibid.*; figura 5). No último parágrafo, Teixeira Bastos agradece ao fotógrafo da cidade, Adriano da Silva e Sousa, por ter colaborado em todas as experiências realizadas em Coimbra.

Mais à frente, no mesmo número do jornal, outro artigo de Teixeira Bastos, “Raios X de Röntgen: Novas experiências”, dá conta dos trabalhos em curso na Europa - Henry Becquerel, Benoist e Hurmuzescu em França, J. J. Thompson e Alfredo Mayer em Inglaterra, Augusto Righi e Salvione em Itália, o livro que acabara de sair de August Hirschwald, na Alemanha, e na América, referindo Edison e o seu fluoroscópio para as aplicações cirúrgicas.



Figura 6. Notícia sobre a descoberta dos raios X na capa d' *O Século*, 1 de março de 1896.

Ainda antes da publicação n' *O Instituto*, a 3 de fevereiro, o *Novidades* noticia que Teixeira Bastos tinha realizado no dia anterior algumas experiências com os raios X e fotografado “com pleno êxito” um dedo e uma chave (Sousa, 1945a). Depois no dia 1 de março, o jornal *O Século* publica na primeira página as radiografias que resultaram da parceria entre Teixeira Bastos e Adriano da Silva e Sousa (“A photographia através dos corpos opacos,” 1896). Como nota Ayres de Sousa (1945b, p. 9): “Se às *Novidades* devemos a primeira noticia da descoberta, é ao *Século* que cabe a honra de ser o primeiro jornal a dar uma reprodução das primeiras radiografias feitas em Portugal”.

Fundado em 1880, *O Século* chegou a ser o grande rival do *Diário de Notícias* (este último ainda em circulação).

No cabeçalho daquele número de 1896, *O Século* ostenta "o jornal de maior circulação em Portugal", divisa que manteria até aos anos 1920s. A notícia é publicada um mês depois do jornal *Novidades* anunciar a descoberta. *O Século* dá, então, grande destaque à notícia da descoberta e à reprodução da radiografia em Portugal (figura 6). O retrato de Röntgen aparece ao centro da página, numa mancha gráfica composta por seis colunas, junto com várias radiografias realizadas já na Universidade de Coimbra, como a mão direita de um rapaz de 11

anos com tuberculose óssea, a mão de um estudante de medicina e um estojo com pesos. A notícia descreve o trabalho desenvolvido (“A photographia atravez dos corpos opacos,” 1896):

“O sr. dr. Henrique Teixeira Bastos, cathedratico da segunda cadeira de physica da faculdade de phillosophia, encetou no dia 2 de fevereiro, no laboratório anexo á sua aula, os seus ensaios sobre o novo processo da photographia através dos corpos opacos.

Sua ex.^a reportou-se sempre, com todo o rigor, ás experiencias de Rontgen.

N’esses ensaios empregou um tudo de Crookes e uma bobine de Ruhmkorff (grande modelo, 0^m,88 de comprimento), funcionando com seis elementos Bûnsen; e as placas foram as Gelatine-emulsionaplatten, do dr. Schleunner’s, com exposição entre 15 e 25 minutos.

Entre esses trabalhos ha quatro notaveis, que são os que hoje reproduzimos pela zincogravura, os quaes egualam em exito os melhores do estrangeiro.

(...) O sr. Adriano da Silva e Sousa, hábil e inteligente proprietário da “Photographia Academica Conimbricense”, é quem tem operado sob a direcção do estudioso lente de physica.”

O jornal *Occidente*, a 26 de março, dá similar destaque à descoberta dos raios X, numa notícia com o mesmo título, reproduzindo também a figura de Röntgen e algumas das radiografias de Teixeira Bastos publicadas n’*O Instituto* (figura 7). O *Occidente* adianta uma explicação para a divulgação da notícia ter sido tão célere e abrangente (“A Photographia atravez dos corpos opacos,” 1896):



Figura 7. Notícia sobre a descoberta dos raios X no Occidente, 26 de março de 1896.

“No presente descobrimento houve um ponto devéras digno de menção: a rápida universalidade que elle alcançou. Alguns escriptores francezes, mostram-se melindrados por isso, e adduzem que aos descobrimentos de Pasteur e de Roux se não deu igual importancia. Tratam então de averiguar as causas de tal universalidade e tentam deprimil-a dizendo que não é aos benefícios verdadeiramente humanitários que apparecem que se presta a atenção e consideração devidas, mas sim, contrariamente, ás cousas de mera curiosidade, fantasmagoria, e que todo o êxito foi a

extraordinária invenção de apresentar a ossatura de uma mão viva reproduzida n’uma photographia por uma radiação invisível.

Felizmente, e sem querermos entrar em tal discussão, vemos que notáveis francezes levantam a injuria feita pelos seus conterrâneos, dos quaes se destaca o professor E. N. Santini, e a cada momento se realisam novas experiencias, de altissimo valor e de bella propaganda.”

Embora com menos relevo, a notícia é divulgada também pelo *Diário de Notícias*, a 10 de março, bem como por outros jornais, como a *Batalha*, *Diário Ilustrado*, *Universal*, *O Eco*, *O Primeiro de Janeiro*, *Jornal do Comércio*, *A Vanguarda* (Sousa, 1945b). Há um contraste entre a objetividade das primeiras notícias sobre a descoberta e o tipo de notícias que foram surgindo pouco depois (*ibid.*, p. 10):

“É curioso notar que se as primeiras notícias dos nossos jornais se caracterizam e se impõem pela clareza, pela objectividade, muitas outras vindas posteriormente confundem a verdade com a fantasia, facto real com o especulativo, o conceito com a anedota. (...) Tôdas estas notícias tinham criado um clima psicológico especial (...). Passados apenas dois meses sobre a descoberta, já não se contentavam que os Raios X dessem a imagem do esqueleto e mesmo dos órgãos. É assim o homem. Bem diz Zweig: Uma vez que se abre uma porta sobre o desconhecido vem-se comprimir atrás dos investigadores sérios toda uma chusma barulhenta de curiosos, de sonhadores, de loucos e de charlatães.

Mas isto passava-se na imprensa de todo o mundo e o facto não podia deixar de ter repercussão na nossa.”

A par do sensacionalismo e das expectativas desmedidas face às potencialidades encerradas pelos raios X, a imprensa de outros países assinalava também movimentos de pudor face à possível indiscrição possibilitada por lentes de raios X que permitiriam, por exemplo, observar o interior de uma casa através das portas de madeira. Segundo Ayres de Sousa (*ibid.*, p.15), a imprensa portuguesa não terá dado “a nota humorística ou o carácter escandalosamente pornográfico da descoberta”, sendo que Portugal terá sido menos afetado por tais reações. Para além disso, no livro “História da Cirurgia” de Harvey Graham, refere o autor (cit. por Sousa, 1945, p. 15):

“O espantallo da imoralidade dos Raios X empalideceu quando, em Janeiro de 1896, se radiografou o braço doente do Imperador da Alemanha e desvaneceu para sempre quando a rainha D. Amélia de Portugal mandou radiografar algumas das suas damas de honor com o fim de avaliar o dano que os espartilhos apertados causavam nos seus fígados.”

O papel de D. Amélia em “desfazer certos preconceitos de imoralidade então existentes, no nosso e em outros países, contra a aplicação dos raios X” teria sido confirmado pela própria rainha (cf. carta do Cônsul português em Paris endereçada a Oliveira Martins, *ibid.*).

Na véspera de Teixeira Bastos encetar os trabalhos com os raios X, no dia 1 de fevereiro de 1896, Augusto Rocha, professor da Faculdade de Medicina, proprietário, editor e diretor da revista *Coimbra Médica*, publica nesta revista a sua habitual crónica. Manifestando numa nota o seu descontentamento com a situação da escassez de recursos docentes e materiais no país, que relaciona com a ordem de prioridades nacional¹⁴, dedica uma nota seguinte, de menos de

¹⁴ Augusto Rocha começa por citar uma notícia da *Chronique Médicale* sobre a princesa portuguesa Amélia de Orleães e a sua conclusão do segundo ano do curso de medicina na Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa. Conta a revista francesa que a princesa Amélia, nora de D. Maria Pia, não tinha a intenção de exercer medicina, mas sim reivindicar o direito das mulheres para frequentar o ensino superior (Rocha, 1896). Considera a notícia sobre a princesa que viria a ser, em 1898, a última rainha consorte de Portugal e Algarves, até 1908 aquando do regicídio

uma página, à descoberta do professor Röntgen, o qual “não emprega o seu tempo, como nós outros temos de empregar, meditando gravemente e discutindo com eloquência e sagacidade se n’uma parede virgem de descobertas se deve ou não deve esculpir a marmórea consagração de uma nobre festa sugestiva”. Num discurso carregado de adjetivos, descreve a descoberta e as características verificadas sobre os “raios de uma luz particular que, zombando de toda a physica da reflexão e da refração, atravessam ousadamente, irreverentemente, os corpos opacos e vão colher as imagens dos objectos ocultos e inacessíveis aos processos da photographia clássica”. Conclui a sua nota sublinhando que “[s]em demoradas meditações se antevê, n’um relance” as vantagens da descoberta dos raios X para a medicina (*ibid.*, p. 51).

Entre março e abril desse ano, Virgílio Machado, professor na Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa, juntamente com Augusto Bobone, fotógrafo com estabelecimento próprio e fotógrafo da Casa Real portuguesa, realizaram uma série de radiografias, nas palavras de Bobone “encontrando grandes obstáculos antes de conseguir bons resultados” (Bobone cit. por Medeiros & Pereira, 2014, p. 107). De facto, ao comparar as datas dos trabalhos realizados em Coimbra e Lisboa, Ayres de Sousa (Sousa, 1945a) conclui:

“que o Prof. Teixeira Bastos dominava completamente a Física da sua época e a técnica instrumental necessária para a experimentação. Pois enquanto

do seu marido D. Carlos I, injusta para com o país “onde têm feito regularmente o seu curso medico todas as senhoras que o têm desejado” (*ibid.*, p. 49). O médico faz depois menção dos trabalhos publicados pelo *British Medical Journal* de 18 de janeiro desse ano, como por exemplo as medidas profiláticas e a vacina para a cólera ou a higiene pública na Índia, ressaltando a articulação e utilidade destes estudos “para a introdução de reformas e melhoramentos nos serviços publicos” (*ibid.*, p. 50). Augusto Rocha lamenta o contraste relativamente à realidade nacional, reclamando com ironia da escassez de recursos docentes e materiais no país (*ibid.*):

“Tal qual como cá. Nós, por exemplo, andamos aqui a gritar há bastante tempo contra a falta de recursos docentes, dos mais triviaes, em varias cadeiras da Faculdade, e nomeadamente na de clinica que ensinâmos. Tarefa inútil, e por cima inglória. Poderemos botar os bofes inteiros pela bocca fóra que ninguém quererá, ou saberá ouvir-nos.

Por isso cá vamos claudicando, aqui apanhando um microscopio por empréstimo de uma hora, acolá um hematimetro, outra vez uma estufa, n’uma perda de tempo e de esforços que desalentam, que entibiam o animo mais robusto.

É que nem o ensino das sciencias naturaes em geral, nem o da medicina em especial, logram despertar o interesse nas regiões da governança.

Bem hajam!”

em Lisboa Virgílio Machado, também com largos conhecimentos de Física, durante meses não viu coroadas de êxito as suas experiências, o Professor de Coimbra inicia as suas no dia 2 de Fevereiro e obtém a primeira radiografia no dia seguinte”.

As primeiras radiografias realizadas em Lisboa foram editadas em álbum e apresentadas por Bobone junto da Academia Real das Ciências de Lisboa no ano seguinte, em 1897 (Medeiros & Pereira, 2014; A. M. R. Pereira, 2012).



Figura 8. Radiografia de Augusto Bobone, 1896 (Medeiros & Pereira, 2014)

Três anos mais tarde, no dia 1 de fevereiro de 1900, Virgílio Machado, também médico do Hospital de S. José e lente de química geral e análise química no Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, apresenta o seu trabalho sobre o exame do coração com raios X, numa sessão da Academia Real das Ciências. Já em 1898, o médico tinha publicado uma monografia sobre o exame dos doentes pelos raios X, mais de uma década depois de ter trabalhado sob a orientação de António dos Santos Viegas e Henrique Teixeira Bastos ¹⁵.

Virgílio Machado começa a sua comunicação na Academia das Ciências de Lisboa com referência à “maravilhosa descoberta” de Röntgen “aproveitada na criação dos dois valiosos métodos científicos de observação, a radioscopia e a radiographia” (Machado, 1900, p. 1). Como elucidava o médico, até então a medicina dispunha apenas de métodos como a percussão para o exame clínico ao coração que, apesar de muito importantes e complexos, tinham também inúmeras limitações. Para além disso conclui, “[é] mais fácil interpretar o que está representado por uma imagem do que provocar um som, com certas condições, analisar-lhe as qualidades e

¹⁵ Em maio de 1884, Virgílio Machado apresentou uma dissertação sobre a definição de um sistema racional de unidades elétricas e a definição de alguns padrões elétricos, sob a orientação de António dos Santos Viegas e Henrique Teixeira Bastos. Informação retirada de apresentação de Célia Pinhão (2010), “*Virgílio Machado (1859-1927) - Na vanguarda do espírito científico em medicina*”.

interpretá-las”. A comunicação é dada à estampa pela ordem e tipografia da Academia das Ciências em abril de 1900. Antes da referência à data, pode ler-se: “[o] que ainda hontem era impossível é já hoje plenamente realizável”. No mesmo ano, o médico apresentou a situação portuguesa relativa à eletricidade médica, radiologia e análise química médica na Exposição Universal de Paris.

2.3. Notícias sobre radiação ionizante em jornais portugueses no início do séc. XX

No dia 19 de junho de 1900, o *Diário dos Açores* noticia a reunião realizada na Academia Real das Ciências de Lisboa e atribui a Virgílio Machado o estatuto de referência nacional em raios X:

“O sr. conselheiro Virgilio Machado publicou a sua comunicação á Academia das Sciencias sobre os resultados que obteve com o emprego dos raios X no exame do coração ao vivo.

Esses resultados constituem na maior parte, verdadeiras novidades scientificas, resolvem duvidas que estavam ainda sem solução e mostram que enormes serviços a physiologia e a therapeutica hão de receber da extraordinaria invenção que illustrou o fim do seculo XIX, invenção de que o sr. V. Machado é o mais dedicado cultor em Portugal.”

Antes desta notícia ser dada à estampa pelo *Diário dos Açores*, a comunicação de Virgílio Machado tinha já sido divulgada no *Diário de Notícias*. Este último jornal anunciou um livro “de hygiene social” de Virgílio Machado, onde os raios X são mencionados, e uma notícia com o título “raios X”, apresentando a mais recente bibliografia radiológica internacional. Encontram-se também dois anúncios de consultórios privados de raios X nessa edição do jornal.

Numa pesquisa na base de dados do Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia¹⁶, sobre divulgação científica, entre 1900 e 1926, nos jornais *Diário de Notícias*,

¹⁶ A base de dados do Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia contém um levantamento de todas as notícias de ciência e tecnologia em jornais portugueses, de referência na época, desde o final da

Commercio do Porto, *Diário dos Açores* e *Ilustração Portuguesa* não encontramos qualquer notícia relacionada com a radiação ionizante entre 1901 e 1904 (vide anexo 2 com método de pesquisa utilizado para identificação das notícias).

Depois do aparente interregno de notícias sobre o tema na imprensa portuguesa nos anos subsequentes, em 1905 é dada novamente atenção ao tema. O *Commercio do Porto*, por exemplo, publica nesse ano três notícias sobre o rádio, as quais são passadas em revista de seguida.

No dia 18 de janeiro, o jornal dá conta dos efeitos nocivos do rádio no organismo. A notícia descreve as investigações encetadas e chama a atenção para o cuidado necessário quando se lida com a substância radioativa (“Descobertas Recentes,” 1905):

Pouco se conhece ainda da acção do rádio como agente therapeutico; por enquanto, os resultados d'elle obtidos collocam-no em um plano inferior aos raios X, cujo emprego radiotherapico se tem generalizado bastante. Com o fim de estudar a acção d'esta substancia activa, o sábio professor Julio Relms fez uma serie de experiencias com 10 miligrammas de brumeto de rádio puro, fornacedias sobre a pelle sã, a applicação directa, durante um minuto provoca, no fim de quarenta e oito horas, uma mancha levemente rosada, que desaparece dentro de doze dias sem deixar symptomas subjectivos. Da applicação por cinco minutos, nas costas da mão, quer esta applicação se faça uma so vez, ou se repita, em períodos de tempo iguaes, resulta uma mancha rosada no fim de doze horas, mancha que se torna vermelha e muito carregada depois de duas ou três semanas, acabando poder deixar uma pequena cicatriz branca, uma nova applicação no mesmo sitio dá uma segunda cicatriz, que não differe da primeira. Conforme as

monarquia, em 1900, até ao final da primeira republica, em 1926. Como se pode ler na página do projeto: “Os jornais foram escolhidos com base no seu amplo escopo ideológico e localização geográfica. É o caso do *Diário de Notícias* (fundado em 1865), do *Commercio do Porto* (f. 1854) e do *Diário dos Açores* (f. 1870). (...) No início do século XX, os jornais do Porto e dos Açores faziam parte da grande imprensa portuguesa, que estavam politicamente envolvidos num duplo sentido, alinhando-se a um partido político em particular ou transformando a política no seu principal tema: o jornal portuense era um de prestígio, de ampla circulação e tendências republicanas; e o jornal ilhéu representava um setor da intelligentsia monárquica ligado ao Partido Progressista”. Consultado em <http://ciuhct.org/investigacao/folheando-jornais>

regiões da pelle, o effeito é differente: na palma da mão, nos pontos em que a epiderme é grossa, não se produz cicatriz, mas apenas uma pequena escoriação. Na palpebra, há o osdema, mas sem alteração, embora a acção dure mais de uma hora. As mucosas são pouco sensíveis a uma applicação de trinta minutos. Estas experiencias foram feitas por aquelle considerado professor de modo que, pelos resultados obtidos, não só se pode assegurar que sejam os mesmos em toda a gente, pois há grandes differenças individuaes, idiosyncrasias: assim uma applicação na parte anterior da pharynge n'um homem que tenha lesões epitheliomatosas, produz queimaduras graves e dolorosas.

Isto mostra que se não deve empregar, sem todo o cuidado o rádio, cujos effeitos podem ser sérios e perigosos.

O auctor quis também estudar a acção anesthesica do rádio contra a opinião de vários homens da sciencia, o professor Relms provou que essa acção não existe em nenhum grau (...). Quis se attribuir, logo de principio, ao rádio, todas as virtudes, fazendo d'elle a pedra philosophal da therapeutica. Parece que se deve renunciar á sua virtude anesthesica, o que não quer dizer que não haja meio de utilizar, com vantagem, as physiologicas, excessivamente enérgicas.

As experiências noticiadas seriam hoje liminarmente inviabilizadas por qualquer painel de avaliação ética. No entanto, as expectativas que existiam inicialmente acerca da substância, e que pouco depois começaram a desvanecer-se, parecem fazer parte dum fenómeno que se repete ao longo da história.

Uma notícia no mesmo jornal, no mês seguinte, revela o quão precioso o rádio foi desde o início (“Mina de Radio em França,” 1905):

Foram encontradas no Isaôme-et-Loire (França), perto de Issy-L'evêque, importantes massas de mineral radifero. Começou já a exploração e os resultados não deixaram duvida sobre a existência do rádio nas referidas massas. O jazigo de Issy l'Evêque veio demonstrar que fora dos mineraes uraniferos, sempre raros, e de um tratamento complicado e custosos será possível encontrar materiais pouco ricos, mas nas quaes a extracção do

rádio não apresentará grandes dificuldades. Confia-se em que dentro em pouco o rádio deixará de ter o elevadíssimo preço que tem.

Ainda no mesmo mês, a 21 de fevereiro, o *Diário de Notícias* dá conta da visita da rainha ao então recentemente instalado Laboratório de análises clínicas num anexo do Hospital de S. José, revelando como a rainha aceitou a fazer um raio X (“Visita da rainha ao Laboratorio de analyses clinicas,” 1905):

Esse laboratorio, devido n’uma grande parte á louvavel iniciativa do sr. dr. Curry Cabral, comprehende seis secções: (...) Na 4.^a secção – a de radiographia, photographia medica e micro photographia, dirigida pelo sr. dr. Feio e Castro – sua magestade depois de examinar meticulosamente algumas placas interessantissimas, prestou-se gentilmente a ser radiographada na mão direita. Todos os aparelhos desta secção mereceram tambem á bondosa soberana uma inspecção cuidadosa, terminando a visita por novos cumprimentos a todas as pessoas que já citámos e haviam formado o cortejo.”

Em março, a *Ilustração Portuguesa*, revista semanal que foi editada pelo jornal *O Século* entre 1903 e 1924, noticia a primeira vez em que as experiências com os raios X foram apresentadas ao público português (figura 9; “As Experiencias do Raio X no Salão Edison na Feira d’Alcantara,” 1905).

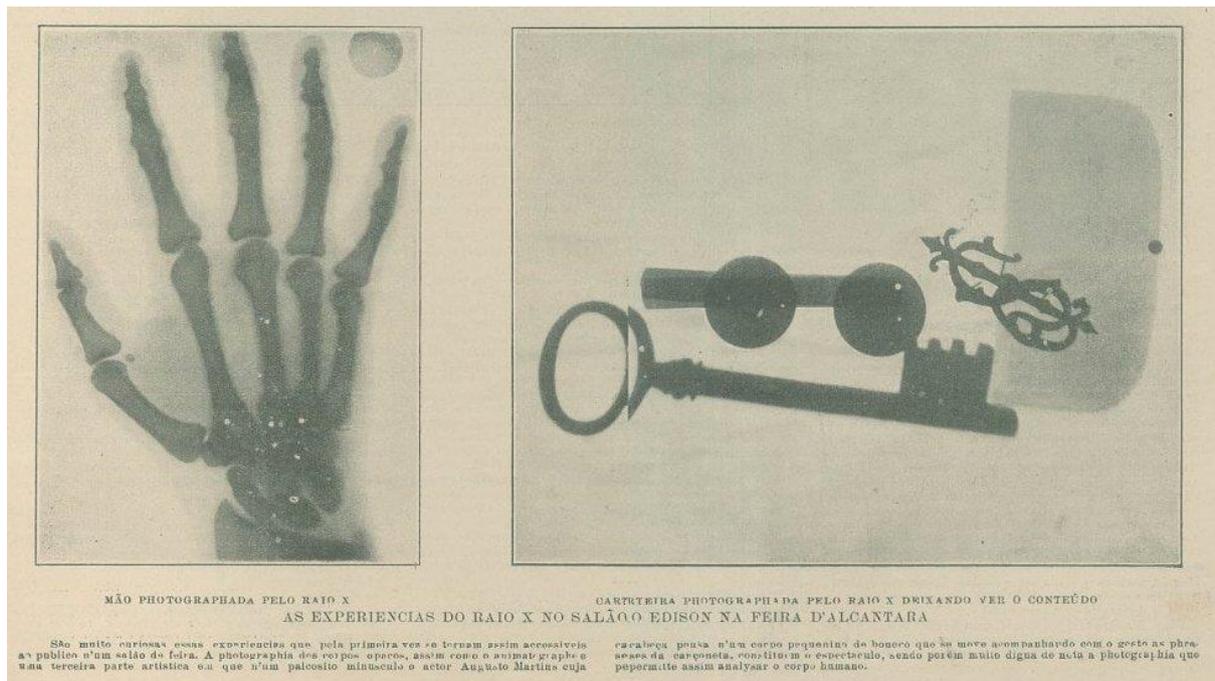


Figura 9. Notícia “As experiências do Raio X no Salão Edison da Feira d'Alcantara”

Em novembro do mesmo ano, o *Diário de Notícias*, pela pena de Júlio Guilherme Bettencourt Ferreira, médico e professor nas faculdades de ciências em Lisboa e na Universidade do Porto, publica uma crónica científica sobre as descobertas de Röntgen e dos Curie, “casadas” através da radiologia, e como a “estas novas forças se deve em tempos correntes a cura de molestias até aqui julgadas como os maiores flagellos da humanidade” (Bettencourt Ferreira, 1905).

Na semana seguinte, a *Ilustração Portuguesa* publica imagens de um presumível fenómeno de radioatividade, atribuído a luzes da aldeia de Santa Cruz, Vinhais, por um professor de liceu e reverendo do Porto, o qual estaria em contacto com Curie e outros especialistas. O professor compara as matérias em questão com o rádio, “tornando também falhas de sensibilidade e chagando as extremidades dos dedos sempre que se tem uma permanência mais demorada com essas pedras” (Ilustração Portuguesa, 1905).

2.4. Investigação científica sobre o rádio e outras substâncias radioativas

No ano seguinte, em 1906, João Emílio Raposo de Magalhães, com 22 anos, frequentava o curso da Faculdade de Medicina na Universidade de Coimbra, tornando-se, pouco depois de concluir o curso, docente nessa mesma faculdade. Naquele ano de 1906, Magalhães publicara, no *Instituto*, uma dissertação em cinco capítulos, sobre os métodos de estudo das substâncias

radioativas: a descoberta, a radiação, a emanção e a radioatividade induzida, considerações teóricas e, no último capítulo, as “acções produzidas pelo radio (...) cuja utilidade prática é, por enquanto, muito limitada, não sahindo do domínio de algumas applicações therapeuticas” (Magalhães, 1906, p. 310).

Ao contrário do estudo dos raios X, cujos instrumentos necessários para os gerar eram de acesso relativamente fácil e já existiam no gabinete de física da Universidade de Coimbra¹⁷, Magalhães, a dois anos de concluir o bacharelato em medicina, descreve as dificuldades, transversais a muitos gabinetes de física da altura, relativas ao estudo do rádio (*ibid.*):

“A falta de um corpo radioactivo, que em virtude do seu elevadíssimo preço o gabinete de physica da Universidade ainda não adquiriu, impediu-nos de verificar alguns dos fenómenos mais evidentes a que o radio dá origem e que são de fácil observação. O estudo experimental mais detalhado nunca poderia mesmo ser tentado por nós, tanto porque é preciso um material muito completo e dispendioso, como porque as experiencias d’este género exigem conhecimentos e aptidões technicas especiaes, observações delicadíssimas e rigorosas, de molde a só poderem ser feitas por physicos experimentados”.

Mais à frente, Magalhães transcreve a tabela de preços do radio de uma casa de Paris, a partir da revista *Le Radium*, explicando que “[a] preparação dos saes do radio é muito longa e dispendiosíssima, e d’ahi o preço enormemente elevado das substancias radioactivas” (*ibid.*, p.488). Na tabela, o grama de brometo de radio puro custava 400 mil francos, o equivalente a cerca de 1,5 milhões de euros atuais. Magalhães baseia-se nos trabalhos de Marie Curie, Augusto Righi e Frederick Soddy, entre outros cientistas estrangeiros, e refere a dissertação de Alexandre Alberto de Sousa Pinto, bacharel formado em matemática e filosofia na Universidade de Coimbra, como o único trabalho português encontrado sobre o tema: “apresentada em 1902 em concurso ao magistério na Academia Polytechnica do Porto, intitulada – *Os raios de Becquerel [e o Polónio, o Radio e o Actínio]* –, em que o seu auctor

¹⁷ Quase todo o equipamento usado nas primeiras experiências com os raios X no gabinete da física da Universidade de Coimbra foi adquirido em 1872. Retirado de apresentação de Célia Pinhão (2010), “*Virgílio Machado (1859-1927) - Na vanguarda do espírito científico em medicina*”.

estuda desenvolvidamente as novas radiações, formando um bem elaborado conjunto de tudo o que até então se conhecia sobre radioatividade” (*ibid.*, p.311).

Alexandre de Sousa Pinto nasceu em 1880, em Lisboa, e cresceu em Coimbra, onde concluiu os estudos universitários em 1900. Em 1902, iniciou a sua carreira como docente na Academia Politécnica do Porto e em 1928 tornou-se o 5º reitor da Universidade do Porto. Na sua tese, referida por Magalhães, Sousa Pinto (1902) faz a distinção entre raios catódicos e raios X e apresenta os raios de Becquerel como mais complexos e heterogêneos que os dois últimos. Refere três métodos para o estudo experimental dos raios de Becquerel, o fotográfico, o luminescente e o elétrico. Dedicou os capítulos seguintes à condutibilidade elétrica comunicada aos gases em diferentes substâncias radioativas, começando com o urânio, depois o tório e as substâncias novas: o polônio, o rádio e o actínio.

Sensivelmente a meio da sua dissertação, Sousa Pinto aborda os estudos sobre os efeitos fisiológicos dos raios de Becquerel, “que são geralmente considerados como resultados de acções químicas ou luminescentes” (*ibid.*, p.63), nomeadamente a ação do rádio sobre a pele, o globo ocular e as sementes, as quais não germinaram depois de expostas ao rádio durante mais de uma semana. Refere ainda um estudo da ação da radiação sobre as bactérias, em que “os raios de Becquerel gozam de propriedades bactericidas muito pronunciadas” (*ibid.*, p.65). Relativamente aos efeitos sobre a pele, reporta as experiências de Walkoff e Giesel, reproduzidas por Pierre Curie no ano anterior à dissertação, em 1901, e replicada mais tarde em Portugal pelo professor Relms segundo notícia do *Commercio do Porto* referida anteriormente. Sousa Pinto descreve como Pierre colocou sobre o seu braço, durante 10 horas, um sal de rádio 5 mil vezes mais intenso que o urânio, resultando em manchas vermelhas semelhantes a queimaduras que persistiram durante mais de 50 dias. Faz também referência à experiência de Becquerel, que observou um efeito análogo sobre a pele ao transportar no bolso um tubo de vidro com cloreto de rádio 800 mil vezes mais ativo que o urânio, de forma descontinuada e numa duração total de 6 horas (Pierre Curie & Becquerel, 1901; Sousa Pinto, 1902). As observações estendem-se à contenção da ação do rádio ao encerrá-lo numa caixa de chumbo de paredes pouco espessas.

As experiências francesas citadas na tese de Sousa Pinto, realizadas em 1901 e reportadas à Academia das Ciências de Paris nesse ano, permitiram averiguar desde cedo os fatores que contribuem para os efeitos fisiológicos da radiação ionizante (Sousa Pinto, 1902, p. 64):

“Outros ensaios semelhantes foram realizados, levando todos á conclusão de que os raios do radio têm sobre a pelle uma acção intensa, cujos efeitos sofrem uma evolução demorada, de importância e duração dependentes da intensidade dos raios activos e do tempo de exposição.

Acções menos vivas, mas da mesma natureza, experimentam as pessoas que manejam saes radíferos muito activos. As mãos adquirem uma tendência geral para a esfoliação e as extremidades dos dedos endurecem e tornam-se de uma extrema sensibilidade dolorosa, que pode persistir durante mezes depois de se deixar de manejar esses saes de grande intensidade radioactiva”.

Nos dois breves parágrafos que dedica a “[p]recauções indispensáveis nos laboratórios de estudo de substancias radioactivas”, Sousa Pinto refere que “todos os corpos adquirem com o tempo uma radioactividade que póde ser consideravel” através dos fenómenos da indução e da disseminação e “os meios usados para remediar o quanto possível os inconvenientes a que nos acabamos de referir são o emprego de revestimentos isoladores e caixas protectoras dos aparelhos” (*ibid.*, 115). Nestas precauções, porém, nada é explicitamente dito a respeito de riscos para a saúde advindos da exposição à radiação.

A dissertação de Magalhães (1906), quatro anos mais tarde, acaba por dedicar todo um capítulo às ações produzidas pelo rádio, mas frisa também o ainda parco conhecimento, na altura, relativamente às mesmas. Divide esse capítulo em três partes: as ações físicas, concretamente os efeitos luminosos, elétricos, mecânicos e caloríficos; as ações químicas, realçando as impressões fotográficas como as mais importantes; e as ações fisiológicas dos raios emitidos pelo rádio, “originando lesões muito difíceis de curar” (*ibid.*, p.102). A este respeito, faz referência aos trabalhos de Walkoff, Giesel, Becquerel e Pierre Curie, Danysr e Giulio Obicci. Menciona como a ação é relativamente fraca sobre os tecidos subjacentes à derme e muito mais energética sobre o sistema nervoso, onde “produzem-se lesões que são a causa de paralyrias e por vezes da morte do animal submetido á experiencia” (*ibid.*, pp. 102 e 103). Depois de abordar os efeitos do rádio nas sementes e bactérias, introduzindo dados mais recente aos que já tinham sido apresentados por Sousa Pinto, descreve a radioterapia (*ibid.*; pp. 103 e 104):

“Conhecidas as acções physiologicas dos raios emitidos pelo radio tem-se tentado a sua applicação com fins therapeuticos, do mesmo modo que eram

empregados os raios de Röntgen para a cura de certas moléstias, taes como o cancro e o lupus.”

O estudante de medicina apresenta de seguida a técnica de aplicação do rádio e os métodos para regular a sua ação terapêutica, referindo o tratamento como indolor e os resultados obtidos “bastante satisfatórios, ainda que não concludentes” (*ibid.*; pp. 104). O preço do rádio é também aqui apontado como o principal obstáculo à sua utilização e à preferência dada, por isso, à utilização dos raios de Röntgen.

Os perigos de exposição às radiações, das ações nocivas que as radiações podem ter sobre os organismos vivos, começam assim a ser identificados e percebidos em Portugal através destes trabalhos académicos em estreita articulação com a imprensa portuguesa.

2.5. Os mártires da ciência e as aplicações da radiação ionizante sob o olhar da imprensa

“Rádio, o bom e o mau da fita, foi descoberto há 120 anos. De substância milagrosa a perigosa, o rádio revolucionou o tratamento do cancro e foi vendido como água, dentífrico, cosmético e chocolate, mas a sua radiação em excesso no corpo revelou-se nociva, tornando o seu uso praticamente proscrito”, *Diário de Notícias*, 22 de dezembro de 2018

A atenção da imprensa portuguesa aos desenvolvimentos científicos no estrangeiro, relativamente à radiação ionizante, é patente ao longo do tempo, nomeadamente na tradução do artigo de Marie Curie, «As modernas theorias relativas à electricidade e à matéria». Publicado na *Revue scientifique*, a respetiva tradução foi levada a cabo e publicada na íntegra pelo *Diário dos Açores*, entre setembro e outubro de 1907 (M. Curie & Iman, 1907). A imprensa foi também dando conta dos congressos internacionais e intercâmbios entre cientistas e médicos no fim do séc. XIX e início do séc. XX.

Encontram-se, assim, na imprensa portuguesa notícias pontuais sobre as propriedades, os efeitos e as aplicações das radiações ionizantes. São exemplos duas notícias no *Diário dos Açores*, uma sobre a aplicação da radiografia para se verificar a morte (Mercurio, 1908a) e

outra sobre a possibilidade de utilizar a radiografia para a detecção de pérolas (“Casos e notas - O raio X e as ostras,” 1908).

Simultaneamente, nesse ano, em 1908, começam a surgir as primeiras notícias na imprensa portuguesa sobre os mártires da ciência devido às radiações ionizantes. O *Diário dos Açores* nota quão cedo se começaram a verificar os efeitos nefastos da exposição excessiva aos raios X (Mercurio, 1908b):

“O notavel medico inglez dr. Hall Edwards, director do hospital de Birmingham (Londres), soffrendo a agonia de ulceras cancerosas nas mãos e pelle, produzidas pelas experiencias pelos raios X a beneficio da humanidade e continuando a trabalhar apesar de gravemente doente, acaba de soffrer a amputação dos braços. O dr. Hall Edwards é um dos grandes campeões dos raios X e foi o primeiro a noticiar as características das “dermatites” em 1896 depois de ter exposto por muitas horas as mãos aos raios X.”

A par das notícias sobre as vítimas da utilização inadequada dos raios X, o vislumbre inicial, logo após a descoberta das substâncias radioativas, começa também a dar lugar à constatação das limitações destas promissoras substâncias, como noticia o mesmo jornal, citando o *Petit Parisien* (“O cancro,” 1908):

“Se ha uma affecção que esconda com avareza a sua cura, é necessariamente o cancro. Radium, radioterapia, sérums e fermentos, para citar apenas tratamentos recentes, não deram, até hoje, os resultados que se esperavam.”

As notícias sobre as potencialidades do rádio, contudo, continuam, nomeadamente a crença sobre a possibilidade desta substância tornar a alquimia uma realidade. Uma notícia transcrita do jornal francês, *Matin*, assim o descreve (“A victoria da alchimia – a fabricação de pedras preciosas – Os prodigios operados pelo radio,” 1908):

“Comprehender n’um instante que se possui, que se tem, como uma pedra na mão, o segredo de fazer e desfazer fortunas, e um segredo que todas as gerações teem perseguido, atravez de esperanças insensatas e decepções

seculares, dizer-se que se pode talvez amanhã revelando este segredo, trahindo a natureza que dissimulou durante milhares d'annos este parentesco do mineral vil com o mineral precioso, transtornar as industrias, mudar o curso da Bolsa, destruir os calculos dos sabios e dos financeiros, ha em tudo isto bastante para fazer saltar o coração no peito.”

A notícia termina com a percepção de um ponto de viragem, num paralelismo com a perspetiva que Bernstein desenvolve em torno da história do risco: “é preciso inclinarmo-nos com respeito diante d'este novo milagre porque o homem acaba de adquirir sobre as cousas o poder que até aqui se emprestava á divindade” (*ibid.*).

No mês seguinte, o *Diário dos Açores* dá conta da morte de Henri Becquerel, através de uma correspondência de Paris com o *Commercio do Porto*. A notícia refere como o também já falecido D. Carlos tinha conhecido Becquerel e Marie Curie aquando de uma visita a Paris em 1905. Os cientistas fizeram uma demonstração ao rei português numa matiné científica oferecida em sua honra, durante a qual, segundo o jornal (“Morte de dois sabios,” 1908):

“Toda a gente ficou admirada com o pedido do monarcha portuguez, mas mais ficou ainda a multidão de assistentes, entre os quaes figuravam os principaes vultos da sciencia, em presença não só do interesse que D. Carlos tomou durante cerca de uma hora por que se prolongaram as demonstrações, mas tambem pelos conhecimentos que mostrou possuir sobre o assumpto, na palestra que teve com os dois sabios.”

No início de 1909, surge mais uma notícia de um médico vítima dos raios X nos Estados Unidos, o qual teve que amputar uma mão. A mesma notícia relata outra vítima anterior, também um médico que “soffreu a amputação das duas mãos e em 1906 morreu das numerosas feridas que os seus trabalhos haviam provocado” (“Impressões e notas - Martyr da sciencia,” 1909). Em dezembro desse ano, o mesmo jornal dá conta de mais um mártir, um médico em Inglaterra que sofreu também várias amputações de dedos e um braço. A notícia revela a percepção dos benefícios e perigos envolvidos (“Impressões e notas - Victima dos raios X,” 1909):

“Os medicos que o tratam receiam que todo o seu organismo esteja contaminado d’essa affecção especial que produz a manipulação quotidiana d’aquelles raios, que constituem simultaneamente um excellente meio de curativo e um dos mais terriveis perigos.”

Na base de dados do Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia surgem mais tarde, em 1925, duas notícias sobre os mártires da ciência. É dado conhecimento de três vítimas do trabalho com o rádio, em França. O óbito de Jean Alban Bergonié é publicado pelo *Diário de Notícias* no dia 6 de janeiro de 1925. Bergonié foi professor de física e medicina e dedicou-se ao estudo da radiosensibilidade. Maurice Demenitroux e Marcel Demalander, ambos estudantes de Marie Curie antes da Primeira Guerra Mundial, morreram dias depois de Bergonié (“Mais um martir da sciencia,” 1925; “Martir da sciencia,” 1925). Demenitroux morreu de leucemia depois de um ano de doença e Demalander morreu com uma severa anemia depois de três meses de doença. Ambos foram vítimas da exposição à radiação ao preparar o tório X para utilização médica (Quinn, 1995).

2.6. Águas poderosamente radioativas

Não obstante as notícias que foram surgindo sobre os efeitos prejudiciais da exposição às radiações, depois da Primeira Guerra Mundial, as aplicações das radiações ionizantes continuaram a ser exaltadas, por exemplo “na cirurgia de guerra e mesmo na cirurgia de todos os dias os raios de Roentgen constituem um excelente e indispensável meio de observação”, como se pode ler na imprensa (Bethencourt Ferreira, 1920). O mesmo se passou relativamente à importância do rádio no tratamento do cancro (“Progressos da sciencia / A cura do cancro,” 1915; “Um caso consolador,” 1920; “Um notavel trabalho sobre o cancro pelo dr. Luís Adão,” 1925).

A água e as águas termais pertencem a outro domínio que no início enalteceu os benefícios das radiações ionizantes. As primeiras notícias sobre o tema procuraram descrever tais benefícios (Bethencourt Ferreira, 1908b):

“desde sempre que se procurou cura nas águas, e tambem se procurou explicar os seus beneficios (...) a presença de corpos radio-activos, dotados d’aquellas novas energias, nas aguas minero-medicinaes, revelados por

novas analyses, conduz rapidamente a uma explicação racional do poder curativo d'ellas, verificado sobretudo junto às nascentes e que tanta vez esmorece e se anula passado tempo sobre a sua captagem”.

No dia seguinte, o mesmo articulista continua a notícia sobre as águas termais e as tentativas para explicar os seus efeitos curativos, reportando os desenvolvimentos sobre o assunto em países estrangeiros e terminando com o caso português (Bettencourt Ferreira, 1908a):

“Loewenthal notou que as aguas ditas radio-activas exercem sobre o rheumatismo chronico uma reacção accentuada, que se traduz ao principio pelo augmento e generalização das dores. Continuando o tratamento, as perturbações dolorosas atenuam-se e seguem-se depressa os resultados curativos, que se costumam alcançar destas aguas. (...) Esta notavel caracterisação foi tambem reconhecida em thermas portuguezas, nas nascentes de Caldellas e se se fizesse neste sentido, o exame das nossas riquezas minero-medicinaes, tão extensas pelo paiz fora, é presumivel que a energia radio-activa de muitas dellas fosse revelada e com ella a natureza das suas propriedades therapeuticas, em muitos casos dignas de mais larga exploração.”

A caracterização das nascentes de Caldelas, no concelho de Amares entre Braga e o Gerês, divulgada por Bettencourt Ferreira no *Diário dos Açores*, foi realizada por Pierre Curie e Alberte Laborde em 1906, juntamente com outras águas de França (Pierre Curie & Laborde, 1906; Serra et al., 2005).

Em 1914, três meses após rebentar a Primeira Guerra Mundial, Avelino José Vieira, da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, apresenta, como tema da sua dissertação de final de curso, as Termas dos Cucos, em Torres Vedras. Sendo o seu tio proprietário e fundador do estabelecimento, Avelino José Vieira refere ter consultado os boletins clínicos de todos os doentes das Termas dos Cucos dos vinte anos anteriores e começa por engrandecer os benefícios das águas termais (Vieira, 1914):

“Num país como o nosso, tam rico em águas minero-medicinais, de tam diferente composição e de tam variadas indicações, qualquer doente com

uma doença crónica deve confiar em encontrar a cura, ou, pelo menos, alívios para os seus sofrimentos. Qualquer que seja a doença crónica, gota, reumatismo, neuralgias, dispepsia, enterite, albuminuria, diabetes, etc., há sempre entre as águas minero-medicinais do nosso país algumas que a debelem ou pelo menos a atenuem.”

Na referida dissertação, dedica toda uma secção às propriedades radioativas da água na qual assinala também a dificuldade, anos antes, em quantificar a presença da radioatividade e dos gases raros nas águas (*ibid.*, p. 57):

Em 1908 o director clínico dos Cucos, atendendo à grande importância da presença dos gases neutros e da rádio-actividade das águas minero-medicinais, manifestou ao proprietário destas águas a conveniência duma análise físico-química completa das águas e lamas dos Cucos, ao que êle prontamente acedeu. Para esse fim o Dr. Freire, director clínico, recorreu ao professor Virgílio Machado, mas sem resultado, devido a nem êle nem qualquer outro médico ou analista português possuírem, pelo menos nessa data, os aparelhos necessários para efectuar essa análise. E digo qualquer outro clínico ou analista português porque o professor Virgílio Machado na impossibilidade de a realizar, obsequiosamente se dirigiu ao professor Ferreira da Silva¹⁸, perguntando-lhe se podia ou sabia quem poderia fazer essa análise, recebendo uma resposta negativa.”

Apesar das dificuldades apontadas na altura, pouco depois, o francês Charles Lepierre, professor universitário em Coimbra e Lisboa, analisou praticamente todas as águas de Portugal, cerca de duzentas (A. L. Pereira & Rui Pita, 2000). Lepierre, engenheiro químico de formação,

¹⁸ António Ferreira da Silva concluiu o bacharelato em Filosofia no ano de 1876 na Universidade de Coimbra. Em 1877 foi nomeado lente substituto da secção de Filosofia da Academia Politécnica do Porto. Foi o primeiro presidente da Sociedade Portuguesa de Química, Par do Reino, Conselheiro de Sua Majestade, sócio da Associação Comercial do Porto, Comendador da Ordem de S. Tiago e Cavaleiro da Legião de Honra (*U. Porto - Antigos Estudantes Ilustres da Universidade do Porto: António Ferreira da Silva*, n.d.).

realizaria o estudo da radioatividade de inúmeras águas entre a primeira década do séc. XX e os anos de 1930s, *inter alia* do Luso (Lepierre & Costanzo, 1913), cuja radioatividade foi determinada pelo professor Costanzo¹⁹, água do Alardo (Lepierre, 1916) e águas da Curia (Lepierre, 1925).

O trabalho de Lepierre foi precedido, em Portugal, pelo de António Oliveira Pinto. Em 1905, Oliveira Pinto, padre e professor no Colégio de Campolide, participou no 1º Congresso Internacional de Radiologia e Ionização em Liège e, em 1910, publicou um relatório sobre o estudo da radioatividade das águas portuguesas, onde analisou, entre outras, as águas dos Cucos. O objetivo último do relatório seria realizar uma carta hidrológica de Portugal. Este objetivo não seria concretizado, pois, após apresentar o seu trabalho no 2º Congresso Internacional de Radiologia e Ionização, em Bruxelas, nesse mesmo ano, na sequência da revolução republicana de 5 de outubro de 1910, António Oliveira Pinto viu-se forçado ao exílio (Serra et al., 2005).

¹⁹ Giovanni Costanzo publicou diversos trabalhos sobre minérios portugueses e redigiu a primeira unidade curricular sobre radioatividade em Portugal (Serra & Peiriço, 2006). Costanzo foi professor no Instituto Superior Técnico (<http://100.ist.utl.pt/momentos/estrangeirados/>): “O corpo de docentes no período 1911-1920 era composto por 26 membros, dos quais cinco estrangeiros (Charles Lepierre - França, Giovanni Costanzo - Itália, Abram Droz, Léon Fech e Ernest Fleury - Suíça). Grande parte dos portugueses tinham efectuado os seus estudos superiores em universidades e institutos europeus, sobretudo em França e na Alemanha”. A este respeito, e relativamente ao tema da radioatividade, alguns investigadores portugueses estudaram no Instituto do Rádio em Paris e fizeram as suas teses de doutoramento diretamente sob a orientação de Marie Curie, como foi o caso de Manuel Marques Teixeira (Teixeira, 1948), Mário Augusto da Silva, Manuel Valadares, Branca Edmée Marques e Aurélio Marques da Silva. Estes investigadores usufruíram de um contexto verdadeiramente internacional. Como nota Kabzinska (1989):

“Pelo Laboratório de M. Curie passaram numerosos representantes de 25 nacionalidades. O Prof. Moisse Haissinsky cita 15 colaboradores de nacionalidade não francesa que ele tinha encontrado no Laboratório Curie: Dois russos, um polaco, um inglês, um jugoslavo, um romeno, uma suíça, um alemão, um belga, três chineses, um iraniano, um indiano, uma austríaca, dois portugueses e uma grega (...). Todos tinham sido atraídos pela celebridade do laboratório, pelo desejo de adquirir a sabedoria «na fonte»”.

Mais tarde, o *Diário de Notícias* dedicou uma folha inteira com fotografias e artigos sobre as principais termas de Portugal, especificamente as Caldas do Gerês, a Curia, as Termas de Vizela e as Termas de Caldelas (“Norte de Portugal / Os portugueses não precisam procurar as termas estrangeiras,” 1925). E dias depois, nova notícia sobre as termas do norte de Portugal e os efeitos miraculosos das suas águas (“Termas do Norte de Portugal,” 1925):

“A radioactividade da agua «Salus A», segundo as analises do professor Lepièrre, é dupla da de Vidago n.º 1. A alcalinidade da «Salus» é superior á de todas as aguas do seu tipo e apenas ligeiramente excedida por esta ultima. Sabe-se hoje que a radioactividade é das mais nobres qualidades duma agua mineral; é por ela que se exercem muitas modificações no organismo, remanejando-o nos mais intimos tecidos, modificando o seu modo de vida celular.”

Segundo Serra et al. (2005), o estudo da radioatividade das águas em Portugal, na primeira metade do séc. XX, caracterizou-se por:

“três períodos conceptualmente distintos do ponto de vista da sua importância para a ciência, que acompanham o valor histórico-científico que a radioactividade per si assume na comunidade científica e na sociedade até ao final da primeira metade do século XX: o momento da inovação [1910 a 1912], em que a ciência portuguesa tenta participar do fenómeno emergente da radioactividade e suas aplicações; o período comercial, associado ao interesse terapêutico das radiações; e o do ressurgimento, apoiado pela “oportunidade do nuclear” e por quanto se investia, à data, nesse domínio do conhecimento científico-tecnológico.”

O Radium Hotel Caria é um exemplo ilustrativo desta evolução da perceção do risco associado à radioatividade nas águas (*A cura de todos os males numa garrafa de água radioactiva*, n.d.; *Termas Radium: do milagre à ruina*, 2020). A evolução da perceção do risco, porém, não terá sido uniforme para as diferentes áreas relativas às radiações ionizantes. Por exemplo, existe um contraste de perceção de risco quanto ao radão e quanto à produção de energia nuclear, explicado pelo modelo psicométrico. Nos anos de 1970s, para citar outro exemplo, enquanto ainda eram utilizados aparelhos geradores de raios X em sapatarias, havia já movimentos

antinucleares em curso, surgidos desde a criação das bombas atômicas e a sua utilização como ato de guerra em 1945.

2.7. A radioterapia

Numa nota sobre a radioterapia, apresentada na reunião do corpo médico do Instituto Português de Oncologia, Francisco Gentil defende a importância das radiações ionizantes no tratamento do cancro do útero (Gentil, 1936, p. 3):

“Um dos aspectos do problema terapêutico do cancro, que importa divulgar, é o estado actual do tratamento pelo rádio e os raios X. É infelizmente corrente ouvir afirmar que o cancro só pode ser curado pela intervenção operatória e que o rádio e os raios X são paliativos. Às vezes mesmo, um e outro são acusados de acelerarem a marcha das neoplasias, provocarem metástases, serem causadores de fístulas e doutras complicações. E como aqueles que mais facilmente fazem perder aos cancerosos a oportunidade da cura, pelos seus ruins paliativos, precisam depois desculpar-se, carregam sobre as radiações quantos malefícios o cancro produz por ter sido abandonado à sua livre evolução durante um largo período.”

Nesta linha de argumentação, é possível pressupor que não existia um consenso acerca do tratamento pelo rádio e os raios X. Para além disso, e apesar das aplicações médicas das radiações terem começado desde logo, passado meio século subsistia a noção do que ainda havia por descobrir nesta área (Basto, 1955, p. 3):

“A aplicação dos radioisótopos é uma técnica nova, que apesar de tanto que se tem escrito sobre ela, está ainda na sua infância. Desconhecem-se muitos mecanismos de acção, desconhecem-se os factores que podem contribuir para a fixação de elementos nos tecidos ou órgãos.”

Ao descrever a fundação e o trabalho do pavilhão dos isótopos do Instituto Português de Oncologia, Basto (*ibid.*, p. 5) refere o contributo da física na protecção radiológica:

“Os trabalhos da secção de Física do Instituto Português de Oncologia, orientados no sentido do apuramento de técnicas e de preparação activa do

peçoal, iniciaram-se em 1950, não deixando, desde logo, de se preverem os problemas da protecção do peçoal e dos doentes”.

O autor frisa como o “arranjo ideal”, conseguido no laboratório dos radioisótopos, “tem permitido magníficas condições de trabalho e (...) nenhum dos membros do peçoal desta secção recebeu doses superiores às estabelecidas internacionalmente, de 0,3 r por semana” (*ibid.*, p. 6). Mais à frente frisa novamente a questão da protecção, a excelência do pavilhão do rádio português conforme os princípios internacionais (*ibid.*, p. 11):

“Um dos problemas que desde sempre mais tem preocupado a Direcção do Instituto Português de Oncologia tem sido o da protecção do seu peçoal contra o perigo das radiações. Haja em vista que o Pavilhão C (rádio) do Instituto Português de Oncologia foi o primeiro edifício construído na Europa segundo os princípios estabelecidos pelo Congresso de Radiologia de Estocolmo.”

A percepção do risco radiológico, existente nas suas diferentes áreas, impulsionou e guiou desde início a ciência da protecção radiológica. Por seu turno, foram os desenvolvimentos na protecção radiológica que terão transformado o perigo das radiações ionizantes, no sentido de algo que não pode ser controlado, no risco radiológico, o qual pode ser quantificado, regulado, prevenido e mitigado. Já o sucesso da implementação das orientações de protecção radiológica, delineadas por instituições internacionais criadas para o efeito, estiveram desde o início ligadas a instrumentos legais, tal como retratado no ponto seguinte.

2.8. Legislação sobre o risco e a protecção radiológica

Em abril de 1936, foi erigido em Hamburgo um memorial dos mártires dos raios X com o nome de profissionais que morreram de doenças induzidas pela radiação. Os 169 nomes, de 15 nações, incluídos no memorial, ascenderam aos 359, 23 anos depois, em 1959 (“Memorial to X-ray Martyrs,” 1936; *Monument to the X-ray and Radium Martyrs of All Nations - Wikipedia*, n.d.; Ramos, 1994). No mesmo ano em que o memorial foi construído, Portugal publicou, a 27 de julho, uma lei que contemplou a questão da protecção radiológica relativamente a acidentes de trabalho ou doenças profissionais e da responsabilidade patronal. Esta lei foi antecedida pelo

decreto-lei 19 508 de março de 1931, o qual reorganizou os serviços de radiologia dos Hospitais Cívicos de Lisboa, concedendo uma gratificação pelo risco a que os profissionais que lidavam com os raios X estavam sujeitos. A gratificação terminou através de novo decreto-lei publicado quatro anos mais tarde.

Entre uma série de doenças profissionais contempladas na lei de 1936, como a intoxicação pelo chumbo e mercúrio, surge a intoxicação pela ação dos raios X ou substâncias radioativas. A lei que regulou a situação dos servidores civis do Estado vítimas de acidente em serviço, explicita que a “responsabilidade patronal pelos encargos provenientes de doenças profissionais subsiste na sua totalidade, pelo espaço de um ano, a contar da data do despedimento do trabalhador, e, se a doença fôr o cancro dos radiologistas, pelo espaço de cinco anos” (Lei n.º 1942, 1936, p. 860). As radiações ionizantes aparecem incluídas no 5º grupo do quadro de doenças profissionais (*ibid.*; p. 864):

“Extração de corpos radioactivos dos minerais.

Investigações sôbre as substâncias radioactivas e raios X nos laboratórios.

Aplicações de raios X nos gabinetes médicos e dentários, casas de saúde e institutos anticancerosos.”

Estas radiações são novamente mencionadas no 7º grupo, dos “operários habitualmente expostos à acção de agentes físicos (calor, frio, radiações solares, eléctricas e radioactivas), como ferreiros, fundidores, cozinheiros, vidreiros, os que trabalham ao ar livre, com raios X e rádio” (*ibid.*).

Mais tarde, a Junta de Energia Nuclear (JEN), criada em 1954, teve como incumbência, entre outras atribuições, “propor ao Governo a legislação necessária à exploração e aproveitamento das matérias-primas nacionais que interessam aos seus objectivos, bem como a relativa protecção do pessoal que trabalhe com substâncias radioactivas” (Decreto-Lei 39 580 de 29 Março, 1954, p. 337). Coube então à JEN superintender “tudo quanto respeita às aplicações pacíficas da energia nuclear” (Decreto-Lei n. 41995, 1958, p. 1352). Em conformidade com estas atribuições, a JEN publica em 1959 uma portaria no sentido de fazer o levantamento de todos “os equipamentos, instalações e quaisquer meios que produzam radiações ionizantes para fins científicos, médicos (...), industriais e comerciais” (Portaria 17223 de 16 de junho, 1959, p. 695).

Este levantamento é publicado em 1961. O estudo considerado necessário face ao aumento da utilização das radiações ionizantes, e devido ao “melhor conhecimento dos perigos de tais radiações”, concluiu que as condições encontradas, no panorama português, não asseguravam uma proteção eficaz das pessoas expostas a estas radiações (Decreto-Lei n. 44 060 de 25 de novembro, 1961, p. 1477):

“A proteção assegurada nas instalações de raios X examinadas não é, em muitos casos, satisfatória. Uma percentagem apreciável do pessoal das mesmas instalações recebe doses de radiações superiores aos máximos admissíveis, quer pela referida deficiência de protecção das instalações em si, quer por inadequado regime de trabalho do mesmo pessoal.”

O mesmo decreto de lei onde o estudo é publicado informa como Portugal aderiu a uma “resolução referente à uniformização das normas de protecção contra as radiações ionizantes tomada pelos países membros da Organização Europeia de Cooperação Económica” (*ibid.*, p. 1478). O diploma inclui as “prescrições de ordem técnica correspondentes às normas de base definidas por um grupo de especialistas da referida organização internacional”, incluindo no primeiro anexo as doses máximas admissíveis para as pessoas profissionalmente expostas às radiações ionizantes e no segundo anexo as concentrações máximas admissíveis dos nuclídeos radioativos na água de beber e no ar inalado (*ibid.*, pp. 1479 e 1480).

Deste modo, o direito internacional e acima de tudo o direito da União Europeia, ao vincular os Estados Membros, tiveram um papel fundamental no desenvolvimento da protecção radiológica. Não obstante, como nota Meruje (2009, p. 119), “Portugal não tem sido um exemplo internacional no que concerne à adopção da regulamentação internacional e europeia de protecção contra as radiações ionizantes”. Nomeadamente, até hoje, Portugal não transpôs dentro do prazo nenhuma das diretivas da Comunidade Europeia da Energia Atómica (Euratom), organização governada pelos Estados-Membros da União Europeia e criada pelo Tratado de Roma em 1957, juntamente com a Comunidade Económica Europeia.

Portugal foi inclusive alvo de um processo de incumprimento no caso da diretiva 96/29/EURATOM, para regulação da exposição ocupacional e exposição dos membros do público a radiações, sendo que levou mais de dez anos a transpô-la (*ibid.*). A última diretiva europeia que estabelece o regime jurídico da protecção radiológica, 2013/59/Euratom, acabou por ser transposta cinco anos depois com o Decreto-Lei n.º 108/2018. Este decreto-lei

determinou, em 2019, a sucessão pela Associação Portuguesa do Ambiente (APA) em todas as atribuições, direitos e obrigações do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

A integração do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), antigo Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, no Instituto Superior Técnico ocorreu em 2012. Esta integração resultou na extinção do ITN e criação do Departamento de Ciências e Engenharia Nucleares (DECN), sediado no Campus Tecnológico e Nuclear (*campus* e instalações onde existiu o ITN), mantendo-se até à atualidade “um dos mais relevantes centros de investigação nacional no domínio das ciências e técnicas nucleares e na área da Proteção Radiológica e Segurança Nuclear” (*Campi – Técnico Lisboa*, n.d.). O antigo laboratório estatal foi criado para cumprir parte dos objetivos da JEN, acolhendo o Reator Português de Investigação, desativado em 2019, e a Unidade de Proteção e Segurança Radiológica, atualmente em pleno funcionamento, mas perdendo muitos dos seus recursos humanos para a reforma ou, nos últimos anos, para a APA.

É possível então constatar que a evolução do regime jurídico português da proteção radiológica tem necessariamente acompanhado as diretivas europeias com um atraso face aos restantes Estados Membros que pode ser explicado possivelmente pela reorganização ao longo do tempo das estruturas estatais a que foram sendo atribuídas competências nesta matéria. A decisão de não prosseguir com um investimento nacional na energia nuclear e a queda na cotação do urânio, minério abundante em território nacional, são alguns dos fatores que terão influenciado, por sua vez, a reorganização das infraestruturas que devem assegurar a proteção radiológica, desde a prevenção de acidentes radiológicos até à resposta a emergências radiológicas ou nucleares.

Capítulo 3. Estudos de caso

A apresentação dos estudos de caso no presente capítulo, elaborados a partir de entrevistas, procurou retratar três áreas no campo das radiações ionizantes em Portugal: a realidade de trabalho de uma técnica de diagnóstico com os raios X entre os anos 1970s e 2000, os projetos levados a cabo por um técnico do Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica entre 1980s e 2020, e a experiência laboral de três trabalhadores da extinta Empresa Nacional do Urânio entre 1950s até 2000.

3.1. O caso dos técnicos de radiologia

3.1.1. Os primeiros 50 anos da radiologia em Portugal

Em novembro de 1945, o *Primeiro de Janeiro* publicou uma notícia com as várias apresentações proferidas durante uma comemoração do centenário do nascimento de Röntgen. A sessão solene, promovida pela Sociedade Portuguesa de Radiologia e Medicina Nuclear, foi também dedicada ao cinquentenário da descoberta dos raios X e ao radiologista Roberto de Carvalho no primeiro aniversário da sua morte (Ramos, 1994). As comunicações, para além das homenagens e invocações próprias, a propósito da ocasião, têm o mérito de chamar a atenção para as preocupações e precauções relativas aos perigos e riscos associados à exposição aos raios X, revelando o consolidar de uma consciência do risco radiológico.

Segundo a notícia, o Prof. Dr. Hernâni Monteiro começou por sublinhar, na sua comunicação, a ausência de proteção radiológica no passado, referindo (“Na Faculdade de Medicina do Pôrto, ao comemorar-se o centenário do nascimento de Roentgen, prestou-se homenagem aos radiologistas portugueses,” 1945, p. 5):

"uma série de considerações sobre a maneira como aqueles homens de ciência trabalhavam, pois ignoravam-se os meios de proteção. (...) Prestar homenagem a Röntgen no seu cinquentenário da sua grande descoberta é um acto de justiça. Mas não pode haver receio que o seu nome seja esquecido. Os homens bem sabem - e quantos por experiência dolorosa! que o emprego dos raios que o sábio físico descobriu é hoje corrente na clinica

hospitalar e particular, quer para efeitos de diagnóstico quer para fins de terapêutica.”

Os infortúnios anteriores não devem, segundo o professor, desviar o foco das vantagens obtidas pela aplicação dos raios X na medicina, nem impedir o progresso (*ibid.*):

“Todavia, se o nome de Röntgen, mesmo entre nós, não precisa de divulgação, precisam dela as vantagens da aplicação da sua descoberta, para nos serviços hospitalares e laboratórios das nossas Faculdades de Medicina haja as devidas instalações em número suficiente, convenientemente dotadas de aparelhagem e de técnicos competentes de sorte que os doentes possam receber melhor tratamento e os futuros médicos, melhor ensino. Consegui-lo é, sem dúvida, muito difícil, pois bem sei quanto uma instalação radiológica fica dispendiosa e a que despesa avultada obriga o seu normal funcionamento. Mais meritória será, no entanto, a comemoração (...) se ela não restar limitada à série de conferências e lições em que distintos colegas têm salientado o que deve a Medicina aos Raios X, mas se aproveitar essa importante soma de trabalho para conseguir, das entidades que o podem fazer, as condições necessárias ao progresso e maior prestígio da Radiologia em Portugal.”

Ainda na mesma notícia, na comunicação seguinte, proferida pelo Prof. Doutor Álvaro Rodrigues, é referido o radiologista vimaranense, vítima da ciência (*ibid.*):

“o insigne e nunca esquecido Dr. Roberto Carvalho, brilhante ornamento da história da Radiologia Portuguesa e nosso saudoso companheiro, [com] o merecimento de ter sido o introdutor e durante muito tempo o único cultor deste método [da quimografia, em que se utilizam os raios X para o estudo dos movimentos dos órgãos] em Portugal. Graças ao seu espírito empreendedor e à sua devotada dedicação à ciência radiológica, pela qual tudo sacrificara, inclusivé a sua própria vida”.

Álvaro Rodrigues fala ainda da utilização dos raios X para fins de tratamento, referindo como, numa primeira fase, “a aplicação da radioterapia, foi essencialmente cáustica: quer dizer que

os radioterapeutas, com pequena experiência ainda dessas radiações, fazendo a sua aplicação às lesões, destruíram tanto os tecidos doentes como os sãos”. Refere ainda os novos campos da radioterapia, nomeadamente na aplicação “às perturbações menstruais e esterilidade, do mesmo modo que às afecções de ponto de partida hipofisário” (*ibid.*). Há uma ênfase nas inúmeras possibilidades que na altura acreditavam-se possíveis, nomeadamente “pelas irradiações consegue-se já mudar as posições dos cromossomas, orientar a bel preceito dos investigadores a sua segmentação, de maneira a influir sobre a transmissão da hereditariedade” (*ibid.*, p. 6).

A notícia cita ainda a última palestra da comemoração, proferida pelo Dr. Albano Ramos, sobre os raios X em gastroenterologia. À semelhança dos oradores precedentes, este médico enaltece os vários benefícios dos raios X no campo do diagnóstico, mas faz também referência aos vários colegas que foram vítimas da utilização dos raios X (*ibid.*):

“A multidão de conhecimentos que o método de Röntgen veio trazer à gastroenterologia é obra de muitos. É impossível recordar o nome de todos, mas para todos vai o nosso pensamento. Estamos a vê-los reunidos, como que em congresso – para cuja presidência fora convidado Röntgen, a cujo convite, desta vez, ainda que modesto, acedera – e olhamos os seus braços de mãos amputadas nuns e notámos ausência de dedos noutros; os mais felizes apresentam radiodermites marcadas que sangram abundantemente ao menor contacto. É um verdadeiro congresso de doentes, como já um dia se afirmara. Não obstante, os seus rostos não traduzem sofrimento; as suas lesões não definham o aspecto; em cada um não se encontra o desânimo. Pelo contrário, e em estranha tentação, pressente-se a alegria e a felicidade e vê-se, ainda quando em qualquer dêsses mártires o mal se exterioriza, o convite persistente aos que hão-de suceder-lhe, para que pugnem com o mesmo entusiasmo com que o fizeram, para que lutem contra a morte na atitude quási divina do sacrifício da sua própria vida”.

No mês seguinte, no âmbito de semelhante comemoração, Ayres de Sousa, na altura o presidente da Sociedade Portuguesa de Radiologia Médica, profere uma comunicação no Salão Nobre dos Hospitais da Universidade de Coimbra sobre a descoberta de Röntgen e a Universidade de Coimbra. O radiologista natural da Índia portuguesa e residente em Lisboa desde os seus 16 anos começa por enaltecer o trabalho do fotógrafo científico Augusto Bobone no desenvolvimento da radiologia em Portugal. Ayres de Sousa explica como Bobone

conseguiu adquirir os equipamentos para a fotografia pelos raios X numa altura de grande procura pelos mesmos (Sousa, 1945a):

«Alvoraçado com as primeiras notícias publicadas pelo jornal “Novidades”, Bobone, não tendo no seu atelier os aparelhos indispensáveis para principiar as experiências, escreve ao seu amigo Visconde de Condeixa que vivia em Paris, para lhe mandar um tubo de Crooks, mas os fabricantes não tinham mãos a medir. As ampolas que se fabricavam eram poucas não só para os laboratórios de Física mas também para os salões mundanos, os mesmos onde no século XVIII se cultivava o mesmerismo e que no século XIX procuravam na descoberta de Roentgen qualquer coisa de estranho, de misterioso que despertasse a embotada sensibilidade dos que frequentavam esses salões. Mas Bobone não desistiu. Aceitou o oferecimento de um tubo cedido pelo Dr. Virgílio Machado e trabalhou incessantemente.»

Bobone entregou o resultado do seu trabalho com os raios X à Academia das Ciências “como os primeiros e únicos aplicados sobre corpos vivos, feitos em Portugal com nitidez e perfeição” (Bobone cit. por Sousa, 1945, p. 6). Assumindo que Bobone conheceria já o trabalho da escola de Coimbra, podemos supor que o fotógrafo estaria a enfatizar a primazia da nitidez e perfeição do trabalho e não a realização da primeira radiografia em Portugal. Bobone foi, no entanto, o primeiro a escrever uma monografia em Portugal com notas práticas sobre o tema e o primeiro a instalar um laboratório radiológico aberto ao público. Segundo Ayres de Sousa, no início, “Fotógrafos e Físicos, estes últimos não animados de espírito mercantil, discutiam a quem cabia a missão de obter radiografias. (...) Para uns e outros, os médicos que faziam radiografias metiam-se em seara alheia” (*ibid.*, p. 9). Ayres de Sousa reflete sobre o resultado da disputa, que acabara por ser ganha pelos médicos, dentro da própria classe profissional (*ibid.*, p. 10):

“Hoje que não pesa sobre nós o complexo de inferioridade de fotógrafos de doenças, hoje que ocupamos na hierarquia das especialidades lugar de primeira plana”.

O médico prossegue relatando como a descoberta de Röntgen passou logo desde início do gabinete da física para o contexto hospitalar. Daniel de Matos, professor conimbricense de

clínica cirúrgica, quis logo em fevereiro de 1896 experimentar as aplicações científicas dos raios X no Hospital da Universidade de Coimbra.

Seis anos mais tarde, com a reforma dos estudos universitários de 1901, foi criado o Gabinete de Radioscopia e Radiografia, anexo à Cadeira Propedêutica Médica e Cirúrgica da Universidade de Coimbra (Ramalho, 1945). As radiografias que no início lá eram tiradas, conta Ramalho (*ibid.*, pp. 10–11) na sua história do Laboratório de Radiologia e Electrologia da Faculdade de Medicina, assim designado em 1918, tinham:

“falta de nitidez, falta de contrastes, falta de intensidade da imagem (...). Confesso que só com muito boa vontade e um grande poder de imaginação se poderia conseguir um diagnóstico (...). Que diferença tão grande para o tempo de hoje”.

Para além da qualidade das radiografias, Ramalho descreve detalhadamente na sua comunicação, apresentada na “Semana de Roentgen” em Coimbra na noite de 4 de dezembro de 1945, as características com que as radiografias eram feitas, o tempo de exposição e a técnica empregada. Conta Ramalho que (*ibid.*, pp.13-14): “É quási inacreditável para os radiologistas de hoje o tempo que era preciso empregar para fazer uma radiografia dum torax ou de uma cabeça” e dá como exemplo “uma radiografia a uma articulação coxo-femural de uma senhora excessivamente gorda” que tinha levado 45 minutos de exposição a fazer:

“O antigo empregado do Laboratório, Augusto da Costa Reis, (...) pôs o aparelho a trabalhar e foi tranquilamente almoçar enquanto os raios de Roentgen se entretinham a atravessar a espessa camada adiposa da doente”.

O Laboratório de Radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra iniciou uma segunda fase em 1915, sofrendo uma alteração radical, tanto com novas instalações como com material atualizado adquirido em 1913, nomeadamente “um disparador automático para radiografias entre um quinto e oito segundos”, pé-suporte de ampolas e écrans reforçadores (*ibid.*, p. 16). Em 1925 foram feitas novas aquisições de equipamento, permitindo ainda maior diminuição do tempo de exposição, bem como aumento da distância do tudo. O Laboratório, dada uma avaria que inutilizou o aparelho de que dispunha, adquiriu um novo aparelho em 1928 que permitia obter “esplêndidas radiografias para essa data” em décimas de segundo

(*ibid.*, p. 22). Em 1940, o Hospital adquiriu novo equipamento para o Laboratório mas que, à data da comunicação de Ramalho, não estava a funcionar “por falta de espaço onde se possa montar, devido à exiguidade e as deficientes instalações que o Laboratório actualmente tem”.

O movimento do Laboratório foi aumentando progressivamente, de 109 doentes em 1910 até 1537 doentes em 1927. Houve depois em 1928 um aumento brusco do movimento que foi nesse ano de 3489 doentes. O recorde até à data da comunicação feita por Ramalho em 1945 tinha sido de 5834 doentes, em 1929, oscilando nos restantes anos entre três e cinco mil doentes por ano.

Ramalho termina a sua comunicação sublinhando a urgência por “condições suficientes para uma nova época de melhoramentos e de evolução dos seus serviços”. Durante a sua apresentação, nada é dito acerca dos riscos da exposição à radiação. Ao longo do discurso encontramos uma abordagem da melhoria das condições de trabalho, graças à evolução dos equipamentos. O menor tempo de exposição à radiação é também referido por diversas vezes, sendo este aspeto valorizado por permitir uma melhor qualidade da imagem da radiografia.

Cerca de 15 anos mais tarde, Martins da Silva, diretor clínico do Serviço de Radiologia do Hospital de S. José, traça o panorama da radiologia dos Hospitais Cívicos de Lisboa, dividindo o assunto em três partes: i) instalações e remodelações de serviços, ii) equipamento radiológico e iii) pessoal. Começa por sublinhar as carências encontradas e defende que os sete hospitais²⁰ (Silva, 1959, p. 591):

²⁰ A génese dos Hospitais Cívicos de Lisboa terá sido o Hospital de Todos os Santos, no século XV (*Hospitais Cívicos de Lisboa: a importância de preservar as memórias das organizações*, 2018). A primeira instituição hospitalar centralizada da capital não resistiu ao terramoto de 1755 (Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2018). Seguiu-se o Hospital Real de S. José (Serviço Nacional de Saúde, n.d.):

“Em 1844 o Hospital de S. José anexa o primeiro de uma longa lista de hospitais – a Gafaria de S. Lázaro -. Seguem-se alguns anos depois o Manicómio de Rilhafoles e o Hospital do Desterro dando origem ao Hospital de S. José e Anexos. A pouco e pouco outros hospitais se juntam. O Hospital de D. Estefânia em 1877, o de Arroios em 1892 e o de Santa Marta em 1903. Em 1906, o Hospital de Curry Cabral e, em 1928, o Hospital de Santo António dos Capuchos. Fica então completo o grupo “Hospitais Cívicos de Lisboa” (HCL), designação esta que se tornou efectiva em 1913.”

“necessitam profunda revisão, ampliação e reequipamento dos seus Serviços de Radiologia quanto a material e pessoal técnico, sem o que a sua colaboração aos vários clínicos continuará cerceada e Portugal ficará indefinidamente no número daqueles que constituem a cauda da lista dos países europeus, quanto a eficiência hospitalar, isto apesar de, por felicidade, o País ter escapado à devastação bélica de 1939-45.”

Entre as várias deficiências apontadas, e a listagem de remodelações e aparelhos necessários para as colmatar, Martins da Silva (*ibid.*, p. 601) refere duas instalações do Hospital de S. José, abertas em 1930 e com vários equipamentos dessa altura, que “não trabalham há já bastante tempo por incapazes de serviço activo e falta de protecção à luz dos conhecimentos actuais”. Nada mais é dito sobre a questão da protecção radiológica no panorama descrito.

O diretor clínico refere que “até há pouco só os grandes hospitais dispunham de aparelhagem de revelação automática, [mas] as dificuldades em pessoal levaram à sua generalização” (*ibid.*, p. 597). Mais à frente, na parte sobre o pessoal, o radiologista expõe as dificuldades inerentes à sua profissão, sendo que a divulgação dos perigos radiológicos dissuadia a prossecução da carreira, bem como a profissão de técnico (*ibid.*, p. 602):

“por um lado os vencimentos irrisórios nos Hospitais, as grandes dificuldades em montar consultórios no momento presente – a fim de auferir o indispensável para viver - quer pelo custo de aparelhagem e pela falta de clínica particular (...) resultante do aparecimento da medicina organizada que possui hoje instalações radiológicas privadas, grandes e com luxo que faz criar inveja. Por outro lado, a campanha que se tem feito não só em revistas especializadas como nos grandes jornais diários sobre os perigos das radiações e ainda a crescente complexidade da especialidade muito exposta à crítica de colegas e do público em geral, eis as grandes razões da escassez de médicos radiologistas para prover os Serviços. (...) Com os técnicos dá-se coisa sensivelmente idêntica.”

Ao abordar a questão dos vencimentos, Martins da Silva menciona “as verbas suplementares para o pessoal que trabalha com radiações, não só em Portugal como em muitos países estrangeiros” (*ibid.*, p. 603). Indica várias situações em que tal acontece, como o Instituto

Português de Oncologia que “mantém há bastantes anos uma gratificação especial para os médicos que trabalham com o Rádio e uma percentagem sobre os tratamentos efectuados com Röntgenterapia aos que estão adstritos a este sector”, bem como uma percentagem “da receita dos exames radiológicos pagos aos médicos radiologistas” para o ensino, no Hospital de Santa Marta, no de Santa Maria e em Coimbra (*ibid.*). Dá como exemplos no estrangeiro o Brasil e a Hungria e apela a que semelhantes medidas sejam adotadas nos Hospitais Civis de Lisboa.

Sete anos mais tarde, no mesmo boletim clínico dos Hospitais Civis de Lisboa, Mateus dos Santos (1966) procura registar a história dos técnicos de radiologia, revelando idêntico descontentamento face às condições profissionais. O serviço de radioscopia do Hospital de S. José foi criado em 1898. Como recorda o técnico de radiologia daqueles hospitais (*ibid.*, p. 344):

“Aproximadamente um ano depois, o incremento destes serviços era de tal vulto, que um dos seus primeiros directores da especialidade, Dr. Joaquim Feyo e Castro, se viu na necessidade de reorganizá-los requerendo pessoal auxiliar de radiodiagnóstico. É por proposta deste à Administração e por despacho do Sr. Enfermeiro-Mor de 8 de Novembro de 1900, que surge o primeiro dos auxiliares de técnica radiológica na pessoa de Bento Fernandes.”

O primeiro auxiliar de técnica radiológica era já trabalhador do hospital quando foi promovido a preparador dos serviços laboratoriais e acabaria por ser uma entre centenas de vítimas da exposição excessiva à radiação. Como nota Mateus dos Santos (*ibid.*):

“Bento Fernandes, foi um homem que pertencendo já ao quadro do pessoal menor dos serviços Laboratoriais e mercê da sua muita dedicação e zelo pelo serviço de radiologia, adquiriu, através do tempo, uma soma de conhecimentos de ordem prática que o habilitaram a desempenhar, por fim, funções superiores às de simples serventuário que era. Tornou-se deste modo, um profissional prático, mas distinto.

Acréscita referir, que em 1 de Março de 1929 pelo Decreto-Lei n.º 26 551 lhe foi concedida a medalha de Benemerência e uma subvenção de 400\$00 mensais, além do vencimento, por nessa altura ter contraído já, doença radiógena permanente, da qual faleceu em 22 de Junho de 1938.”

Bento Fernandes terá desenvolvido a doença mortal ao longo dos vinte anos de exercício da profissão e terá sido o único recompensado financeiramente pelo facto. Como lamenta Mateus dos Santos, “Triste e desolador é sabermos que (...) os demais, que se lhe seguiram, e são infelizmente muitos, simplesmente os tenham ignorado” (*ibid.*, 355).

Mateus dos Santos prossegue depois com a enumeração das outras vítimas portuguesas a lamentar (*ibid.*, pp. 344-345):

*“Dr. Feyo e Castro – Drs. Carlos Santos (Pai e filho) – Dr. Pinto Leite (Pai)
– Dr. Carteador Mena – Dr. Castelo Branco Saraiva – Dr. Raul Pires – Dr.
Roberto de Carvalho – Dr. Covas Lima”.*

Para além dos nove médicos, Mateus dos Santos identifica 12 nomes de pessoal auxiliar:

*“José Valente da Silva – António Morgado – José Mendes – Manuel Duarte
– António Diogo – Júlio Ernesto da Silva – Constantino Augusto Ribeiro –
Armando Magiolo – José Maria Carrajola – Leonilde Vaz Ribeiro – António
dos Santos – José Ferrão Dinis – etc., etc.”*

Numa nota posterior, refere serem mais de três dezenas os colegas que foram vítimas dos riscos inerentes aos primeiros tempos da profissão.

Em 1918, a profissão de preparador dos serviços laboratoriais passou a designar-se como ajudante técnico de radiologia. Depois em 1938 um decreto-lei estipulou a programação para o curso de ajudantes técnicos, nomeadamente “Noções gerais sobre perigos das radiações ionizantes e respectiva protecção” (*ibid.*, p. 345). Só haveria nova alteração à profissão em 1961, sendo estabelecido o nome de “Técnico” e fixada a “doutrina e normas futuras nos cursos desta especialidade” (*ibid.*). O autor transcreveu o programa do curso que teria a duração de um ano e o 2º ciclo do curso secundário liceal como pré-requisito. Na transcrição dos conteúdos, encontra-se apenas uma breve menção aos perigos das radiações, na parte sobre técnica radiológica e radioterapia. Neste último campo são referidos, como matéria, os “Perigos e protecção em Roentgenterapia” (*ibid.*, p. 351).

Para além da insatisfação relativa à falta de reconhecimento atribuída aos técnicos de radiologia portugueses, Mateus dos Santos declara o mesmo sentimento face à falta de perceção do risco radiológico e desconhecimento geral acerca da profissão (*ibid.*, p. 355):

“Admira-nos também – por estar universalmente reconhecido comprovado e legislado de longa data – haja quem teime firmemente em não conceber ou reconhecer os efeitos perniciosos específicos dos agentes físicos ionizantes, dentre eles os Raios X, por ser destes o que tem, desde a sua descoberta e franca utilização, provocado mais acidentes graves.

Há quem pretenda até, considerar, que tais acidentes são equiparáveis aos riscos comuns. Isto é, acidente vulgar ou espontâneo!

Estes 66 anos de vida e actividade profissional, no que se refere ao nosso campo de acção, não bastaram ou foram de molde a torna-la conhecida de algumas esferas sociais, principalmente, do nosso grande público.

É caricato ainda existir entre nós quem não saiba concretamente o que é e qual a função do técnico de radiologia. Senão vejamos:

Uns, supõem-nos algo referente às telecomunicações. Rádio-montadores ou simplesmente electricistas...

Os médicos, sobretudo os não especialistas, raramente concebem ou determinam convenientemente, onde começam e onde acabam os limites razoáveis do exercício profissional do técnico de radiologia.

- Quanta radiação ionizante somos obrigados a suportar e, cuja dose em “rem/m”, ultrapassa em muito os valores que universalmente estão estabelecidos!...”

O técnico prossegue no protesto quanto ao que considera ser uma discrepância entre, por um lado, as habilitações literárias e formação profissional que são a seu ver corretamente exigidas e, por outro, «os bem magros proventos a auferir durante e no decurso do seu “curriculum vitae” aliado ao risco permanente a que terão de se expor sobretudo nos serviços dos grandes centros hospitalares», levando ao “desinteresse e a deserção” de possíveis candidatos à profissão de técnico de radiologia (*ibid.*, p. 355-366). Termina as suas notas frisando a perda de benefícios que a profissão teve, nomeadamente a gratificação acumulável ao vencimento que vigorou apenas entre 1918 e 1938. Cita o preâmbulo de um diploma de 1931, o qual declara

que na altura em que o serviço de radiologia foi criado, em 1901, não se conhecia ainda “o perigo a que se expunha quem com os raios X lidava, só mais tarde reconhecidos pelos efeitos produzidos” (Decreto n.º 19508, 1931; Mateus dos Santos, 1966). Este decreto, a primeira medida oficial de proteção radiológica em Portugal, refere que apesar de se conhecerem alguns meios de defesa, os clínicos e os ajudantes técnicos estavam ainda assim sujeitos a “sofrer os efeitos perniciosos daquele agente físico”, impondo-se “a fixação de gratificações especiais para tais serviços” (Decreto n.º 19508, 1931, p. 500).

As gratificações “como compensação justa desses riscos”, para descontentamento dos técnicos, cessaram com a publicação do Decreto-Lei n.º 26 115 de 23 de novembro de 1935. Este diploma, para a reforma dos vencimentos do funcionalismo civil, entrou em vigor em 1938 e aboliu todas as gratificações de uma forma geral (Mateus dos Santos, 1968, p. 238). Como refere o técnico (*ibid.*, p. 239):

“De então até à data, exceptuando duma forma geral o que possa estar incluído nos textos das leis que regulam os acidentes de trabalho (...), nada mais existe, oficialmente, que possa considerar-se como justa compensação dos riscos que suportam, agora em plena consciência, todos os que preenchem as necessidades dos serviços radiológicos.”

Num complemento as estas notas, Mateus dos Santos (1968) publica no mesmo boletim clínico os acontecimentos mais relevantes acerca das profissões auxiliares de radiologia entre os anos de 1956 e 1968, começando por referir o caso dramático de um colega de profissão o qual, devido à exposição excessiva aos raios X, acabou por desenvolver um cancro que levou à amputação de um dedo da mão. Conforme testemunha o técnico de radiologia (*ibid.*, p. 237):

“Tal facto impressionou-nos vivamente, na medida em que, seguidamente, também tivemos conhecimento haver outros profissionais que, como este, tinham múltiplas e variadas lesões específicas, além dos que, entretanto falecidos, não nos seria possível observar e documentar. O seu número era assaz elevado: tanto quanto o é ainda hoje a ignorância e o empirismo dos profissionais auxiliares da radiologia médica, na manipulação deste agente físico.”

O técnico de radiologia transcreveu no suplemento ao boletim clínico vários documentos redigidos ao longo desses anos, no sentido de alertar para os riscos inerentes ao trabalho com as radiações ionizantes e apelar por melhores condições para estes profissionais que perderam regalias “com a agravante do aumento de trabalho” (*ibid.*, p. 244). Volta a mencionar várias vítimas da exposição excessiva à radiação ionizante, de entre os médicos radiologistas e pessoal auxiliar de radiologia médica (*ibid.*, p. 241). Mateus dos Santos considera que o estudo levado a cabo pela JEN, em 1958, resultou da comunicação realizada pelos ajudantes técnicos em 1956. Na comunicação, são referidos “os efeitos da agressividade biológica das referidas radiações ionizantes”, apresentando uma lista das lesões classificadas por efeitos cutâneos, hematológicos, sobre os órgãos sensoriais, neurológicos, sobre os órgãos genitais e sobre a longevidade (*ibid.*).

Do inquérito preliminar sobre as condições de proteção contra as radiações ionizantes em instalações de raios X portuguesas, encetado pela JEN e DGS, conta Mateus dos Santos, verificou-se que os profissionais de radiologia recebiam doses diárias “muito superiores às estabelecidas nas convenções Internacionais” (*ibid.*, p. 250). O técnico faz a história legislativa no âmbito da situação dos profissionais de radiologia hospitalar, desde o decreto de dezembro de 1901 que cria o serviço de Laboratórios no Hospital Real de S. José, com a secção de análises radioscópicas, radiográficas e fotografia, passando pelo decreto que atribui a gratificação especial, até ao decreto que o elimina, em 1935, deixando os profissionais sem o subsídio de risco, e o decreto-lei em 1961 que tenta remediar a situação de excesso de exposição à radiação. Considera assentarem sobre estes fatores “a explicação de terem ficado desertos os Cursos para Técnicos de Radiologia” na altura (*ibid.*, p.245), fazendo a comparação com outras profissões como funcionários de carteira e enfermeiros, considerando “injusta a actual desproporção de vencimentos e demais regalias a favor de outro pessoal, seguramente sujeito a menores riscos profissionais” (*ibid.*, p.246). Outra injustiça segundo o representante do pessoal de radiologia prendia-se com a atribuição de 20% do vencimento como compensação de risco profissional no Hospital de S. João do Porto, pelo decreto-lei nº 44 096 de 16 de dezembro de 1961, não acontecendo o mesmo nos restantes hospitais do país.

As últimas páginas das notas redigidas por Joaquim Mateus dos Santos, em 1968, relatam a constituição da Associação dos Técnicos e Auxiliares de Radiologia em Portugal nesse mesmo ano. Na sessão de encerramento dos trabalhos da assembleia geral, em que foram elaborados os estatutos da mesma, estiveram presentes, entre outros representantes de entidades oficiais, João Jorge Simões Raposo, Secretário-Geral da Sociedade Portuguesa de Radiologia e

Medicina Nuclear e Júlio Pistacchini Galvão, Diretor dos Serviços de Proteção do Laboratório de Física e Energia Nuclear, presidindo à sessão em representação oficial da JEN. Nas palavras proferidas por Mateus dos Santos (1968, pp. 270–271) durante a sessão, “Júlio Galvão tem sido a alma da proteção contra as radiações neste País”. A associação que foi então criada está atualmente sediada em Coimbra e é designada como Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia, Radioterapia e Medicina Nuclear.

3.1.2. O caso de Maria Rosinda Biscaya, técnica de radiologia entre 1970 e 2000

Dois anos após a criação da Associação dos Técnicos e Auxiliares de Radiologia em Portugal, em 1970, Maria Rosinda Biscaya iniciava o seu trabalho numa clínica privada de raios X em Setúbal. A entrevista a Rosinda Biscaya, realizada em 2019, permitiu descortinar a evolução da perceção do risco radiológico, presumivelmente comum entre os técnicos de radiologia, desde os anos de 1970s até final de 1990s. Segundo relato desta, em 1973 o consultório de raios X onde Rosinda trabalhou caracterizava-se pela ausência de sistemas de aviso luminosos da condição de funcionamento dos equipamentos de produção de raios X. Mais, os sistemas de interrupção de funcionamento em caso de violação de uma distância/perímetro de segurança, que resultasse em exposição indevida aos raios X, eram também inexistentes naquele consultório. Não obstante, houve na mesma altura a introdução das primeiras medidas de proteção radiológica e a utilização de biombos para proteção de trabalhadoras em gestação.

Rosinda deu o seu testemunho, sobre quase 30 anos de trabalho como técnica de raios X, 20 anos depois de deixar esta profissão, revelando as memórias que mais a marcaram e perduraram no tempo. O ponto de partida da entrevista foi perceber como é que a oportunidade daquele trabalho tinha surgido. Quando concluiu a 4ª classe, fez os exames de admissão e passou com distinção, mas a mãe não consentiu que prosseguisse com os estudos. Começou a trabalhar aos 13 anos. Até aos 16 anos fez lenços para a cabeça e para assoar num pequeno espaço na Travessa Setubalense. Vendiam os lenços aos armazéns do Chiado, Grandela e Casa Monteiro. Como só pagava meio bilhete de autocarro e cacilheiro, barco que faz a travessia do Tejo, a chefe chegou a levá-la a Lisboa, para entregar a faturação e receber os pagamentos. Foi a primeira vez que Rosinda foi à capital. A primeira chefe que teve foi mais tarde a sua madrinha de casamento. Ainda antes de começar a trabalhar no consultório de raios X, trabalhou num outro armazém maior onde lhe pagavam mais, no largo do Quebedo. Aí fez encadernação de livros, sacos para sapatos, cartuchos de mercearia e caixas para o doce de laranja da pastelaria

Abrantes, com a figura de Luísa Todi e do Bocage. Fez ainda atendimento ao público na papelaria do armazém até 1969.

A técnica de raios X falou prontamente sobre o interesse que sempre teve pelos temas da saúde. O elo de ligação ao consultório foi a mãe, que já lá trabalhava. A Rosinda já lá tinha estado aquando da sua primeira gravidez, em 1968, como paciente. Antes de começarem a fazer ecografias, no início de 1980s, muitas grávidas faziam uma radiografia simples do abdómen como técnica de diagnóstico do bebé, conta Rosinda.

A primeira tarefa que teve foi escrever radiografias, pois não tinham gravações automáticas. Naquele consultório era quase tudo feito manualmente. As radiografias eram reveladas, colocadas no fixador, passadas por água, postas a secar, e depois de secas, os seus cantos recortados e escritas à mão. Tinha que haver uma grande coordenação entre o técnico de radiologia e o técnico da câmara escura, porque nenhum se podia enganar. Lembra-se que quando apareceram as máquinas de revelar radiografias foi difícil a adaptação. A primeira máquina que tiveram de revelação foi no final de 1972. No ano anterior tinham adquirido a de gravação. Tinham três aparelhos Philips e um Siemens, todos comprados novos à exceção de um Philips que estava na cave do Hospital de S. João e foi comprado a um técnico que realizava a manutenção aos aparelhos. A manutenção era feita de três em três meses e tinham ainda a reparação anual com dois técnicos e dois engenheiros.

Havia vários riscos importantes no trabalho em torno dos raios X: trocar os exames estava no topo da lista, pelo que a identificação das radiografias, saber a que paciente pertenciam, era um trabalho da maior importância. Outro dos riscos que Rosinda refere como significativo e bastante menosprezado, característico de jovens na casa dos 20 anos, como era o seu caso quando começou a trabalhar naquela área, era o risco de contágio de doenças. Recebiam doentes de Setúbal, onde estavam localizados, mas não só. Vinham doentes de todo o Alentejo e até do Algarve numa altura em que estes exames eram realizados em pouquíssimos sítios. Doentes com pneumonia, tuberculose, SIDA e outras doenças infetocontagiosas dirigiam-se ao consultório para fazer os seus exames.

Existiam e existem ainda outros riscos para os doentes. Por exemplo, os agentes de contraste que alguns exames exigem. Para a realização de urografias é necessária a injeção de um medicamento à base de iodo. Como recorda Rosinda:

“As pessoas que tinham alergia ao iodo iam muitas vezes parar ao hospital. Era chamar os bombeiros, metê-las na ambulância e ir com elas para o

hospital, apesar de darmos logo um medicamento a seguir para quebrar a reação alérgica. Ficava sinalizado que aquela pessoa não podia fazer mais aquele exame, a não ser a nível hospitalar. Neste momento, em consultório, não se fazem urografias, porque é um exame de alto risco, e nós fazíamos, diversas! Cheguei a ir muitas vezes para o hospital com o doente. Era eu que injetava o doente e tinha que o acompanhar para dizer o que é que tinha tomado, o que é que não tinha tomado. Por acaso a injeção era sempre de 25 cm³. Nós tínhamos que ir com o doente e depois a seguir ia o médico, que era quem se podia responsabilizar. Nós, os técnicos, não nos podíamos responsabilizar. Aqueles exames só se faziam com médicos presentes. Depois, mais tarde, as coisas começaram a melhorar um bocadinho. No início não tínhamos qualquer proteção. Trabalhávamos sempre sem proteção. (...) Ao princípio nem tínhamos conhecimentos dos riscos e trabalhávamos até sem luvas. Era como se fosse o trabalho mais inócuo do mundo. (...) Não havia biombos, não havia aventais. Os aventais eram só para se fazer os exames do tubo digestivo que eram os esófagos e os estômagos. Era a única situação em que se trabalhava com aventais e luvas e eram os médicos, nós não.”



Figura 10. Rosinda Biscaya no consultório com os colegas, com o trifólio na porta atrás.

A proteção radiológica dos doentes e dos trabalhadores no consultório foi surgindo progressivamente e de forma mais expressiva com a mudança de instalações em 1976. Nessa altura, os médicos responsáveis pelo espaço tiveram de requerer nova licença. Mudaram de um icónico edifício que tinham alugado na principal avenida da cidade, Av. Luísa Todi, para um prédio na Av. Alexandre Herculano no qual adquiriram um apartamento. O facto de passarem para um 1º andar fez com que precisassem de proteger o chão e o teto com barita, para não haver risco radiológico para os apartamentos por baixo e por cima. Mais tarde souberam que as janelas também tinham que ser protegidas, todas as salas de raios X deveriam ter um biombo para as trabalhadoras.

Convictos de que tinham adotado todas as medidas exigidas pela lei, inclusive comunicar à JEN essas medidas e requerer o licenciamento, apesar de não terem obtido resposta, decidiram avançar e abrir o novo consultório. Este foi fechado pela JEN um mês depois e medidas suplementares foram então implementadas. Foi nesta altura que começaram a usar dosímetros, os quais todos os meses eram enviados para a JEN. As portas passaram também a ter o símbolo do trifólio, como mostra a fotografia na figura 10, tirada num momento de descontração no dia de aniversário de um colega seu.

Ainda nas instalações antigas, Rosinda recorda-se da forma como as medidas de proteção radiológica começaram a ser implementadas, bem como da ausência das mesmas:

“A primeira proteção que foi colocada no consultório foi para uma colega minha, quando ela ficou grávida, sendo que o filho nasceu em 1973. Ela era técnica de radiologia. Trabalhava o dia inteiro numa sala de radiologia e foi posto um biombo na sala onde trabalhava. Colocou-se para ela, porque estava grávida, mas não se colocou para nenhuma das outras e eramos todas mulheres em idade fértil. Eu na altura tinha 24 anos. E depois é assim, qualquer uma de nós entrava na sala, porque não havia avisos. Agora já temos a lâmpada que avisa que está a disparar o aparelho. Nós entrávamos na sala, muito naturalmente, e muitas vezes estavam a disparar o aparelho.”

O treino para os vários trabalhos que foi desempenhando com os raios X foi recebido diretamente dos médicos com quem trabalhava. Nunca fez nenhum curso. Foi uma profissional na prática como referido *supra*. Já depois da revolução que depôs o regime ditatorial do Estado Novo, de abril de 1974, chegou a frequentar quatro ou cinco aulas no Hospital de S. José, mas o seu chefe, que estava presente, disse-lhe que ela já sabia mais do que aquilo que era ali ensinado. Os recursos bibliográficos de que dispunham eram também reduzidos e o trabalho era realizado por vezes através de tentativa e erro:

“Os únicos livros que tínhamos de referência, para estudar, eram dois livros publicados em Inglaterra, da Madame Clarck, que nos ensinavam a técnica, qual as posições em que tínhamos que pôr os doentes. Era a única coisa que havia. Não havia nada em português e tinham muitos termos técnicos que não se conseguiam traduzir. Às vezes até era mais por experimentar. Será

que é assim? Será que o raio tem que entrar assim? Será que o raio tem que entrar de outra maneira?”.



Figura 11. Aparelho de raios X da Philips comprado em 1969

A técnica de raios X lembra-se do momento em que se começou a falar da energia nuclear, e principalmente dos movimentos contra a energia nuclear. Nessa altura, recorda-se, as mães que acompanhavam os filhos quase que os empurravam para dentro da sala dos raios X e revelavam o medo que tinham das radiações. Em contraste, havia uma médica da Moita, Rosinda desconfia que estaria a fazer um qualquer estudo, que solicitava, de todos os bebés que acompanhava, um raio X completo. Nessa altura já estava ciente de que se tratava de uma grande dose de radiação para seres tão pequenos e que quanto mais se mexiam pior a qualidade da imagem, maior o tempo de exposição necessário e consequentemente maior a dose requerida. Era

ela, invariavelmente, que segurava nos bebés e acabava, junto com eles, a ser exposta à radiação.

Na altura em que Rosinda trabalhou, entre os anos 70 e 90, e naquele consultório privado, o risco de exposição excessiva nem sempre era levado a sério. Tal como a técnica de raios X partilhou:

“Eu tinha uma colega que apanhava radiação até dizer chega. Por duas vezes chegou ao excesso de radiação e mandaram-na para casa. Já havia esse cuidado. Se se atingisse aquele limite de radiação, a pessoa durante um certo tempo não podia estar ao serviço, tinha que ir para casa com baixa. Então o que é que a minha colega se lembrou de fazer? Punha o dosímetro em cima da mesa de raios X e dava um disparo em cima. Ficava queimado. Ninguém lhe media a radiação. Então a desculpa que dava é que se tinha esquecido do dosímetro em cima do aparelho. Até que foi chamada e a JEN quase que lhe moveu um processo. Não se podia fazer aquilo e era sempre a

mesma. Era muito estranho ser sempre a mesma pessoa. Até que os padrões souberam e acabou a festa de queimar a película.”

Para além de por vezes não utilizarem o dosímetro, havia limitações relativamente aos próprios dosímetros, estragando-se com facilidade:

“Os dosímetros tinham umas plaquinhas lá dentro e descolavam-se. Não se podia colar com qualquer coisa. Quando isso acontecia, vinha sempre uma chamada de atenção que aquilo não estava bem porque eram as películas. Lá tínhamos que mandar o dosímetro para lá para nos mandarem um novo. De vez em quando acontecia.”

Até 1996, o procedimento de medição de dose baseava-se apenas em dosímetros de filme. A dosimetria de termoluminescência foi gradualmente introduzida em Portugal depois desse ano (Alves et al., 1998).

Deixou de trabalhar como técnica de raios X por ter tido um acidente que lhe lesionou a coluna, não podendo por isso usar o avental. O seu avental era o mais leve e pesava 13kg:

“A partir daí tínhamos proteção quando queríamos ou quando ficávamos a segurar as crianças. Mas, eu fazia-o, em vez de termos o dosímetro no braço, tínhamos na bata. Vestíamos o avental de chumbo, que aí já todas tínhamos o avental. (...) Depois de termos fechado o consultório, houve o cuidado de comprar-se um avental para cada sala. Aí só apanhávamos radiação se quiséssemos. A mão, os braços, a cabeça, as pernas, apanhávamos, mas nós tínhamos o avental para proteger os órgãos principais, exceto os olhos e o cérebro.”

Apesar da frequente exposição às radiações, a consulta do Registo Central de Doses, naqueles anos a cargo do Departamento de Proteção e Segurança Radiológica (LNETI), revela que os valores, apurados através dos dosímetros de Rosinda, estavam abaixo do limite de dose para trabalhadores expostos, que na altura eram 50 mSv anuais, sendo o limite anual atual 20 mSv. O seu primeiro registo de dose disponível para consulta é de 1978. Nesse ano o valor anual foi de 1,70 mSv, um valor superior ao limite de dose para o público, que é atualmente de 1 mSv por ano, mas bastante inferior ao limite de dose para exposição ocupacional. O valor obtido

mais elevado de dose acumulada ao final do ano foi em 1980. Nesse ano o dosímetro da técnica de raios X registou 10,85 mSv.

Os registos nos dosímetros são apenas uma medida indicativa do valor real de exposição à radiação. As grandezas de proteção (e.g. dose efetiva) são estimadas a partir das grandezas operacionais (e.g. equivalente de dose individual). Os técnicos de raios X devem colocar o avental por cima do dosímetro, sendo que as doses registadas no dosímetro de Rosinda terão sido devido à não utilização do avental de proteção. Atualmente, os técnicos estão fora da sala quando fazem a maioria dos raios X e raramente têm dose registada. No passado, apesar dos técnicos estarem na sala, e portanto menos protegidos, a maior parte da radiação a que estavam expostos era a radiação dispersa do paciente, ou seja, a radiação que incide no paciente, é nele dispersa e parte dela então chega até ao técnico. À partida os técnicos não estariam expostos à radiação direta, comenta Joana Pereira que gentilmente aceitou a conversar sobre o assunto na véspera da sua transferência do Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica (LPSR) do CTN para a APA.

A Unidade de Proteção e Segurança Radiológica do ITN, atual LPSR, teve a seu cargo o Registo Central de Doses desde 1957 até 2018. Durante estes anos, realizou a dosimetria individual dos trabalhadores expostos a radiação externa em todo o país. Até ao ano de 1996, o ITN era o único serviço de dosimetria individual a operar em Portugal (Martins & Alves, 2010).

Segundo o Registo Central de Doses (*ibid.*, p.78), entre 2000 e 2006, a percentagem de trabalhadores expostos em instalações de radiologia convencionais variou entre 23% e 39%. Durante esse período, entre os trabalhadores expostos, a percentagem de trabalhadores com um intervalo de dose efetiva anual superior a 15 mSv nunca ultrapassou os 5%. A diminuição do valor da dose efetiva dos trabalhadores expostos, ao longo destes anos, foi evidente, sendo que em 2006, 74% apresentou um valor anual inferior a 1 mSv e 21% um valor entre 1 e 6 mSv.

Em suma, do estudo de caso apresentado, é possível constatar que a proteção radiológica dos doentes e dos trabalhadores no consultório foi surgindo progressivamente e de forma mais expressiva com a mudança de instalações em 1976 e com a intervenção direta da JEN. As principais medidas introduzidas foram a proteção do chão com barita, para não haver risco radiológico para os outros apartamentos, a introdução dos biombos e dosímetros para os técnicos, a sinalização com o símbolo do trifólio e luzes de sinalização. Em relação à formação para o trabalho desempenhado, teve acesso a pouquíssima bibliografia e houve uma

aprendizagem durante a prática que era comum na altura, recebida diretamente dos médicos com quem Rosinda Biscaya trabalhava. Houve uma altura em que Rosinda teve que fazer vários raios X de corpo inteiro a bebés. Aí já estava ciente de que se tratava de uma grande dose de radiação para seres tão pequenos. Porém, entre os anos 70 e 90, naquele consultório, o risco de exposição excessiva nem sempre era levado a sério, sendo que uma colega de Rosinda chegou a inutilizar dosímetros, receando que o registo de uma possível sobre exposição à radiação implicasse ficar de baixa, como chegou a acontecer.

3.2. O caso de um técnico do Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica

João Maria Mota de Oliveira já trabalhava na Junta de Energia Nuclear (JEN) – começou na contabilidade em 1971 – quando foi chamado a cumprir o serviço militar obrigatório. Por não o poder adiar mais, prestou-o entre abril de 1973 e o final de 1975. Foi depois funcionário do sucedâneo Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (LNETI). Já no LNETI, em 1983 pediu transferência para o Departamento de Proteção e Segurança Radiológica, porque nessa altura, com o arranque do projeto sobre o estudo de imersão de resíduos radioativos no Atlântico, foi preciso mais pessoas para as campanhas de recolha de amostras e posterior análise. Parecendo-lhe um trabalho bastante atrativo, pediu a transferência e esta foi concedida. Passou assim dos serviços administrativos para o que é hoje o LPSR, no qual trabalhou até se reformar no início de 2020.

O seu primeiro trabalho, enquanto técnico de proteção radiológica, foi então no projeto europeu motivado pelos protestos da *Greenpeace*. Como revelou João, suportado pela investigação científica, este tipo de organizações ambientalistas não governamentais tiveram um impacto determinante nas políticas relativamente a estas matérias (Ringius, 2000)²¹.

O objetivo deste projeto era saber se haveria ou não contaminação dos fundos marinhos no sítio da imersão dos resíduos. Foi um projeto multinacional, com muitos países envolvidos, financiado pela IAEA e teve lugar no final dos anos de 1980s, recorda João. O objetivo da colaboração portuguesa foi determinar o fundo radioativo natural do Atlântico, para verificar, em caso de contaminação, qual seria o incremento relativamente ao fundo radioativo natural.

²¹ O livro de Lasse Ringius (2000) aborda o início do regime global de imersão de resíduos no oceano em 1972 e o seu subsequente desenvolvimento até à proibição global em 1993 do despejo de resíduos radioativos de baixo nível no mar.

Outro dos objetivos foi fazer o estudo da biologia do peixe-espada preto da Madeira, porque a haver transferência de radionuclídeos para a cadeia alimentar, seria através do consumo de um peixe de profundidade. O único peixe de profundidade que se conhecia na altura, consumível, e consumível localmente em grande escala, era o peixe-espada preto da Madeira. Sabia-se, havia notícias, que o peixe era pescado a 1000 m de profundidade. Não se sabia mais nada, não se conheciam os hábitos do animal, não se sabia se fazia migrações verticais, se ia alimentar-se ao fundo do mar ou à superfície. Podia haver, através do peixe-espada preto, uma transferência de radionuclídeos dos resíduos radioativos para a cadeia alimentar.

Na altura fizeram diversos estudos para determinar a camada de água em que o peixe vivia, em colaboração com um laboratório de investigação de pescas na Madeira – um pequeno grupo de biólogos. O governo regional tinha um barco de pesca, um pequeno atuneiro que os japoneses tinham oferecido. Fizeram a apanha do peixe com esse barco, pescando a diversas profundidades. O responsável pelo projeto em Portugal, Fernando Carvalho, biólogo, era a pessoa indicada para liderar esse estudo, conta João.

Determinaram a que profundidade o peixe vivia, se fazia as tais migrações verticais ou não, qual era o regime alimentar do animal, o que é que comia. Também tentaram determinar a idade do peixe pescado para consumo. Ninguém sabia. Determinaram, praticamente desde os organismos do fundo do mar até à superfície, a concentração de radionuclídeos naturais, urânio, tório, rádio, polónio, principalmente o polónio que é o radionuclídeo que mais contribui para a dose, para o “*intake*” na dieta portuguesa de origem marinha. Fizeram o mesmo ao nível dos transurânicos, resíduos de alta atividade como o plutónio e o amerício.

Competiu aos alemães o estudo do fundo do mar. Os portugueses participaram em cruzeiros oceanográficos no sítio de imersão dos resíduos e houve partilha de amostras, sendo que o laboratório do João fez também análises.

Considera que não havia grande risco radiológico para os que estavam no terreno. Sabiam que os alemães tinham feito dragagens de fundo, a 4500 m e 5000 m de profundidade, conseguindo recuperar alguns bidões. Estes estavam fissurados, mas não havia libertação de radionuclídeos, porque estavam vitrificados numa matriz de vidro, no interior do bidão. O resto da armadura era de betão armado, que estava fissurado pois as pressões eram enormes. A parte vitrificada estava intacta. “Não quer dizer que, com o tempo, e agora passados estes anos todos, não haja já alguma libertação” salvaguardou o João.

Não encontraram diferença significativa entre o fundo natural radioativo e os valores no local de imersão dos resíduos, nem no peixe nem na água, desde o fundo até à superfície. Segundo o antigo técnico de laboratório:

“haverá provavelmente alguma libertação de radionuclídeos um dia. Alguns são de vida muito longa, por exemplo os isótopos do plutónio. Alguns têm milhares de anos de semivida. Mas como são insolúveis, (...) o plutónio é praticamente insolúvel, a haver contaminação ela ficará localizada, não haverá transporte daqueles radionuclídeos, senão muito lentamente, portanto levaria alguns milhares de anos.”

O João recorda-se que este foi um assunto bastante quente, sendo-lhe dada grande publicidade pela *Greenpeace*. Segundo se recorda, a organização ambientalista iniciou a luta contra a imersão dos resíduos:

“Levaram as equipas do National Geographic. Eles têm impacto (...). Tinham barcos, atavam-se aos bidões e, pronto, fizeram um grande “show-off” de denúncia e conseguiram que se parasse a imersão dos resíduos. Foi um assunto que veio na imprensa internacional e também cá foi muito discutido”.

Lembra-se, quando foram para a Madeira, do bispo do Funchal dizer na missa: “estão cá os homens da radioatividade é porque alguma coisa se passa, é porque isto está mesmo radioativo, senão eles não vinham cá”. Eram assuntos sensíveis. As pessoas assustavam-se. Felizmente não havia risco, refere: “Os resíduos estão bastante longe da nossa costa, uns a 400 milhas a oeste do cabo Finisterra (...), na bacia de Porcupine”.

O projeto seguinte foi o estudo da contaminação do estuário do Tejo pela indústria dos fosfatos, um projeto europeu realizado entre 1990 e 1994 (Carvalho, 1995). Como o João explicou, a fabricação do ácido fosfórico é feita a partir da fosforite, areias da Síria e Marrocos. A fosforite é uma matéria-prima muito radioativa, com muito urânio. Nessa fabricação, verificou-se, especialmente na Holanda, que havia um aumento de radioatividade no estuário do rio Escalda. Detetaram a presença de elementos radioativos, sobretudo polónio, dos quais não se sabia muito bem qual a origem. Concluíram que era da indústria dos fosfatos que lá tinham:

“Através de um projeto da União Europeia que englobou a maior parte dos países produtores de ácido fosfórico, estudou-se qual seria a contaminação devida à indústria dos fosfatos. O projeto tinha cerca de 5 anos. Participámos nós que tínhamos aqui a indústria dos fosfatos no Barreiro, a Quimigal, os espanhóis de Huelva, onde tinham uma grande fábrica de produção de fosfatos, assim como irlandeses, franceses, e os próprios holandeses”.

Determinaram a concentração daqueles radionuclídeos que são naturais, mas concentrados de forma artificial. Chegaram à conclusão que, devido à alta concentração desses radionuclídeos na matéria-prima, não havia uma contaminação generalizada no estuário do Tejo, “mas é evidente que havia pontos de contaminação localizados sobretudo no sítio onde eram descarregadas as fosforites”, comenta.

Os batelões eram descarregados para a fábrica, uma zona de muito pó, e alguma fosforite acabava por ir para o estuário. Aquela zona onde os barcos descarregavam as fosforites estava ligeiramente contaminada: “Felizmente o estuário não estava contaminado porque tiveram o bom senso de não largarem para o ambiente os efluentes sólidos”, conta. Atualmente, no Barreiro, nas antigas salinas do Lavradio onde posteriormente construíram uma ETAR, existem toneladas de fosfogesso bastante contaminado, como João observa:

“É considerado resíduo radioativo, classificado de TENORM (Technologically Enhanced Normally Occurring Radioactive Material). No processo de fabricação do ácido fosfórico, faziam reagir o ácido sulfúrico com a fosforite, produzindo ácido fosfórico. O rádio quimicamente tem afinidade com o cálcio. O fosfogesso é sulfato de cálcio fosfatado. Portanto o rádio acompanhou o cálcio, ficando praticamente todo no gesso. Esse gesso foi depositado naquela bacia, no Lavradio, e lá está, à espera de alguma solução... e não é fácil”.

Como o João comentou durante a entrevista, o perigo para a saúde é o rádio. O urânio é muito solúvel. Vai no ácido fosfórico, incorporado no adubo e é espalhado pela terra.

Mais tarde, entre 2013 e 2014, chegaram a fazer um estudo para a SECIL, sobre a possibilidade de incorporação de uma parte daquele gesso no cimento, mas como é material radioativo, considerado resíduo radioativo, a lei não permite incorporá-lo.

No final dos anos de 1990s houve a crise do Kosovo e levantou-se a suspeita que os soldados portugueses nos Balcãs poderiam estar contaminados com urânio empobrecido, devido à utilização deste nas munições que os americanos utilizaram nos bombardeamentos. O João lembra-se que houve casos de pessoas doentes, inclusive algumas morreram, e pensou-se que poderia ser devido a contaminação por urânio:

“Na altura o ministro da Ciência era o Mariano Gago que conhecia o nosso trabalho. Pediu-nos para irmos ao Kosovo recolher amostras nos sítios onde os nossos soldados estavam aquartelados (...), o que eles consumiam, e tentar saber se havia alguma contaminação generalizada por urânio empobrecido, e se os nossos soldados estavam contaminados e se estavam a excretar urânio”.

Em cerca de três meses, fizeram centenas de análises para saber se havia contaminação ou não e se a contaminação era por urânio empobrecido. A técnica que o João utilizou foi a espectrometria alfa. É a técnica indicada para quantificar os isótopos de urânio, e, através da razão isotópica, identificar se o urânio é empobrecido, se é natural ou se é enriquecido, explica. Considera que foi um trabalho interessante e útil:

“chegámos à conclusão que não havia contaminação (...). Tinha havido um vírus qualquer lá na zona, que teria sido a causa dos óbitos. Nesse projeto também acabámos por analisar os órgãos dos falecidos, para saber se a causa da morte tinha sido contaminação ou não”.

O relatório final apresenta os resultados das análises das amostras recolhidas, nomeadamente de solos, alimentos, águas e poeiras atmosféricas, bem como a avaliação global da contaminação por urânio dos portugueses enviados numa missão de paz das Nações Unidas nos Balcãs e a avaliação de casos singulares de elementos militares e para-militares que se encontravam doentes ou mortos (*Relatório final da Missão Científica no Kosovo e na Bósnia-Herzegovina para avaliação da contaminação radioactiva e do risco radiológico resultantes do uso de munições com Urânio empobrecido*, 2001).

João Oliveira recorda-se que foi levantada uma polémica, sobretudo por ex-trabalhadores da Empresa Nacional do Urânio (ENU), que reclamaram: “então andam a estudar o urânio na Bósnia, no Kosovo, e nós que temos aqui as nossas minas de urânio? As pessoas podem estar

contaminadas, podem estar doentes”. O assunto foi discutido na Assembleia da República que recomendou ao Governo a realização de um estudo da contaminação da zona, para saber se havia alguma influência na saúde das pessoas por viverem a paredes meias com as antigas minas de urânio, recomendando também (Resolução da Assembleia da República n.º 34/2001, 2001, p. 2452):

“medidas concretas para resolver o problema da radioactividade nos resíduos e nas minas de urânio abandonadas nos distritos de Coimbra, da Guarda e de Viseu, nomeadamente adoptando soluções concretas no perímetro das minas da Urgeiriça”.

A Assembleia da República faz no diploma oito recomendações concretas para que o Governo (*ibid.*):

“1 - Delimite cada uma das minas de urânio abandonadas do complexo da Empresa Nacional de Urânio - ENU, nos distritos de Coimbra, da Guarda e de Viseu e proceda à sua identificação, sinalização e vedação.

2 - Em função do estudo caracterizador feito pelo Instituto Geológico e Mineiro (IGM), defina um perímetro de protecção dentro do qual seja proibido o pastoreio e o cultivo de produtos destinados à alimentação.

3 - Proceda à monitorização da qualidade das águas subterrâneas na zona envolvente à exploração mineira, bem como dos solos das áreas mais contaminadas, e dela dê conhecimento, para agirem em conformidade, às autarquias, à Direcção Regional do Ambiente, à Direcção Regional de Saúde e ao Instituto Tecnológico e Nuclear.

4 - Tome medidas para um correcto acondicionamento e armazenamento de todo o minério de urânio e produtos derivados.

5 - Adopte medidas no âmbito do ordenamento do território, em todos os concelhos abrangidos, com vista a prevenir ocupações humanas em zonas de radiações.

6 - Submeta as comunidades locais nos três distritos a vigilância epidemiológica activa para garantir uma minimização de riscos, tendo em conta a radioactividade e a poluição química.

7 - *Garanta o melhor aproveitamento do know-how e do equipamento especializado existente na Empresa Nacional de Urânio.*

8 - *Contribua para assegurar uma correcta situação social dos actuais trabalhadores da ENU, que deverão ser apoiados social e profissionalmente, em qualquer quadro futuro”.*

Assim surgiu o projeto MinUrar do qual resultaram pelo menos dois relatórios (*MinUrar. Minas de Urânio e seus Resíduos. Efeitos na saúde da população*, 2005 e 2007). O Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial já tinha anteriormente levado a cabo um estudo sobre a poluição radioativa em regiões uraníferas, tendo analisado amostras de alimentos, águas e sedimentos recolhidas nas regiões da Urgeiriça e da Guarda em 1975 e 1976 (Elias & Teixeira, 1979; Veiga, 2014). O estudo das investigadoras Elias e Teixeira (1979) concluiu que existia uma contaminação nos sedimentos do ribeiro da Patanha pelos efluentes da mina da Urgeiriça, não afetando contudo os alimentos cultivados ao longo do percurso do ribeiro. O ribeiro tem uma extensão de cerca de 7 km, desde a nascente em Vale do Côvo até desaguar no rio Mondego e as suas águas são utilizadas em regadios. As investigadoras detetaram contaminação com rádio-226 nos agriões cultivados na mina da Freixosa, pertencente à zona mineira da Urgeiriça, e em algumas águas, recomendando a continuação do estudo (*ibid.*).

O projeto MinuRar foi liderado pelo Instituto Ricardo Jorge do Ministério da Saúde e contou com a colaboração do ITN e do Instituto Geológico Mineiro. Como explicou o ainda técnico do LPSR na altura da entrevista:

“Coube-nos fazer a determinação da contaminação radioativa do sítio e saber se havia contaminação das pessoas. A análise dos cabelos permitiu identificar se as pessoas estavam a excretar mais elementos radioativos”.

Foi escolhido um grupo de risco, um grupo de controlo e um grupo de semi-risco. Os grupos foram definidos com base na divisão de locais: zonas onde houve exploração e tratamento de minério, zonas onde só houve exploração de minério sem tratamento químico e zonas onde não houve exploração de urânio. As conclusões foram obtidas por comparação.

A extensão da contaminação já era então conhecida. Os colegas do João dos anos de 1960 e 70 traziam amostras do Mondego, rio que recebia os efluentes das minas. As técnicas de medida, contudo, não eram as mesmas. Aquando da entrevista, tinham 42 detetores de radiação alfa,

mencionou João, enquanto na altura do projeto MinUrar havia um aparelho multicanal que era emprestado pelo Departamento da Física:

“A vigilância radiológica das minas não era nova, já se fazia, era trabalho do Departamento de Proteção, mais ou menos conforme os meios à disposição, porque nos primórdios não havia assim tantos equipamentos e tantos sistemas de medida que se pudesse fazer um trabalho tão intensivo, mas fazia-se. Foram confirmados quais eram os sítios mais contaminados. A nível da saúde das pessoas houve algumas conclusões: (...) uma das conclusões é que havia problemas de tiroide, sobretudo na zona de Canas de Senhorim, a zona mais contaminada, onde estavam os resíduos radioativos; havia também problemas de fertilidade (...). Foram as duas grandes conclusões a nível da saúde das pessoas.”

Existe acumulações de inertes nas escomboreiras, esclareceu João, os “*mine tailings*” resultantes da extração e separação, com o descarte das gangas. Para além disso, o couro mineiro da Urgeiriça terá ainda 198 toneladas de urânio armazenado que será para vender (Garcia, 2019).

O MinUrar, como observam os sociólogos Mendes e Araújo (2011, parágrafo 47), acabaria por ter um efeito imprevisto:

“Inicialmente concebido com o intuito de tranquilizar a população de Canas de Senhorim relativamente aos riscos efectivos que representa o legado da exploração de urânio, ou seja, relativamente à nuclearidade do território, o estudo epidemiológico terá um efeito inesperado ao fundamentar a reivindicação de direitos sociais e laborais por parte dos trabalhadores da ENU numa base nova: a dos corpos contaminados.”

No que concerne os resultados inconclusivos do estudo, estes acabaram por ser um alicerce da luta dos antigos trabalhadores pela compensação dos riscos a que estiveram expostos, ao contrário de um caso semelhante numa região de exploração de urânio francesa (*ibid.*, parágrafos 50 e 51):

“Das incertezas do MinUrar o que os Antigos Trabalhadores irão reter, para melhor hiperbolizar ou enfatizar através dos media, é a certeza de uma relação entre trabalho na ENU e neoplasias malignas, abrindo desta forma

caminho à entrada de outras questões relativamente às quais o Estado terá de assumir responsabilidade senão pela força da Lei então por uma questão moral. É a dimensão social, e não técnica, o interesse humano, e não o risco para a saúde pública, que atraem a atenção dos media (Sandman, 1994; Delicado et al., 2007), facto que os Antigos Trabalhadores serão céleres em compreender, mantendo uma relação com a comunicação social que se poderia classificar de recíproca.

Ao contrário do que acontece em muitas controvérsias para as quais a ciência é convocada na avaliação do risco – nomeadamente, no caso francês, no qual a ciência é continuamente convocada e contestada –, na Urgeiriça os resultados do MinUrar nem são contestados, nem se verifica qualquer recurso a contraperitos para fornecer uma interpretação alternativa ou não “oficial”. Recorrendo à terminologia utilizada por J. Arriscado Nunes (2007: 51) para descrever os modos de envolvimento dos cidadãos com a ciência, o que se verifica é um “alinhamento” com os resultados do estudo, uma apropriação do MinUrar – e não especificamente dos seus resultados – por parte dos trabalhadores para melhor os incorporar. A aceitabilidade do risco associada ao trabalho na Urgeiriça dá lugar a uma aceitação do risco desde que este contenha e permita aos trabalhadores veicular uma nova imagem de si mesmos: a de corpos contaminados. Uma imagem concordante com a do território contaminado, relativamente ao qual foram assumidas pelo Estado medidas de reparação.”

No que respeitou à concretização do estudo, a colheita de parte das amostras foi feita pelo João e colegas. Pediam às pessoas das zonas mais contaminadas, das menos contaminadas ou não contaminadas se lhes dispensavam alguns dos produtos das hortas que consumiam diariamente. Depois as amostras eram tratadas no laboratório, eram liofilizadas, incineradas e depois eram feitas análises por espectrometria alfa como explicou João: “é a técnica que tem os limites de deteção mais baixos e foi a técnica utilizada para quantificar (...). Todos os resultados estão no relatório, os urânios, os tórios, os rádios, os polónios, está lá tudo”. A análise à contaminação foi feita também por espectrometria gama, mas sobretudo por espectrometria alfa, sendo esta a técnica que o João utilizava. Quando questionado, o técnico de laboratório explicou mais detalhadamente no que consistia a técnica:

“faz-se uma dissolução em ácidos e a separação é feita por cromatografia. Depois de purificados, temos que pôr os elementos radioativos de uma maneira que não haja nenhuma barreira que impeça que as partículas atinjam o detetor, que não haja uma superfície entre os elementos radioativos e o detetor. Fazemo-lo por eletrodeposição, catódica. Eletrodepositamos os elementos, no caso do urânio, tório e rádio, num disco de aço inox. No caso do polónio, ele autodeposita-se espontaneamente sobre um disco de prata. E são esses discozinhos, tanto de prata como de aço inox, que vão aos detetores. Aí já não há quaisquer barreiras que impeçam que as partículas atinjam o detetor. Conseguimos identificar o radionuclídeo pela energia de desintegração da partícula. O radionuclídeo tem uma energia própria de desintegração. Quantificamos o número de partículas que atingem o detetor. Essencialmente a técnica de espectrometria alfa é essa.”

Relativamente ao treino que recebeu para o trabalho que realizava, o João respondeu que o treino foi feito no laboratório através da prática e num curso de formação de uma semana promovido pela IAEA:

“Não há em Portugal outro sítio onde se possa fazer. Este é único. As técnicas de espectrometria alfa só existem aqui. O Fernando Carvalho (antigo diretor do laboratório) fez um estágio no Mónaco, no laboratório da AIEA. Trouxe a técnica para cá e depois fomos com o tempo desenvolvendo a técnica. Mais tarde, em 1996, estava aqui há cerca de 12 anos, fui fazer um curso de espectrometria alfa na Bélgica, em Geel. O curso foi dado por dois americanos muito conhecidos no mundo da espectrometria alfa, um deles Bill Burnett (...). Na altura foi mais para confirmar se estava a trabalhar bem ou não”.

O laboratório, observa o técnico, participa regularmente em exercícios de intercomparação. A IAEA, a União Europeia, a Organização Mundial da Saúde, propõem muitas vezes exercícios, sobretudo a IAEA: “mandam-nos amostras cegas. Dão-nos uma “*deadline*” e dizem-nos quais são os radionuclídeos que querem que analisemos. Fazemos as análises e mandamos os

resultados”. O João ressaltou a qualidade do trabalho realizado: “Os nossos resultados estão sempre dentro dos melhores. Há qualidade de trabalho dentro deste Departamento”.

Desde que começou a trabalhar como técnico, em 1984, em termos de medidas de proteção contra a radiação, explica: “é um laboratório de Ambiente, os níveis de radioatividade neste laboratório são os níveis ambientais. Não há medidas que se possa dizer que são excepcionais, pois são amostras ambientais”. Quando, às vezes, por necessidades técnicas, tem que utilizar alguns isótopos com mais atividade, têm um laboratório de radioativos, próprio para trabalhar, um sítio bem determinado, no qual é necessário usar equipamento especial, botas, luvas, para trabalhar com coisas contaminadas. São essas as únicas exigências. Tal como refere:

“Coisas mais contaminadas fazem-se no chamado laboratório ativo. Batas, toucas para os pés, luvas, todo o material que é usado lá fica lá. Não há transporte de equipamentos de um lado para o outro, para não contaminar os outros laboratórios, que se deseja que sejam do mais baixo fundo possível. Estas são, neste tipo de laboratórios, as únicas exigências”.

Usa dosímetro para detetar raios X ou gama: “Aqui trabalhamos com partículas alfa que não são detetadas. Há aparelhos para detetar essas (...) sim, mas aqui não é necessário, porque as amostras são ambientais. São os níveis a que todos estamos sujeitos, todos os dias”.

Ao longo dos 48 anos de carreira no laboratório, não houve nenhum acidente no LPSR que se recorde:

“As pessoas estão conscientes do trabalho que fazem. Não houve assim nada com dimensão significativa. A única coisa com dimensão que houve já foi há bastantes anos, no Departamento de Física. Estavam a tentar abrir uma fonte de cézio, acho que com um aparelho de soldadura [um maçarico] e volatilizaram cézio da fonte. Houve algumas pessoas ligeiramente contaminadas. Foi o único acidente que existiu aqui”.

Na altura fizeram análises às pessoas, para determinar se estavam contaminadas com cézio, mas o João não esteve envolvido. O acidente ocorreu depois das horas normais de trabalho dos funcionários, por volta das 18h ou mesmo um pouco mais tarde, pelo que a maioria teria já saído das instalações.

Após a entrevista, João Oliveira mostrou os laboratórios onde exerceu as suas funções como técnico, nomeadamente onde analisou as amostras das minas de urânio. Relativamente a esse trabalho, referiu a existência de 60 minas no país, com 3 a 4 milhões de toneladas de resíduos só na Urgeiriça, a mais importante de todas as minas de urânio. Era aí que havia a fábrica de tratamento químico, onde o urânio era purificado. Fazia-se a lixiviação. Mencionou Castelejo e Gouveia como dois exemplos das dezenas de minas. A mina da Quinta do Bispo, em Mangualde, é a mais contaminada, refere, mas quase todas as minas já estão reabilitadas. As que eram a céu aberto, conta, são agora lagoas: “fecharam os buracos, impermeabilizaram os terrenos e a água tomou conta dos buracos a céu aberto”.

Em abril de 2019, a APA passou a ter a responsabilidade da vigilância radiológica, deixando de ser uma atribuição do CTN.

Já na sala de espectrometria alfa, o João mostrou os detetores cedidos pela IAEA e os adquiridos pelo LPSR. Exemplificou como o trabalho é realizado, colocando uma amostra num dos detetores (figura 12).

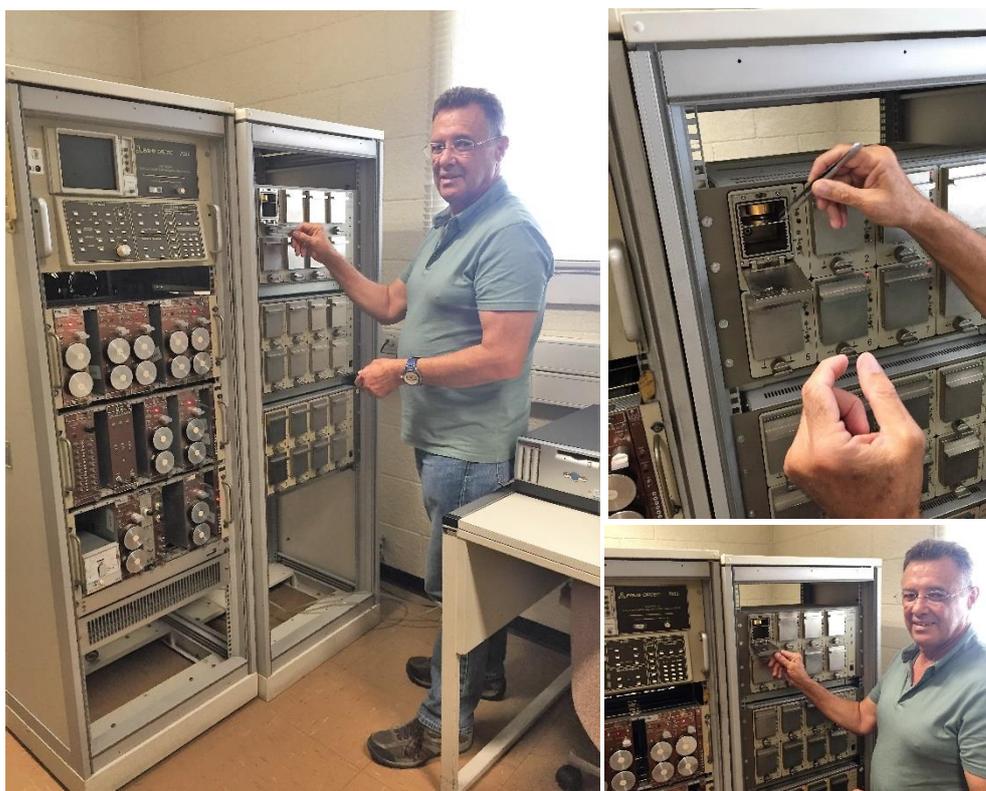


Figura 12. João Oliveira na sala de espectrometria alfa

Foi neste espaço que o João fez, em 3 meses, 225 análises para o Exército, sobre os militares no Kosovo. Explicou que, em termos de massa, o isótopo mais abundante é o urânio-238 (^{238}U),

correspondente a 99,27% do total do urânio. A abundância do ^{235}U é 0,72%, e a do ^{234}U é 0,05%. Quando a fração de ^{235}U é inferior, estamos perante urânio empobrecido. O ^{235}U é o usado para combustível nuclear e a sua concentração é aumentada no urânio enriquecido. Nas bombas nucleares, o urânio é enriquecido a 90%.

Mostrou depois vários exemplos de espectros de urânio, nomeadamente o espectro de urânio empobrecido de uma bala (figura 13). O penetrador da bala é urânio, pois este autoafia-se e é pirofórico, inflamando-se por fricção e ardendo a temperaturas muito elevadas. É usado como penetrador nas blindagens dos tanques. Era também utilizado nas asas dos aviões. O ^{236}U não é natural, só é produzido em reatores. Está no urânio empobrecido do combustível nuclear. É proibida a sua utilização em armas. Os americanos utilizaram o combustível gasto nas balas, apesar da proibição internacional, sublinha João: “Essa informação foi publicada em relatório. Os americanos responderam que foi uma pequena contaminação”.

Receia que a espectrometria alfa vá acabar em Portugal, pois apenas mais uma colega a realiza. Ela está agora na APA e o João, pouco depois de conceder a entrevista, entrou na reforma.

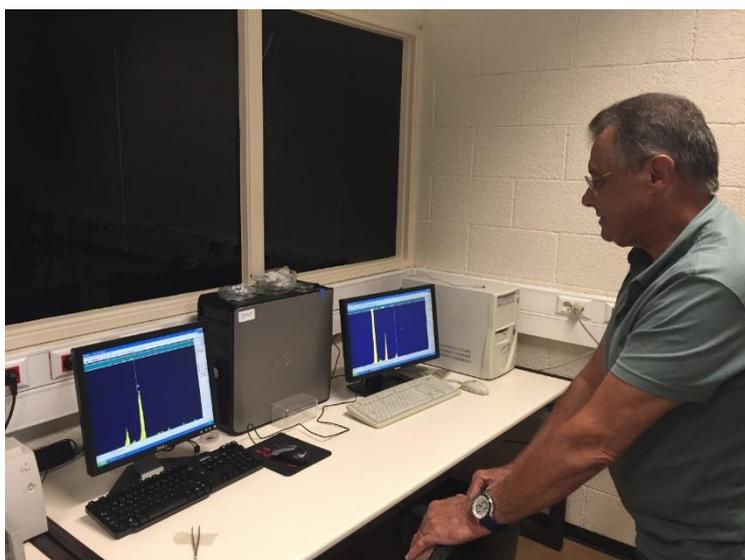


Figura 13. Dois espectros de urânio.

Nota: à esquerda, um espectro de urânio enriquecido a 2% obtido a partir de uma amostra enviada pelo Instituto de Referência de Materiais e Métodos da União Europeia para estudos de intercomparação; à direita, um espectro de urânio empobrecido de uma bala do Kosovo.

O João encontrou ainda na estante do seu gabinete outro relatório realizado pelo serviço de radioatividade ambiente, entre 1986 e 1989, com todos os resultados do impacto de Chernobyl nos produtos importados por Portugal, sendo que o que vinha mais contaminado, mas ainda assim abaixo do limite de 400 Bq/kg, eram as aves migratórias (figura 14).

3.3. Estudo de caso de trabalhadores na Empresa Nacional do Urânio

“Ex-trabalhadores das minas de urânio da Urgeiriça fazem vigília de protesto”

Diário de Viseu, 18 de junho 2020

“Desde que a mina encerrou [em 2004] já morreram 115 mineiros de cancro e doenças provocadas pela radioactividade.”

Diário de Notícias, 9 de fevereiro de 2009

«A exposição ao urânio e aos produtos do seu decaimento não é imediatamente acessível aos sentidos e integra, como salienta P. Perreti-Watel (2007: 76), o grupo dos riscos tecnológicos para a apreensão dos quais a ciência se constitui como um mediador incontornável. Apenas a ciência dispõe das técnicas e instrumentos necessários para lhes conferir existência, para estabelecer a “nuclearidade do urânio”.»

(Mendes & Araújo, 2011, p. 33)

Aos dois “recortes” de imprensa citados *supra*, sobre os protestos na sequência da requalificação ambiental da área mineira da Urgeiriça, muitas outras peças jornalísticas se poderiam juntar, como por exemplo uma reportagem realizada pela rtp1 em 2018²². Segundo Mendes e Araújo (Mendes & Araújo, 2011, p. 33), numa análise comparativa do caso português da Urgeiriça e um semelhante em Limousin na França:

“ambas as histórias da indústria uranífera nestes territórios culminaram, no final do século XX, num reconhecimento tardio do passivo ambiental gerado pela exploração desse minério. Meio século depois, no caso do Limousin, e quase um século passado, no caso da Urgeiriça, findos a extracção e o tratamento de urânio, o momento histórico ao qual ambos os casos nos reportam, é o do tempo incerto da radioactividade”.

²² A reportagem está disponível em <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/minas-da-urgeirica/>

As entrevistas a três antigos trabalhadores da já extinta Empresa Nacional do Urânio (ENU) decorreram todas no mesmo dia, a 17 de novembro 2019. Aquando da entrevista a João Oliveira, o técnico de laboratório facultou o contacto do professor Alcides Pereira da Universidade de Coimbra o qual, por sua vez, facilitou o contacto com o geólogo António Guimas, antigo colaborador da ENU. O professor Alcides Pereira teve ainda a amabilidade de oferecer um livro que tinha acabado de dar à estampa sobre os antigos trabalhadores da ENU da autoria da jornalista Liliana Garcia (2019).

Enquanto António Guimas estava a conceder a entrevista, na sua casa no bairro dos engenheiros, comprada à ENU, na sala aquecida pelo fogo da lareira, a sua esposa, Albertina Guimas, entrou na sala. Ao reparar que a entrevista estava a ser gravada, pediu desculpa pela intromissão. A gravação foi colocada em pausa para as devidas apresentações e ficou combinado que, caso concordasse, seria também ela entrevistada, uma vez que tinha sido igualmente trabalhadora da ENU, enquanto secretária da administração.

A terceira entrevista realizada nesse dia foi facilitada pelo casal que, quando questionado sobre quem mais estaria disponível para dar o seu testemunho sobre as minas de urânio, indicaram a pessoa que trabalhou na ENU e que há mais anos estava na Urgeiriça.

A Urgeiriça é uma localidade da freguesia de Canas de Senhorim, concelho de Nelas, distrito de Viseu, conhecida pelas minas de urânio, que estiveram em funcionamento desde 1913 até terem entrado em processo de liquidação em 2001 (*Urgeiriça – Wikipédia, a enciclopédia livre*, n.d.). Em 1960, aquele complexo industrial mineiro chegou a empregar 1300 trabalhadores (Garcia, 2019).

A indústria de extração de minério radioativo na região esteve inicialmente ligada aos franceses, desde 1908 até 1926 ano em que o preço da produção do minério em Portugal deixou de ser rentável após a descoberta de reservas de minério radioativo no Congo belga (Serra & Peiriço, 2006). A extração do minério radioativo português esteve depois a cargo dos ingleses até 1962. Quando terminou a concessão dada ao Estado britânico, a JEN passou a dirigir a exploração mineira (Veiga, 2014). Em 1951, os ingleses instalaram uma oficina de tratamento químico do minério na Urgeiriça, fazendo da Urgeiriça a “mina-matter” da dezena de minas exploradas. Em 1967, a oficina de tratamento químico assegurava, já sob a direção da JEN, o tratamento de 130 toneladas de minério por dia. Como nota Garcia (*ibid.*, p. 26): “A fatura do passivo ambiental viria mais tarde”. Cabe atualmente à Empresa de Desenvolvimento Mineiro,

S.A. a requalificação do complexo da Urgeiriça, como por exemplo a descontaminação das residências do antigo bairro mineiro (Garcia, 2019).

Portugal terá beneficiado a diversos níveis do interesse da Inglaterra, EUA, França e Alemanha sobre o urânio português (Veiga, 2014, p. 189):

“A cedência aos interesses de ingleses e americanos fez da ditadura salazarista parceira das democracias ocidentais, vencedoras da guerra contra o nazi-fascismo, no novo desenho geopolítico internacional. Não deixou de ser ponderado no momento de tornar Portugal membro fundador da NATO, em 1949, e de ser admitido na ONU, em 1955”.

O acordo celebrado em 1949 entre os governos português e britânico, para a exploração e exportação de urânio português para o Reino Unido, terá sido um fator preponderante para a sobrevivência do regime do Estado Novo (Castaño, 2011):

“Depois de em 1943 se ter celebrado entre Portugal e o Reino Unido o acordo que permitia a criação de uma base naval e aérea nas Lajes, ao qual se seguiu a concessão de uma base norte-americana nos Açores em 1944; da adesão à OECE em 1947 e posterior recurso à ajuda financeira do Plano Marshall a partir de 1949; e da integração na NATO em Abril de 1949 como membro fundador, a celebração do acordo permitindo a exploração e exportação de urânio português e as suas sucessivas adendas vêm fechar este conjunto de acontecimentos que marcam a plena integração de Portugal no bloco ocidental e garantem a manutenção de Salazar e do seu regime”.

Em relação à sustentabilidade da exploração das minas de urânio portuguesas, houve uma política de gestão de reservas de urânio por parte do Estado português, no sentido da possível instalação de centrais nucleares em território nacional, que se revelou desastrosa juntamente com a depreciação do minério no mercado internacional. Como nota o historiador Mota Veiga (2014), o declínio económico da exploração do urânio resultou fundamentalmente de dois acontecimentos internacionais: o acidente nuclear de Chernobyl e a desagregação do bloco político-militar da Europa do Leste.

Já depois do Dr. Guimas conceder a entrevista, o geólogo enviou breves notas sobre a ENU, o risco radiológico e informação cronológica:

1977 - Dá-se a criação da Empresa Nacional de Urânio E.P. (ENU.EP), que sucede à anterior Junta de Energia Nuclear (JEN) e continua em regime de exclusividade a prospeção e pesquisa dos minerais de urânio, sua exploração e comercialização.

Após a sua criação, a ENU manteve o Serviço de Proteção Radiológica, já existente, que tinha como objetivos:

- avaliar os níveis de radiação no interior da mina subterrânea, através de análises em águas e ar no interior da mina;
- realizar o controle de dosimetria, através da avaliação dos trabalhadores à exposição, com recurso aos dosímetros de proteção individual; esta avaliação incidia particularmente nos trabalhadores do interior da mina, do laboratório de análises e da Oficina de Tratamento Químico (OTQ).

1984/85 – Recomendações da IAEA para a adoção de medidas de proteção contra as radiações ionizantes.

1986 – Desastre radiológico de Chernobyl. Ganha-se maior percepção do risco radiológico e a ENU admite um técnico licenciado em Física, para a proteção radiológica e ambiental.

1987 – Com nova Administração, a ENU, tendo em conta a baixa cotação do urânio, e prevendo as dificuldades que se avizinham, diversifica as suas atividades que passam a incluir a extração de granitos, feldspatos e argila.

É admitida nova técnica, Engenheira de Ambiente, para a área ambiental, e alargado o âmbito da proteção radiológica/ambiental, com estudos de caracterização e planos de monitorização em diversas minas, que se mantêm e prosseguem até ao encerramento da ENU, SA.

1988/89 – Criação da Exmin, participada da ENU, para tratar dos “novos negócios” da ENU, a que se fez referência acima; prossegue e continua para além de 1992.

1990 – ENU, EP passa a ENU, SA, com 100% de capital do Estado. É feito o despedimento de uma grande parte dos trabalhadores.

1992 – ENU passa a fazer parte da “holding” Empresa de Desenvolvimento Mineiro SA (EDM), para resolver a situação económica e com previsões de encerramento da ENU, SA a muito curto prazo. É feito o despedimento dos

outros trabalhadores, ficando apenas com uns 50, para assegurar os serviços mínimos.

1993 – A Exmin passa para a EDM e é via Exmin, em conjugação com a ENU, que a EDM passa a controlar os trabalhos nas áreas de caracterização e monitorização ambiental.

Em 1993/94, e sempre tendo em vista o seu encerramento, a ENU aliena o parque habitacional, dando a preferência de compra aos seus trabalhadores e ex-trabalhadores.

Entre 1993 e 1995, a Administração da ENU faz estudos de caracterização ambiental e radiológica na área mineira da Urgeiriça: caminhos e algumas habitações.

Entre 1996 e 2000, os estudos de caracterização que anteriormente contemplavam sobretudo os “meios” água e ar, passaram a incluir também os solos e sedimentos na envolvente das minas. Foram alargados à generalidade das minas de urânio.

2000 – Foi encomendado ao Laboratório da Radioatividade Natural do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra o estudo de caracterização radiológica do edifício dos escritórios da ENU. No mesmo ano, é deliberada a dissolução da ENU em Assembleia Geral.

2001 - É aprovada a Resolução 34/2001 na Assembleia da República, que recomendava ao Governo medidas concretas para resolver o problema da radioatividade nos resíduos e nas minas de urânio abandonadas nos distritos de Coimbra, da Guarda e de Viseu, nomeadamente adotando soluções concretas no perímetro das minas da Urgeiriça.

2001 – O Decreto-Lei 198-A/2001 de 6 de julho definiu o regime jurídico de concessão do exercício da atividade de recuperação ambiental das minas de urânio, dando a passagem de todas as minas da responsabilidade da ENU para a Exmin.

2002/2012 – A EDM faz estudos de caracterização ambiental mais alargada, em todas as minas, tendo em vista a sua recuperação ambiental.

2004 – A 31 de dezembro dá-se o encerramento definitivo da ENU, SA. O Estado manda fazer um estudo sobre a radiação e as consequências nas pessoas dessas zonas envolventes, a que deu o nome de MinUrar.

2007 – Início das obras de remediação ambiental, em várias minas, que se mantem até à atualidade.

Pode referir-se que houve desde as décadas de 1970/80 até à atualidade, quer nas entidades responsáveis pela exploração dos minerais radioativos, quer na população em geral, um progressivo aumento do conhecimento do risco radiológico. Testemunham esta evolução a utilização, na segunda metade do século passado, de rejeitados da exploração (escombros), na construção de habitações e reparação de vias públicas, em contraste com os estudos e obras de reabilitação ambiental do final do século passado e início do presente século.

3.3.1. O caso de António Guimas, geólogo

Ainda antes de começar a gravar a entrevista sobre o seu trabalho na ENU, o Dr. António Guimas contou que havia uma fábrica de rádio no Barracão, aldeia próxima da Guarda. O urânio só começou a ser explorado nos anos 40. Chegaram a existir cerca de 60 minas na região. Quando questionado se ainda havia atualmente urânio por vender, explicou que isso acontece porque o urânio está em queda: “as cotações estão em baixa, a procura tem vindo a diminuir, apesar das centrais nucleares continuarem a laborar”. Com o final da Guerra Fria, prosseguiu, a cotação do urânio baixou significativamente. Havia muito urânio no Leste da Europa que passou a ser utilizado. Quando a cortina de ferro caiu, esse urânio entrou e as cotações na europa ocidental baixaram. Deixou de ser rentável a sua exploração.

António Guimas esteve na ENU desde 1978 até 2002. Fez o curso de geologia na Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra. É natural de Famalicão da Serra, Guarda. Estudou no Liceu Nacional da Guarda. Terminou o 7º ano em 1972 e depois esteve na faculdade entre 1972 e 77. Em 77/78 esteve um ano a lecionar na Guarda, na Escola Secundária da Sé. Foi para a ENU por sugestão de professores de Coimbra. Especificamente o Professor Portugal Ferreira disse-lhe que poderia ter uma oportunidade na recém-criada ENU.

Apresentou-se na empresa. Houve uma conversa com o Dr. José Manuel Matos Dias e foi admitido por um período experimental de 6 meses, um vínculo provisório que acabou por se manter até ao encerramento da empresa e até depois, através do trabalho de consultoria à entidade que sucedeu à ENU.

Entrou na prospeção na zona de Ázere, Tábua. Era importante a cartografia geológica de pormenor (escalas 1:5000) que era o apoio para a prospeção.

Teve uma formação muito boa na Universidade de Coimbra, recorda: “O interesse pela geologia, perceber a evolução através dos tempos geológicos, o desfiar do novelo, é importante para o urânio e todos os elementos geológicos”. Há estruturas geológicas, filões ou massas que são guias para determinadas concentrações de minérios, conta.

Não houve na altura formação sobre o risco radiológico. Em 1978, havia um serviço de proteção radiológica que já vinha da JEN. A JEN antecedeu a ENU na prospeção, exploração, e comercialização do urânio. Analisavam os dosímetros no ITN. Os dosímetros eram utilizados pelos trabalhadores em fundo de mina, laboratório e oficina de tratamento químico (OTQ), onde faziam o tratamento dos minérios.

Quando questionado se bebia água da torneira, António Guimas respondeu que bebe tanto água engarrafada como da rede. A água vem da barragem de Fagilde, rio Dão. Já o enchimento de algum espaço térreo foi feito com o escombros, o resto da exploração. As casas, sublinha, foram construídas em 1950 com materiais das escombrelas. Só o soube depois de comprar a sua casa.

Em 1987 começa uma nova administração com Armindo Torres Lopes e as coisas começam a melhorar no que respeita à proteção radiológica. A JEN fazia medições de radão no ar, através de recolha de amostras de ar e água no interior da mina. A partir de 1996, recorda António, começou-se a fazer a monitorização ambiental também do solo: “É quando há um despertar para o risco da contaminação também no solo”.

A ENU encomenda, em 2000, um estudo à Universidade de Coimbra (UC) para a caracterização radiológica dos escritórios. Foi assim que António conheceu o professor Alcides Pereira, a pessoa que facultou o seu contacto e que é responsável pelo Laboratório de Radioatividade Natural da UC, criado por Alcides Pereira juntamente com Luís Godinho e Luís Neves.

Em 2018, houve obras de reabilitação, devido à radiação, financiadas pela EDM. Na opinião de António, só depois do fecho da ENU é que surgiu a percepção dos riscos. As coisas não eram faladas, como se não houvesse riscos.

Sobre radiação ionizante, as ideias que lhe surgem são a radioatividade, a série de decaimento do urânio, os descendentes do urânio e as formas de proteção. Sobre o risco radiológico, diz:

“Falamos da influência das radiações nos seres vivos, neste caso no homem. Falamos do efeito da radiação propriamente dita e dos efeitos do radão, um dos elementos da série de decaimento do urânio. A sua influência negativa na saúde. Sobre radiação ionizante, lidamos com ela, relacionamo-nos com ela naturalmente quando trabalhamos em ambientes mineiros e avaliamo-la na detecção do urânio. Mas sobretudo, o que nos vem à cabeça são os efeitos na saúde provocados pelos elementos do decaimento do urânio”.

Quando lhe foi perguntado se, apesar de trabalhar durante tantos anos com radiações ionizantes, ainda assim gostaria ter mais informação sobre a matéria ou se considerava que o público deveria ter mais informação sobre o risco radiológico, respondeu:

“A informação é sempre útil. Essa informação, daquilo que me é dado a conhecer, da minha experiência, nem sempre terá sido divulgada na sua totalidade. Foi sendo divulgada ao longo do tempo, mas hoje temos melhor consciência dos riscos da exposição do que há uma série de anos atrás. Desde o início dos anos 1970/80, começámos a ter melhor percepção dos riscos da exposição. Essa percepção tem vindo a aumentar nos últimos tempos, mas nem sempre é divulgada, entendo eu, da melhor forma, nem sempre chegando às populações totalmente”.

Para fazer chegar a informação ao público, defende que seria necessário a divulgação através de várias formas. A informação deveria ser transmitida de uma forma clara e persistente para o público em geral:

“Embora as pessoas soubessem das coisas, ou fosse dada alguma informação, a verdade é que isso não se transmitia totalmente às pessoas, porque elas nem sempre adquiriam, interiorizavam, a percepção dos riscos. Embora nós soubéssemos que vivemos num ambiente radioativo, nem sempre as coisas foram tidas com os seus devidos cuidados. Houve alguma passividade da parte das pessoas, eu incluído. Mesmo sabendo das coisas,

continuamos a trazer as nossas amostras de urânio para casa/empresa, onde vivemos e trabalhamos”.

Traziam as amostras para a empresa porque fazia parte dos trabalhos da prospeção. Tal como comentou António:

“Identificam-se as zonas anómalas durante a prospeção e há que posteriormente fazer análises dessas amostras para conhecimento das quantidades, dos teores de minério que estão em causa. Há um manuseamento das amostras. Os trabalhadores, os prospetores, os geólogos, as pessoas que lidam com essas coisas têm que recolher as amostras, trazê-las ao laboratório, fazer o seu trabalho”.

Acerca dos comportamentos de proteção radiológica no decorrer desse trabalho, refere:

“Não havia, enfim, cuidados especiais... Durante a fase de prospeção nós lidamos com esses materiais, mas não havia cuidados especiais, porque é trabalho de campo. Os cuidados especiais que existiam há algumas décadas atrás respeitavam aos trabalhadores mineiros, de fundo de mina e aos trabalhadores que operavam próximo das instalações, junto à oficina de tratamento químico, aos laboratórios, céus abertos, portanto aos trabalhadores que mais de perto se relacionavam com esses materiais. Aí sim, havia algum cuidado. Havia proteção. Eram utilizados os dosímetros de proteção individual. Este controle não se verificava em relação aos trabalhadores do exterior.”

Quando começou a trabalhar na ENU em 1978, sabia obviamente que o urânio era radioativo, é de conhecimento geral, comentou, mas embora sabendo isso, não se inibia de trabalhar, de se expor a alguns materiais, porque a prospeção naturalmente implicava contacto com as massas mineralizadas, com os filões: “Embora conhecendo, não havia preocupação. Nós temos uma preocupação que é o trabalho. Precisamos de trabalhar, queremos trabalhar! (risos) Temos de o fazer, não é? Fazemo-lo naturalmente”.

O maior risco na altura, ou perceção de risco, seria não ter trabalho:

“sim, é verdade! Portanto, embora soubéssemos as coisas, não as interiorizávamos. Isso não era importante. Era importante o trabalho, fazer as coisas bem feitas. O risco era uma coisa um pouco distante. Não nos preocupava tanto.

Essas coisas foram evoluindo e hoje temos uma percepção penso que bastante boa, bastante razoável, dos riscos, dos perigos. Sobretudo das doses, do tempo da exposição, porque há que conjugar várias coisas: o tempo da exposição é importante e também as concentrações a que estamos expostos. E começámos a ter uma melhor percepção destas coisas, quando conjugamos tempo da exposição versus quantidade da radiação. Isto para dizer que não haverá riscos muito elevados numa exposição muito curta, na proximidade de uma radiação elevada, mas se estivermos expostos muito tempo, meses, anos, claro que aí já temos efeitos. Portanto, o tempo de exposição é muito importante. Como na fase de prospeção nós estamos expostos durante algum tempo, mas não permanecemos no campo ou junto dos filões durante dias, o risco é reduzido, não é muito elevado.”

Sublinhou como a situação é diferente no fundo da mina e na oficina de tratamento químico: “O trabalhador está exposto durante muito mais tempo do que o trabalhador que está no exterior, daí a necessidade dos dosímetros em meios mais contaminados, onde a radiação é maior”.

António não se recorda de qualquer acidente radiológico que tenha ocorrido enquanto esteve na ENU. Lembra-se de alguns acidentes no interior da mina, mas relacionados com a mina em si e com as condições de trabalho:

“Não sei precisar a data, mas sei que na Urgeiriça morreram dois ou três trabalhadores durante um período relativamente curto e creio que um outro um pouco antes. Mas foram acidentes de mina, não o resultado do efeito direto da radiação. O que acontece e continuará a acontecer é o aparecimento do cancro, de doenças malignas associadas à presença da radioatividade. Não sei se considera isso incidentes ou não. Mas isto é referido aqui neste livro.” (aponta para o livro que está sobre a mesa, *A vida*

dos trabalhadores do urânio “trabalho ruim” do historiador Mota Veiga que António gentilmente ofereceu no final da entrevista)

Em 1963 houve um acidente na mina da Urgeiriça, o primeiro acidente a ser registado em minas portuguesas de intoxicação por gás sulfídrico. Dois mineiros morreram e outros dois ficaram em estado grave (Veiga, 2014). Foram inúmeros os acidentes que ocorreram devido aos riscos inerentes ao trabalho mineiro. Para dar alguns exemplos: em 1956, um entivador foi vítima mortal de um desabamento do teto de um desmorte na mina da Urgeiriça; no ano seguinte, na mina Vale d’Arca, no Sabugal, um mineiro morreu vítima de gases tóxicos; em 1958 no 14º piso da mina da Urgeiriça, um vigilante foi atingido com a queda de um bloco de rocha que lhe fraturou a coluna; e ainda nesse ano um serralheiro morreu na sequência de uma queda de uma altura de sete metros (*ibid.*).

Os acidentes de trabalho não eram o único fator de risco a que os trabalhadores estavam expostos (*ibid.*, p. 167):

“Todas elas [as casas onde ficavam alojados os trabalhadores vindos de fora] tinham em comum a ausência da menor condição de conforto e higiene, dormiam em palha, preparavam frugais refeições, estendiam as roupas andrajosas encharcadas da mina, enfim, sobreviviam em condições quase sub-humanas, alguns não resistindo às doenças contraídas na mina.

O relativo isolamento dessas pessoas, longe das famílias e dos amigos, teve efeitos sociais e no campo da saúde. Iam para a mina praticamente sem comer, saíam do trabalho e depois de uma frugal refeição iam para a vila, para as tabernas onde entre copos de vinho e de aguardente combatiam a solidão que os afetava.”

3.3.2. O caso de Albertina Guimas, secretária da administração até ao último dia

Albertina Guimas é de Beselga de Penedono, distrito de Viseu, um dos últimos concelhos a norte, onde está o Castelo do Magriço e onde fazem todos os anos uma feira medieval como nunca viu em mais lado nenhum. Foi para a Covilhã em 1973 para trabalhar numa clínica. Soube desse trabalho através de uns amigos.

Quando ouviu falar em radioatividade e radiação ionizante, responde:

“Neste momento, tenho consciência de que isso é um risco para a saúde, que é o mundo em que nós, mais ou menos, aqui na Urgeiriça, vivemos, que nós desconhecíamos, mas com o qual temos que ter muito cuidado, sobretudo na ventilação das casas, uma vez que os níveis de radão, com a ventilação, baixam muito”.

Foi trabalhar para a Urgeiriça em 1978 e é lá que vive desde 1985:

“Estamos numa zona estudada e reconhecida como radioativa. Nem sempre tivemos consciência disso. Essa consciência surge-nos nos anos de 1990. Após o acidente de Chernobyl, porque até aí não se ouvia falar de radioatividade. Foi então que a Agência Internacional de Energia Atômica começou a alertar para os perigos da radioatividade e os cuidados a ter com a exploração e o manuseamento do minério de urânio. Há uma consciência maior do risco para as pessoas. É nesse período de tempo que chamam o primeiro técnico, físico, para a parte ambiental e radioativa, que é admitido em 1986. De notar, que tanto na JEN como na ENU sempre existiu o Serviço de Radioproteção, para o Laboratório Tratamento Químico e minas, com o seu quadro de pessoal, que na época era o considerado necessário”.

O presidente do conselho de administração morreu em 1986 de cancro do pulmão, bem como várias outras pessoas, como se recorda:

“Ao mesmo tempo morrem dois eletricistas que aqui viviam. A parte elétrica também era uma zona muito radioativa, mas era desconhecido. Morre também o presidente do conselho de administração. Também há que dizer o seguinte: o senhor era um fumador nato, os outros não sei. Portanto, radão e tabaco tinham o composto ideal. Mas o senhor, assim num mês, apagou-se! É aí que as coisas se começam a abrir. Há um novo conselho de administração que vem em 1987, com um presidente que veio mudar isto radicalmente no que toca a parte ambiental, sobretudo na parte de águas. O resto, a radiação... se tivermos em conta que a Urgeiriça sempre teve todas as atenções voltadas para as minas, o radão no espaço foi caminhando mais lentamente”.

A antiga secretária da administração da empresa reconheceu a complexidade da situação: “a ENU sempre forneceu todos os materiais necessários, mas faltava aquele conhecimento e motivação por parte das pessoas, mesmo no laboratório ou na OTQ”.

Albertina considera que não havia uma preocupação de obrigatoriedade, “têm que usar máscaras porque...”. Sem aquela preocupação de dizer “olhe que isto faz muito mal” ou “isto mata”. Não se descreviam os riscos, porque não sabiam também:

“Não havia esse cuidado. A química usava máscaras. O laboratório tinha máscaras mas raramente as usavam. Manuseavam materiais, até os ácidos, e nem sempre tiveram esse cuidado de se acautelar, porque não eram informadas. Mas havia tão pouca informação... e aí eu creio que não era por maldade mas sim porque os responsáveis desconheciam o perigo. A radiação é uma coisa que não se vê nem tem cheiro”.

Refere que havia a consciência de que a silicose existia, sendo o pessoal da mina as vítimas. Lembra-se de um caso concreto:

“Ainda antes de 1973, um mineiro, 6 meses depois da sua morte, foi exumado e ficou provado que a silicose mata. É em 1973 que é criada a lei que dá os subsídios por invalidez e a reforma antecipada, aos 50 anos, aos trabalhadores do fundo da mina. A questão da radiação não se punha, nem se suspeitava! Eu mesma vivo nesta casa há 38 anos. Comprei a casa há 25 anos, porque ninguém sabia dos perigos que corria”.

Nos anos de 1990, recorda-se, veio mais uma senhora para o ambiente e faziam análises às águas. O técnico, que era físico, começou a monitorizar as radiações no início dos anos de 1990. Todo o bairro era em terra batida, conta:

“Ora bem, como é que lhe vou explicar? Com a terra batida, a água vem e leva a terra. Isto é tudo a descer. Então, quando era necessário, onde é que se ia buscar a terra para pôr no bairro dos engenheiros e no outro bairro lá em cima, que era o bairro operário? Era à escombreira. Escombro da mina, radioativo também. Portanto era com isso que nós aqui vivíamos, nos caminhos, nos quintais. Onde se precisava de terra, ia-se buscar à escombreira. Vendia-se essa terra para habitações! As pessoas queriam,

precisam, para os aterros, para as casas novas e isso. Vinham buscar a terra à escombreira. Ainda aproveitavam as pedrinhas que andavam lá no meio para as paredes e os alicerces. Era esse o nosso modo aqui de agir e viver. Mas, acrescento, não era por maldade, até porque os mesmos técnicos e administradores viviam em casas tão radioativas como a minha”.

Um administrador, consciente dos problemas que poderiam existir, acrescentou Albertina, e porque se começava a falar da radiação mais a sério, mandou fazer medições. Verificou-se que haviam valores de radioatividade acima do normal nos aterros. Mais tarde, o administrador mandou também fazer medições nas casas. No entanto, os valores das casas não foram divulgados. Foram reportados à administração, mas não foram divulgados às pessoas. Nessa altura, o técnico começou a avisar os trabalhadores para arejarem os locais de trabalho: “Isto era um couto mineiro. Estas casas foram feitas para alojar o pessoal que trabalhava na empresa. Foram quase todas construídas pelos ingleses e as casas eram habitadas só pelos trabalhadores e suas famílias.”

Os ingleses foram os primeiros a explorar o rádio na Urgeiriça, observou Albertina Guimas:

“Isto não explorava urânio, explorava rádio. Estiveram de 1952 a 1962, salvo erro. Mais tarde começaram a explorar urânio. Por questões políticas não foi renovado o contrato com os ingleses e aí a Junta de Energia Nuclear assume a exploração das minas. A JEN, em 1977, passou a Empresa Nacional de Urânio, uma empresa pública. E em 1990 passou a sociedade anónima. Empresa Nacional de Urânio S.A.. (...) Portanto, isto foi sempre estatal. Até quando passa a sociedade anónima, os capitais são 100% estado, até ao seu encerramento em 2004”.

A Albertina trabalhou nas minas até ao último dia de funcionamento da empresa, 31 de dezembro de 2004. O encerramento da ENU, conta, não foi muito pacífico, porque tinha ainda muitos trabalhadores e teve que fazer muitos despedimentos:

“Tanto eu como mais 11 pessoas saímos no último dia, depois do Estado ter criado o Decreto Lei 28/2005 de 10 de Fevereiro, que permite aos trabalhadores ao serviço da ENU a reforma por velhice a partir dos 55 anos,

abatendo um ano, por cada dois anos trabalhados na ENU, à idade da reforma, neste momento 66 anos e 7 meses?”

Vê com satisfação o Estado a preocupar-se com as zonas mineiras e toda a Urgeiriça a ser remediada, nomeadamente as casas de habitação: “com certeza as pessoas da Urgeiriça e também de Canas de Senhorim vão, no futuro, respirar um ar muito mais saudável, embora nem sempre tenham dado o devido valor a esse ar saudável”.

É de referir que a casa de Albertina e António Guimas tinha sido remodelada pouco tempo antes da entrevista, no âmbito do programa de remediação ambiental, para descontaminação radiológica do parque habitacional da antiga ENU.

3.3.3. O caso de Ricardo Felizardo Ferreira, serralheiro residente na Urgeiriça há mais anos

Findas as entrevistas a António e Albertina Guimas, o casal ofereceu-se para mostrar as antigas instalações da ENU. Os espaços e edifícios da antiga empresa estatal mineira estavam todos eles remodelados ou em processo de remodelação. Foi levantada a questão se o casal conhecia algum mineiro ainda vivo, que tivesse trabalhado no fundo da mina. A pergunta já tinha sido colocada a João Oliveira, que na altura referiu, meio na brincadeira, que para entrevistar um antigo mineiro teria que ser no cemitério, não restando já nenhum sobrevivente de que tivesse conhecimento. Efetivamente, o último mineiro sobrevivente das minas da Urgeiriça, o senhor Magalhães, morreu em 2018 (Garcia, 2019).

Albertina Guimas lembrou-se do Sr. Ricardo Felizardo que apesar de não ter sido mineiro, foi serralheiro na empresa. Ricardo Felizardo Ferreira vive em frente à mina da Urgeiriça, num bloco de apartamentos construídos propositadamente para os funcionários da mina. O pai de Ricardo era mineiro. Tinha sido capataz numas minas em Espanha e foi trabalhar para a Urgeiriça quando o Ricardo tinha um ano de idade. O pai morreu novo, aos 44 anos, de silicose. O Ricardo começou a trabalhar aos 14 anos em 1958. Abriram vagas para a mina e o Ricardo concorreu. Lembra-se do exame que fez na altura. Uma conta de somar, uma de multiplicar, uma de dividir e uma de subtrair. Depois tinham que escrever uma carta à administração, onde muitos se terão espalhado, recorda. Teve um bom resultado e entrou.

Na aplicação do telemóvel, utilizada para gravar a entrevista que durou pouco mais de 10 minutos, ficou automaticamente registada a localização de sua casa: Rua do Freixieiro, 6,

Canas de Senhorim. Ricardo trabalhou na Urgeiriça desde 8 de janeiro de 1958 a 28 de fevereiro de 1993, sempre contínuo. Foi sempre serralheiro de manutenção de tratamento químico.

Quando lhe foi perguntado o que pensava acerca do risco radiológico, respondeu:

“Está a falar a respeito de radiação? Olhe, tenho que lhe dizer que quando começámos a trabalhar, nunca ninguém nos informava dos riscos que corríamos. Primeiro aspeto. Só ali nos anos de 1979 ou 1980 e por aí assim é que começaram a alertar-nos do perigo do urânio, das radiações, porque até aí nós não tínhamos uma máscara para cada pessoa, não tínhamos. Não tínhamos luvas. Mexíamos no urânio com estas mãos assim. Pegava assim no urânio, deitava. Os auriculares, só havia dois pares e era para as pessoas que se dirigiam para aqueles sítios mais barulhentos. Só a partir daí é que começaram a distribuir equipamento individual, porque nós não tínhamos a noção do risco que corríamos”.

Ricardo considera que a noção do risco começou mais ou menos nos anos de 1980: “Quando íamos trabalhar para um sector de urânio puro. Aí é que os chefes, ao fim de fazermos o trabalho, nos diziam “vai lavar as mãos”, “vai tomar banho”, para limpar, porque dantes nada disso existia”.

A empresa teria começado a alertá-los nessa altura e a dar-lhes o equipamento de proteção: “Eramos obrigados a utilizá-lo quando trabalhávamos junto do urânio”.

Ainda sobre o risco radiológico, conta Ricardo: “Não sabíamos do risco que existia, não é? Agora estou fora disso! Acho que se hoje trabalhasse, as pessoas teriam mais cuidado, mais equipamento. Quando comecei a trabalhar, nós tínhamos que comprar o fato de macaco. Depois já passaram a dar o fato de macaco”.

Trabalhou até aos 49. Depois reformou-se por causa dos olhos: “Estou quase invisual”. Sofre de uma doença hereditária, a retinopatia pigmentada que agrava-se com a idade, refere a esposa que se manteve sempre presente ao longo da entrevista.

Ricardo recorda-se que, enquanto trabalhou na ENU, houve alguns acidentes:

“Eu tive alguns! (risos). Parti este dedo. Parti um pé porque caí... Parti uma vez a cabeça, porque cai de um filtro abaixo. E foram os três acidentes que

tive no trabalho. Agora acidentes relacionados com a radiologia não posso dizer nada, porque isso só o sistema médico é que pode dizer se há alguém com esses problemas. O falecimento deles. O que oiço dizer é que as pessoas que trabalharam com radioatividade são mais sensíveis a apanhar a neoplasia, o cancro. E para isso estão a dar uma indemnização às viúvas dos trabalhadores que morreram com a neoplasia. O que quer dizer que aceitaram as provas dessa doença”.

Quando lhe foi perguntado se sabia de algum colega que tivesse trabalhado diretamente na exploração do minério nas minas, respondeu que conhecia muitos colegas que, não sendo mineiros, morreram com neoplasia, “lembro-me de muitos” disse Ricardo. Depois, perante a insistência na pergunta, colocada desta vez por António Guimas que também esteve presente ao longo da entrevista, acrescentou:

“Repare uma coisa. Nós tínhamos sempre mais amizade, mais confiança, com as pessoas que trabalhavam cá fora, porque os mineiros iam lá para baixo e nós nunca estávamos com eles. Apesar de que conheci alguns e trabalhei com alguns e convivi com alguns. Morreram.

O meu falecido pai trabalhou aqui. Era mineiro de profissão, mas esse não morreu de neoplasia, morreu da silicose. (...) O meu pai morreu em 1950, tinha 44 anos. A silicose era confundida um pouco com a tuberculose. E o meu pai morre com a silicose. Tanto é que a companhia de seguros, enquanto a minha mãe foi viva, dava-lhe uma mensalidade, dava-lhe uma pensão”.

Ricardo tinha 6 anos quando o pai morreu. Tinha um outro irmão com 3 anos na altura. Eram sete irmãos. Não se recorda de muito: “Era muito garoto. Só me lembro dele estar no sanatório em Viseu. (...) O meu pai tinha a silicose e na companhia de seguros mandaram-no para o sanatório.”

O irmão mais novo nasceu na Urgeiriça: “O mais novo, que está na América, é que nasceu aqui. Os outros meus 5 irmãos nasceram em Espanha. O meu pai era mineiro lá. Era capataz da mina”.

Lembra-se de duas ocasiões em que foi ao fundo da mina na Urgeiriça. Da primeira vez, Ricardo foi chamado porque o colega que costumava ir não estava e tinha havido uma avaria. Foi concertar a bomba. A mina estava já a ficar com um nível de água preocupante. Acedeu ao pedido de ir fazer a reparação, mas disse que sozinho não ia. Um bombeiro foi com ele na “jaula” até lá abaixo. Houve uma segunda vez, mas aí iam muitos e já não teve medo.

Ricardo e a sua esposa falaram ainda sobre a questão da casa. Há uns anos fizeram a avaliação do radão no interior da casa. O limite é de 400 Bq/m³. Na cozinha o valor de concentração do radão era de 5000 Bq/m³. Foi um problema geral a todas as casas em que os materiais de construção, nomeadamente os utilizados para enchimento, foram das escombrelas da mina.

O antigo serralheiro da ENU terminou o seu testemunho lamentando a morte por cancro de muitos colegas de serralharia: “Não sei se por exposição ao urânio se não...”

3.3.4. A resposta legislativa ao risco radiológico na exploração mineira do urânio

“A história da exploração e tratamento de urânio na Urgeiriça é parte integrante de histórias mais latas, mais complexas, mais distantes, também, física, ideológica, política e tecnologicamente: a história do mundo nuclear; do nuclear em Portugal; e do lugar de Portugal no mundo nuclear.”

(Mendes & Araújo, 2010, pp. 81–82)

Num livro gentilmente cedido por António Guimas podemos encontrar uma lista da legislação que foi sendo introduzida em Portugal sobre a regulação da atividade mineira, bem como da criação das instituições que estiveram envolvidas e da proteção dos trabalhadores (Veiga, 2014, p. 204). A lista compilada vai desde a lei que regula o direito às indemnizações por efeito dos acidentes de trabalho e doenças profissionais (Lei n.º 1942, 1936) até à lei, como referiu Albertina Guimas, muito batalhada pelos antigos trabalhadores da ENU, que alarga o acesso às pensões de invalidez e velhice a todos os antigos trabalhadores, que tenham trabalhado por período não inferior a quatro anos (Lei n.º 10/2010, 2010, p. 1997): “que tenham exercido funções ou actividades de apoio nas áreas mineiras e anexos mineiros ou em obras ou imóveis afectos à exploração da Empresa Nacional de Urânio S. A., e estabelece a obrigatoriedade de acompanhamento médico a estes trabalhadores”.

Na legislação compilada por Veiga (2014), encontra-se também a lei que em 1973 procede à atualização da lista de doenças profissionais. Para além da intoxicação pela ação dos raios X e das dermatoses profissionais, que constam da lei de 1936 sobre os acidentes de trabalho ou doenças profissionais e da responsabilidade patronal, a lei de 1973 associa as radiações ionizantes, no quadro da lista das doenças profissionais, como agente causal de uma série de formas clínicas mencionadas de forma já mais específica (Decreto nº 434/73, 1973, p. 1517):

“Anemia progressiva ligeira hipoplástica ou aplástica; Anemia progressiva grave hipoplástica ou aplástica; Diátese hemorrágica; Leucopenia com neutropenia; Estados leucemóides; Leucemias; Blefarite ou conjuntivite; Queratite; Catarata; Radiodermite agudas, radioepitelite aguda das mucosas; Radiodermite crónicas. Complicações: Cancro da pele; Radiolesões crónicas das mucosas; Radionecrose óssea; Sarcoma ósseo; Carcinoma broncopulmonar por inalação”.

Três anos depois de Portugal realizar a sua candidatura de adesão à Comunidade Económica Europeia, em 1980, o governo português publica um diploma que altera a constituição, competências e funcionamento da Comissão Permanente de Revisão da Lista das Doenças Profissionais, comissão que tinha sido criada em 1965.

O diploma de 1980 procede também à revisão da lista de doenças profissionais aprovada pelo decreto de 1973 (Decreto Regulamentar n.º 12/80, 1980, p. 907):

“Fundamenta-se esta revisão em conhecimentos científicos actualizados nos domínios da patologia e clínica ocupacionais, no estudo de listas de doenças profissionais de diversos países e na documentação emanada de organismos internacionais como a Organização Internacional do Trabalho, a Organização Mundial de Saúde e a Comunidade Económica Europeia”.

Como refere o decreto regulamentar (*ibid.*): “Em relação à anterior lista [de 1973] são apresentadas diversas inovações, muito embora o modelo a elaborar esteja condicionado pelo que se encontra determinado na Lei nº 2127, de 3 de Agosto de 1965”. Não obstante as alterações efetuadas, as doenças associadas às radiações ionizantes mantêm-se sem alterações relativamente à lista constante no diploma de 1973. O mesmo acontece com os trabalhos

suscetíveis de provocar essas doenças, que se mantêm os mesmos, especificamente (Decreto Regulamentar n.º 12/80, 1980, p. 919):

“Todos os trabalhos que exponham à acção das radiações ionizantes, como, por exemplo:

Extracção e tratamento de minerais radioactivos;

Produção e emprego de substâncias radioactivas;

Preparação e emprego de produtos químicos e farmacêuticos radioactivos;

Fabrico de aparelhos produtores de radiações ionizantes e seu emprego;

Fabrico e aplicação de produtos luminescentes por meio de substâncias radioactivas;

Investigação científica com isótopos radioactivos, aparelhos geradores de radiações ou outras fontes radioactivas”.

Em 2001, após nova revisão da lista das doenças profissionais de 1982, para compatibilização com o Código Europeu de Segurança Social, há mais uma revisão da lista das doenças profissionais, indo ao encontro da legislação da União Europeia (Decreto Regulamentar n.º 6/2001, 2001, p. 2613): “A Recomendação da Comissão n.º 90/326/CEE, de 22 de Maio, relativa à adopção da lista europeia de doenças profissionais, constituiu novo impulso no sentido da actualização da lista nacional de doenças profissionais”. Na tabela com a lista de doenças profissionais, a coluna que era designada como agente causal passa a ser designada como fatores de risco. As radiações ionizantes, enquanto fator de risco, mantêm as mesmas doenças ou outras manifestações clínicas, bem como os trabalhos suscetíveis de provocar as doenças.

Depois em 2007 há nova alteração da lista das doenças profissionais (Decreto Regulamentar n.º 76/2007, 2007, p. 4499):

“é actualizada a designação de algumas doenças, sendo acrescentadas outras até à data não consideradas, são elencados os respectivos agentes causais, sendo adicionados à lista os conhecidos mais recentemente, são registadas as novas variantes das formas clínicas das doenças, cuja menção não era feita na legislação anterior, e são também revistos e adequados às

novas realidades clínicas ali traduzidas os prazos indicativos da sua caracterização”.

Nas doenças provocadas por agentes físicos, em que o fator de risco são as radiações ionizantes, os prazos indicativos para tumores malignos da pele, sarcoma ósseo e carcinoma bronco-pulmonar por inalação passam a ter como prazo indicativo de caracterização 30 anos (*ibid.*, p. 4506).

Na lombada do livro do historiador Carlos Veiga (2014), encontra-se uma síntese dos acontecimentos em torno do trabalho da exploração do minério radioativo e a percepção do risco:

A exploração das minas de urânio em Portugal foi uma realidade marcante do séc. XX; entre 1909 e 1944 para produção de rádio, entre 1951 e 2000 para produção de concentrados de urânio. (...) Do legado de anos, ficaram algumas situações sociais por resolver e restou um acentuado passivo ambiental. Do debate público adveio a percepção que o trabalho se realizava em situações de risco em face da radioactividade, que aos riscos das próprias minas acresciam os do gaz radão e das poeiras radioactivas. E daí decorre que o número anormalmente elevado de neoplasias malignas, verificadas em antigos trabalhadores das minas de urânio, passe a ser associado ao trabalho nas minas”.

O livro publicado pela Associação dos Ex-Trabalhadores das Minas de Urânio (ATMU), contendo alguns testemunhos de antigos mineiros, mulheres que separavam o minério e outros operários, nomeadamente o serralheiro Ricardo Ferreira, dá conta do papel que esta associação terá tido nas medidas legislativas para mitigar os riscos do trabalho mineiro do urânio (Minhoto cit. por Veiga, 2014; p. 7):

“Foi aliás, com esta resistência, que obrigámos as entidades responsáveis a efetuar um estudo científico (MinUrar: Resolução 34/2001 da Assembleia da Republica) sobre os impactos na saúde provocados pelos resíduos de urânio nas Minas da Urgeiriça. Este estudo veio fazer luz sobre a condição de saúde dos trabalhadores e a influência nefasta da radioactividade”.

Há uma relação clara entre os desenvolvimentos políticos do país e a evolução das condições laborais, sublinhada por Veiga (2014, p. 23):

“Durante a administração da JEN, no regime corporativo do Estado Novo, não havia liberdade de organização, de reunião e de negociação, ou seja, um quadro global de fortes restrições. As relações laborais emergiram naturalmente no tempo da ENU, em consequência direta do regime democrático instaurado pela Revolução do 25 de Abril de 1974”.

Segundo Mendes e Araújo (2011), a história das minas de urânio na Urgeiriça, com base no modelo de Phillipe Brunet para a região francesa do Limousin, pode ser dividida em três períodos: “o tempo tateante do urânio (1913-1962); o tempo áureo do urânio (1962-1990), e o tempo incerto da radioactividade (1990-2008)”. O último período corresponde “ao último fôlego da exploração de urânio e à afirmação da questão ambiental” (*ibid.*, parágrafo 27). Este caracterizou-se por “contestação aberta ao urânio como bem comum, afirmação da questão ambiental e de saúde pública, presença pública da questão da saúde profissional e redefinição central dos retornos pós-minas” (Garcia, 2019, p.31).

Em 2016, a Assembleia da República publica um diploma que estabelece o direito a uma compensação por morte emergente de doença profissional dos trabalhadores da Empresa Nacional de Urânio, S. A. (Lei n.º 10/2016, 2016). Como regista Garcia (2019, p. 89), esta lei foi sentida como o coroar de um movimento civil:

“depois de um longo processo de luta, a ATMU assiste a mais uma vitória: a conquista do direito a compensações monetárias para os familiares dos antigos trabalhadores que faleceram de cancro”.

Relativamente ao estudo de caso dos antigos trabalhadores da ENU, é possível concluir que quando as casas para os trabalhadores foram construídas em 1950 com materiais das escombrelas não haveria ainda perceção de risco. Segundo testemunho do geólogo António Guimas, nos anos de 1970 havia na ENU um serviço de proteção radiológica que já vinha da JEN, mas não havia na altura formação sobre o risco radiológico. Apesar dos estudos sobre a contaminação das águas já existirem nos anos de 1970, só nos anos de 1980 é que terão começado a monitorização ambiental de radão no ar e apenas na década seguinte as medições terão sido alargadas também ao solo. Foram também feitas medições dos valores de radão nas

casas que terão sido reportados à administração, mas não foram divulgados às pessoas. Houve assim um progressivo aumento do conhecimento do risco radiológico desde as décadas de 1970 e 1980 até à atualidade, quer nas entidades responsáveis pela exploração dos minerais radioativos, quer nos trabalhadores e na população em geral. Porém, mesmo depois de informadas, as pessoas pareciam não interiorizar ou adquirir a perceção de risco. Tal como ilustra o exemplo dado pela secretária da administração Albertina Guimas, a ENU fornecia os materiais necessários, mas faltava o conhecimento ou motivação para os usar. O ferreiro Ricardo Felizardo considera que a noção do risco começou mais ou menos nos anos de 1980. O equipamento de proteção começou então a ser obrigatório quando trabalhavam com o urânio. O elevado número de vítimas de cancro que foram surgindo entre antigos trabalhadores terá certamente contribuído para o aumento da perceção do risco radiológico. O acidente de Chernobyl em 1986 teve também impacto na perceção do risco, mas esta revelou-se de forma mais expressiva depois do fecho da ENU em 2001, particularmente na sequência do estudo MinuRar.

Destes estudos de caso e dos diplomas legais que foram surgindo, é possível constatar que existe atualmente na Urgeiriça uma clara perceção do risco radiológico, *inter alia* das doses e do tempo da exposição, da necessidade de ventilação das casas para baixar os níveis de radão e do trabalho de remoção dos materiais contaminados das escombrelas através do trabalho de remediação ambiental atualmente em curso.

Capítulo 4. A percepção do risco radiológico face ao estado da ciência

“Estou entre aqueles que pensam que a ciência tem grande beleza. Um cientista no seu laboratório não é apenas um técnico: é também uma criança confrontada com fenómenos naturais que a impressionam como um conto de fadas. Não devemos permitir que se acredite que todo o progresso científico possa ser reduzido a mecanismos, máquinas, equipamentos, mesmo que essas máquinas também tenham a sua beleza. Também não acredito que o espírito de aventura corra o risco de desaparecer no nosso mundo. Se vejo algo vital, ao meu redor, é precisamente esse espírito de aventura, que parece indestrutível e é semelhante à curiosidade.”

Marie Curie cit. in *Madame Curie* (1938, p.465), Ève Curie.

4.1. As definições de risco radiológico

É possível que a beleza da ciência, descrita por Marie Curie, seja uma das características que a tornam tão apelativa. Ao contrário do risco de extinção deste empreendimento, na senda de compreender os fenómenos, esta aventura humana conta um crescente número de adeptos. Há, porém, questões cada vez mais prementes à medida que aumenta o impacto da ciência na sociedade (Sinatra et al., 2014). A descoberta do fenómeno da radioatividade e dos elementos radioativos veio pôr mais a descoberto dois caminhos opostos na ciência: aquele que pode levar ao maior benefício para a humanidade e aquele que pode levar à maior catástrofe.

A palavra *risco* engloba simultaneamente conotações negativas e positivas, no sentido de consequências temidas e resultados desejados, respetivamente. No campo do estudo científico do risco, há igualmente diferentes definições possíveis. Tal ambiguidade em conceitos científicos não é incomum. Veja-se por exemplo o significado da palavra *fotão*, um conceito para o qual foram identificadas “12 camadas semânticas” (Hentschel, 2018).

Como alerta González (2019), o conceito de risco radiológico tem grande diversidade de interpretações mediante a área em que é utilizado. Para estimativas de efeitos na saúde, por exemplo, há dois significados distintos: no diagnóstico, o risco radiológico pode ser associado a um resultado binário, sendo zero quando abaixo do valor limite de dose²³ para a ocorrência de um determinado efeito determinístico²⁴ e sendo um quando acima do valor limite de dose; na epidemiologia, o risco é expresso nas estimativas de efeitos estocásticos²⁵, as quais constituem as bases científicas da proteção radiológica para doses abaixo do limite de dose para os efeitos determinísticos.

O termo risco radiológico é também usado na proteção radiológica. Nesta matéria, as recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP do inglês) baseiam-se num modelo que extrapola dados de doses elevadas sem utilizar um limite de dose, o denominado modelo linear sem limite. Em segurança nuclear, o conceito risco tem sido utilizado com diferentes conotações das de estimativas de efeitos e de proteção radiológica, nomeadamente como a combinação de probabilidade e consequências dos eventos que a

²³ O limite de dose é “o valor que não deve ser excedido da dose efetiva ou equivalente de dose para indivíduos em situação de exposição planeada” (IAEA, 2019, p. 129).

²⁴ Os efeitos da radiação podem ser estocásticos ou determinísticos. Mário Reis, investigador no Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica do Campus Tecnológico e Nuclear, foi um dos oito peritos entrevistados para a elaboração de um modelo perito de risco radiológico e explicou as diferenças: “os efeitos estocásticos estão associados às baixas doses e com a probabilidade de aparecimento de cancro, sendo muito difícil determinar a partir de que dose há um efeito, não há um limite de dose, a mesma exposição pode ou não produzir efeitos e estes poderão não ser os mesmos. Os efeitos determinísticos têm um limiar de dose: a partir de determinada dose, os efeitos são conhecidos e manifestam-se da mesma forma (queimaduras, vômitos, síndrome aguda da radiação até à morte) invariavelmente. Para estes o que interessa é a dose, calculada em função do tipo de radiação, independentemente da fonte”.

²⁵ *Vide* nota de rodapé anterior sobre efeitos estocásticos e determinísticos.

segurança pretende prevenir, ou seja, o produto da probabilidade de um evento acontecer e da magnitude das suas consequências.

Há ainda a utilização do termo risco radiológico nos padrões internacionais de segurança, os quais utilizam descrições formais divergentes, sendo uma das descrições a probabilidade de um efeito específico na saúde de uma pessoa ou grupo como resultado da exposição à radiação (*ibid.*). É precisamente nesta última aceção que se usou o conceito de risco radiológico neste trabalho.

4.1.1. Peritos *versus* público não especialista

Ao longo da história da ciência, encontramos uma série de encontros e desencontros entre grupos habitualmente identificados como o grupo de peritos, composto por especialistas nas suas áreas de investigação, e o grupo dos leigos, constituído pelo público não perito em ciência ou numa área científica específica. Este desencontro nasce, nomeadamente, de diferentes interpretações para os mesmos conceitos.

No que concerne a radiação ionizante em geral, vários exemplos ilustram como a perceção do risco difere entre os peritos e o público, levando inevitavelmente a comportamentos face ao risco também eles distintos. Há riscos que os peritos consideram elevados e que o público menospreza, por exemplo o risco do radão²⁶, e riscos que os peritos consideram reduzidos e o público atribui-lhes enorme importância, como o risco das centrais nucleares (Lennart Sjöberg & Drottz-Sjöberg, 1994). A comunicação do risco tem tido um papel de destaque na promoção do consenso entre os peritos e o público não perito e tem motivado um número significativo de estudos em torno dos fatores que permitem uma comunicação mais eficaz mediante o público alvo e a situação específica (Morgan et al., 2002; Oliveira, 2007; Perko, 2011; Smith & Thorne, 2016).

A abordagem psicométrica e a heurística do afeto ajudam a explicar as diferenças na perceção do risco entre os especialistas e o público. Os peritos definem o risco em termos de relações de causa e efeito e tentam quantificar o dano que pode resultar de uma determinada atividade. Os

²⁶ Existem exceções. Segundo os casos apresentados no capítulo anterior, de antigos trabalhadores na empresa de mineração do urânio, há membros do público informados acerca dos riscos do radão que já não menosprezam esse risco.

membros do público, por sua vez, tomam em consideração uma série de questões qualitativas quando decidem se um risco é aceitável ou não.

A partir da perspectiva de que a percepção de risco, acerca de atividades e tecnologias do dia a dia, pode variar por entre inúmeras características, *inter alia* imediatidade dos efeitos, número de pessoas afetadas de uma só vez, sensação de controlo sobre as consequências, Fischhoff et al. (1978) demonstraram que as características em jogo tendem a agrupar-se em duas dimensões ou fatores principais, designadas pelos autores como “risco temido” e “risco desconhecido”. Os autores criaram, a partir de dados obtidos com uma amostra da população norte-americana, o gráfico *infra* para ilustrar a posição de cada uma das atividades e tecnologias no espaço dos fatores de risco ao longo do eixo “risco temido” (severidade) e do “risco desconhecido” (fig. 15).

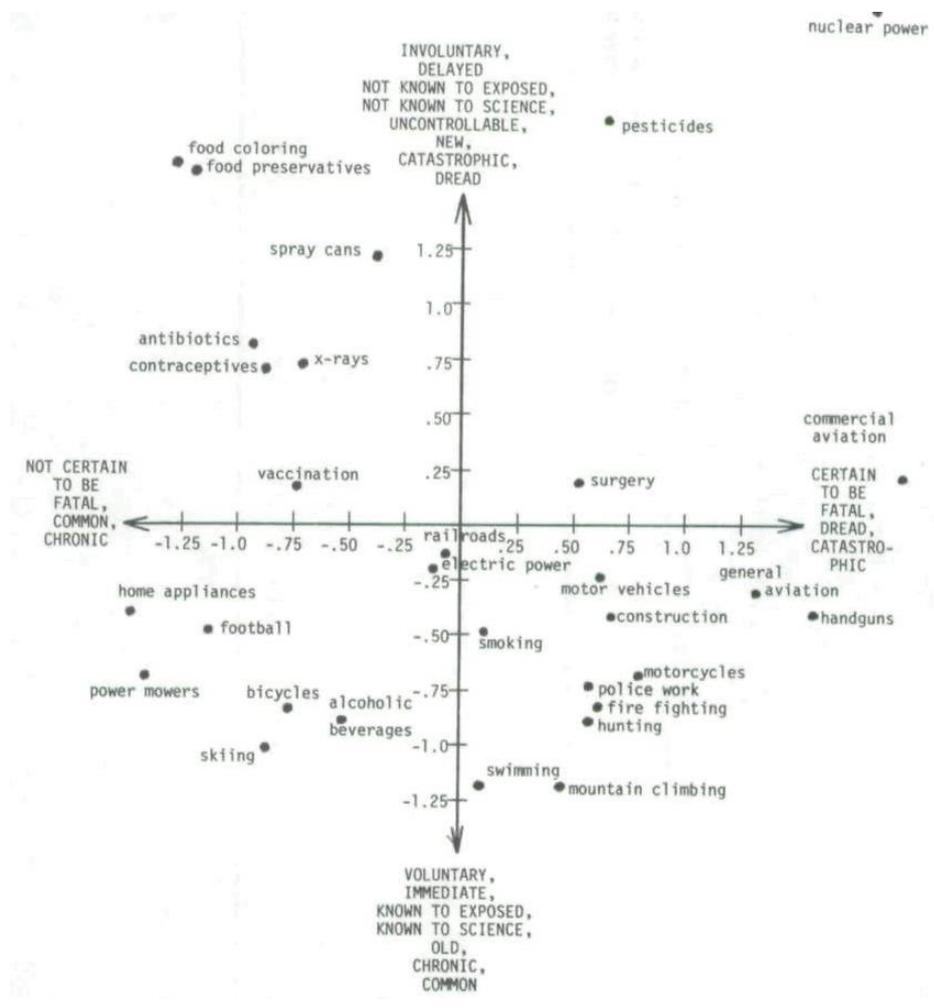


Figura 15. Localização dos itens de risco no espaço dos dois fatores: risco temido no eixo vertical e risco desconhecido no eixo horizontal no estudo de Fischhoff et al., 1978

O estudo da perspectiva psicométrica do risco foi replicado 38 anos mais tarde, oferecendo uma ilustração de como a percepção de risco evoluiu ao longo dos anos (Fox-Glassman & Weber, 2016). Sendo constantes os fatores psicométricos da descrição dos riscos, por exemplo, controlo e potencial catastrófico, o que se torna interessante é perceber como os *loci* de algumas atividades se mantiveram e como os de outras se deslocaram ao longo do tempo.

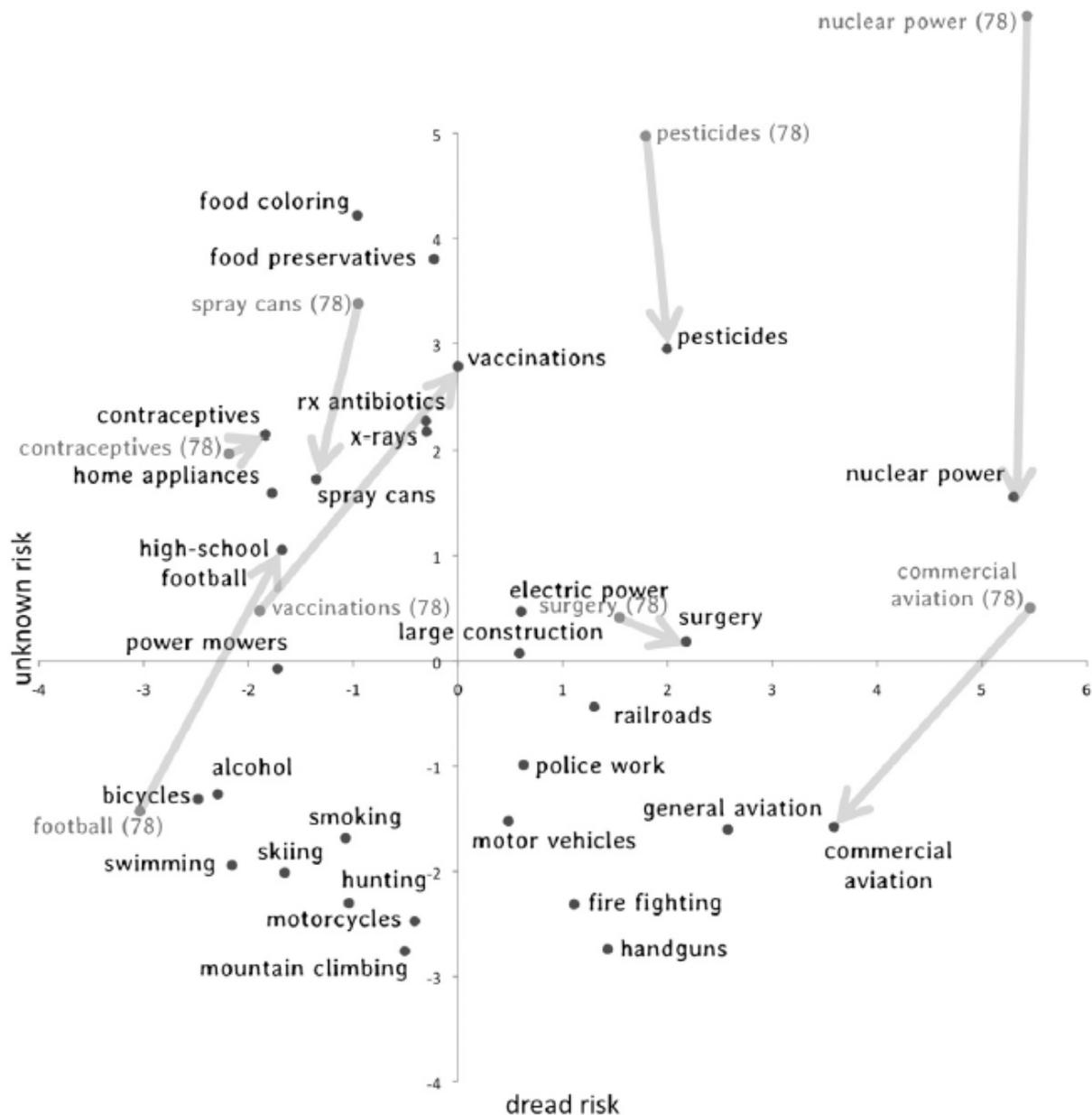


Figura 16. Movimentos de itens selecionados no espaço fatorial risco temido - risco desconhecido entre o estudo de 1978, pontos a cinzento, e o estudo de 2016, pontos a preto (Fox-Glassman e Weber, 2016)

A presente investigação partiu da premissa que o risco radiológico tem vindo a mudar claramente o seu lugar no espaço fatorial da psicometria do risco. Como notaram as investigadoras que replicaram o estudo de 1978 (Fox-Glassman & Weber, 2016, p. 166), a

diferença mais expressiva entre 1978 e 2016 foi a descida da energia nuclear no eixo do risco desconhecido, passando de um *outlier* em ambos os fatores, temido e desconhecido, para um 10º lugar, em 30 itens, no eixo do risco desconhecido (figura 16). Assistiu-se a um movimento semelhante, apesar de menos expressivo, nos pesticidas e em latas de aerossóis (sprays). As autoras atribuem os movimentos destes últimos dois itens a um possível maior conforto por parte do público relativamente a estas matérias. Levantam, no entanto, uma questão que ficou por responder relativamente à energia nuclear (*ibid.*, p. 168): “quanta da descida da energia nuclear na dimensão desconhecido pode ser explicada por fatores extrínsecos tais como a regulação e melhorias na tecnologia, versus efeitos cognitivos tais como mudanças na perceção devido a fatores como disponibilidade e natureza relativa do risco?”.

Fazendo a ponte entre perceção e comunicação de risco, num artigo sobre as perceções pessoais e públicas do risco radiológico, Hendee (1991, pp. 1115–1116) relembra que a comunicação sobre os riscos para a saúde, advindos da tecnologia, pode ser dividida em várias fases: a fase da novidade é aquela em que as pessoas “não querem saber”, ou não pensam sobre os riscos; a fase em que possíveis riscos começam a ser ponderados e a preocupação do público tende a aumentar, levando a “confiar nos especialistas”; e quando há dúvidas ou conflitos de interesses, aparentes ou reais, por parte dos peritos, e as questões tendem a ser abordadas como tópicos para discussão, em vez de um debate racional, entra-se na fase “falar mais alto”. Esta é caracterizada por frequentes debates entre peritos nos meios de comunicação social e o público tende a sentir-se confuso ou desconfiado de qualquer um que se autointitule perito, de qualquer um dos lados da questão. Seguem-se depois mais três fases: “dizer-lhes o que devem saber”; “dizer-lhes o que querem saber”; e, quando todas as fases anteriores falham, a última fase é considerada a única que facilita a “verdadeira comunicação” que é “lidar com as perceções”.

O estudo que se apresenta no ponto seguinte procurou compreender quais são as atuais perceções de risco radiológico de peritos e socorristas portugueses com vista à comunicação entre os dois grupos e com o público em caso de emergência radiológica ou nuclear.

4.2. Percepção do risco das radiações ionizantes através dos modelos mentais: em direção à preparação para emergências radiológicas²⁷

4.2.1. Resumo

No caso de uma emergência química, biológica, radiológica ou nuclear, há comportamentos a serem adotados pelo público que são recomendados ou exigidos, por exemplo abrigar-se, manter-se abrigado e manter-se informado. A resposta inicial pode ser decisiva para os resultados, enquanto reconhecendo que podem ser necessárias alterações à medida que a emergência se desenrola. A recente pandemia do coronavírus demonstrou como o curso de ação seguido pelas autoridades, apoiando estes comportamentos de proteção precocemente, pode salvar milhares de vidas. Os fatores que determinam o sucesso da resposta incluem cumprimento das recomendações das autoridades e cooperação entre peritos e socorristas.

A percepção de risco radiológico dos socorristas vai influenciar a sua preparação para responder em caso de emergência radiológica ou nuclear. Não tendo sido encontrado estudos prévios sobre perigos radiológicos e percepção de risco de socorristas em Portugal, utilizou-se os modelos mentais enquanto abordagem descritiva. Os grupos alvo foram bombeiros e militares ambos com treino especializado para lidar com emergências radiológicas. As suas representações dos perigos e riscos radiológicos foram analisadas à luz de um modelo perito construído *ad hoc*. Os resultados mostram várias sobreposições entre peritos e socorristas na compreensão dos perigos radiológicos e potenciais riscos. Concluiu-se que o principal hiato na percepção de risco radiológico entre peritos e socorristas concerne os conceitos e mecanismos da contaminação radiológica e a sua propagação entre pessoas, em particular se pessoas expostas a fontes radioativas também podem tornar-se fontes radioativas elas próprias. Esta lacuna pode ter implicações para a resposta à emergência.

4.2.2. Introdução

Os riscos nucleares, radiológicos, biológicos e químicos (NRBQ) têm semelhanças que permitem diretrizes comuns sobre como responder em caso de uma emergência (Baucher et al., 2018; Brandl & Tschurlovits, 2020; Calamai et al., 2019; Chilcott et al., 2019). No entanto, a

²⁷ O presente subcapítulo corresponde à adaptação de um artigo publicado no *Journal of Radiological Protection* (Melo et al., 2020).

natureza da radiação ionizante – com as suas diversas fontes, interações e mecanismos de interação, modos de detecção e medida – envolve diversas disciplinas. O estudo e compreensão dos seus efeitos e consequências adicionam complexidade à seleção e comunicação das questões relevantes relativas à proteção radiológica, avaliação do risco e manuseamento do perigo em caso de emergência radiológica ou nuclear (IAEA, 2018).

A percepção de risco radiológico e a comunicação com o público foram primeiramente contempladas como um assunto na agenda depois da resposta do público ao incêndio da instalação de Windscale, em Sellafield, Cumbria, Reino Unido, em outubro de 1957 (UK Parliament, 1957; Vidal, 2012).

Encontra-se um exemplo de quão cedo foi reconhecido que as decisões devem incluir o envolvimento social, bem como as análises técnicas, na nota de Dunster e McLean (1970) na segunda conferência da Associação Internacional de Proteção Radiológica. Segundo os autores, “as relações entre risco e dose de radiação já estão disponíveis e é importante estabelecer as formas mais apropriadas de incorporar estas estimativas no problema mais abrangente das normas básicas” (*ibid.*; p.56). O mesmo se aplica a adotar uma terminologia que deve ser utilizada de forma universal para uma comunicação do risco eficiente (Smith & Thorne, 2016).

Na sequência dos acidentes nucleares de Three Mile Island e Chernobyl, a investigação sobre percepção do risco radiológico e comunicação do risco aumentou consideravelmente (Hasegawa et al., 2015; IAEA, 1994). Após Fukushima, verificou-se uma tendência semelhante ao nível da investigação nesta área. Os objetivos passam por estudar a comunicação de risco orientada para a comunidade durante a fase de recuperação (Lyamzina & Slovic, 2019), como responder a um futuro acidente nuclear (Coates, 2014; González et al., 2013; Thomas & May, 2017), e como melhorar a comunicação e promover a proteção radiológica para o público (Perko, 2011). Atualmente, o risco de radiação ionizante, de todos os tipos de risco, é um dos mais compreensivamente estudados (Hasegawa et al., 2015; Health Physics Society, 2017; Inkret et al., 1995; Mu et al., 2018; UNEP, 1985; UNSCEAR, 2014). Para além disso, a investigação sobre os acidentes de Chernobyl e Fukushima mostra que o impacto não radiológico na população afetada, particularmente os efeitos psicológicos e sociais, é maior do que os efeitos biológicos da radiação ionizante, quando as emergências radiológicas ou nucleares resultam em níveis de exposição baixos ou muito baixos, isto é, menos de 100 mGy, conforme valores recomendados pela UNSCEAR (Carr et al., 2018; UNSCEAR, 2015, p. 23; WHO, 2020).

Especificamente, o relatório do Comité Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atómica (UNSCEAR, 2014, p. 10), sobre o acidente de Fukushima, refere que:

“O principal efeito na saúde é ao nível do bem estar mental e social, relacionado com o enorme impacto do tremor de terra, tsunami e acidente nuclear, bem como o medo e estigma relacionados com a perceção de risco de exposição à radiação ionizante. Já foram reportados efeitos tais como depressão e sintomas de pós-stress traumático”.

O mesmo relatório refere estes efeitos já nas situações dos bombardeamentos de Hiroshima e Nagasaki com bombas atómicas, bem como nos acidentes de Three Mile Island e Chernobyl (*ibid.*, p.255).

Tem havido um trabalho em curso de proteção radiológica interrelacionado com a evolução da perceção do risco radiológico no qual, como as ciências sociais têm demonstrado, “fatores como o imediatismo, certeza, transparência e clareza dos benefícios das aplicações da radiação, juntamente com o viés confirmatório das pessoas, atrasaram o aparecimento da perceção do risco radiológico entre os cientistas e o público” (Melo et al., 2019, p. 314).

Apesar do extenso conhecimento disponível, e o enorme impacto social e económico dos acidentes mencionados, uma vez que as emergências radiológicas ou nucleares são raras, em comparação com outros tipos de emergências, por exemplo aquelas que resultam de perigos recorrentes, tais como inundações, secas e incêndios, cada uma destas com o seu protocolo de respostas, os socorristas habitualmente não têm qualquer experiência ou treino regular com emergências radiológicas (IAEA, 2006). Ademais, um dos principais desafios na comunicação do conceito de risco radiológico consiste em separar os factos das conjeturas, a verdade verificável da opinião baseada em informação incompleta (González, 2019; UNSCEAR, 2015). Apesar de poder existir uma clara distinção entre a atribuição de efeitos factuais e a inferência de riscos conjeturados, estes conceitos parecem estar amplamente misturados na mente das pessoas quando julgam os riscos (González, 2019). Como referido anteriormente, o próprio conceito de risco tem vários significados e conotações, nomeadamente para estimativas de efeitos na saúde, proteção radiológica e segurança nuclear (*ibid.*). Apesar das ambiguidades nestes conceitos não serem incomuns, estas devem ser identificadas e ultrapassadas.

Para adquirir e consolidar a preparação e resposta a emergências, os socorristas necessitam de exercícios regulares. A experiência e o treino regular – necessário para a adquirir e consolidar – devem assentar numa formação sólida. Esta formação deverá, entre outros: (i) permitir estabelecer conceitos de forma clara e eliminar confusões; e (ii) permitir a construção de

abordagens operacionais e expressões de comunicação das ações necessárias, próprias e de orientação de outros (o público), que sejam igualmente claras e inequívocas. Os conceitos, abordagens operacionais e expressões de comunicação devem ser assimilados, e praticados, aplicados e repetidos de forma a criar uma memória – um padrão comportamental e comunicacional – que permita uma resposta automática, imediata quanto possível e bem definida, a resposta que se pretende, para a qual se treinou, sem hesitações.

Em Portugal, os militares e socorristas de outras agências de proteção e segurança intervêm quando os desastres ou acidentes têm um impacto significativo e tornam-se críticos. A Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil coordena a resposta à emergência (Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2010). Todas as diretivas operacionais nacionais estão enraizadas nas normas de segurança internacionais para a preparação e resposta a emergências radiológicas ou nucleares (Food and Agriculture Organization of the United Nations et al., 2015). Desde 2019, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) é também uma entidade envolvida em qualquer tipo de emergência radiológica ou nuclear, quer fora do local, no local, ou em questões relativas ao transporte ou perda de fontes radioativas seladas. O sucesso da interação entre as diferentes entidades durante uma emergência baseia-se fortemente no entendimento comum sobre os riscos envolvidos e como mitigá-los.

A perceção de risco *per se* tornou-se o foco das ciências sociais há quarenta anos atrás. O paradigma psicométrico foi uma das primeiras abordagens à análise de risco. Este método quantitativo permite uma compreensão dos diferentes fatores da perceção do risco (i.e. pavor, controlo, conhecimento, etc.). Esta abordagem demonstrou que o risco tem diferentes significados para diferentes pessoas e permitiu a identificação de semelhanças e diferenças, nas perceções de risco e atitudes, entre grupos, em particular entre peritos e não peritos (Fischhoff et al., 1978; OECD, 2004; Lennart Sjöberg & Drottz-Sjöberg, 1994; Paul Slovic, 1987, 2016a).

No entanto, a avaliação psicométrica não permite mostrar como é que as pessoas organizam os seus pensamentos e crenças acerca dos riscos. Para tal, os investigadores têm utilizado extensas entrevistas semiabertas para construir diagramas de influência e modelos mentais “retratando o conhecimento, atitudes, crenças, valores, perceções, e mecanismos de inferência das pessoas relativamente a determinados perigos” (Paul Slovic, 2016a, p. 28). Os modelos mentais são uma técnica de investigação qualitativa introduzida pela psicologia cognitiva e social, aplicada sistematicamente nas áreas da perceção de risco e comunicação de risco (Morgan et al., 2002; Skarlatidou et al., 2012; Wood et al., 2017). Um modelo mental é “uma representação interna, cognitiva, do mundo externo e como o compreendemos” (Wood & Linkov, 2017, p. 31). O

objetivo último é identificar a informação necessária para tomar decisões informadas (*ibid.*). As entrevistas semiabertas e semiestruturadas permitem a construção dos modelos mentais.

Quando se aplica a abordagem dos modelos mentais à percepção de risco, o primeiro passo é ter um modelo perito representativo do “estado da ciência” relativo ao risco sob estudo. Um modelo perito acerca de um risco requer uma revisão “do conhecimento científico atual acerca dos processos que determinam a natureza e magnitude do risco”, sendo pedido aos peritos que elaborem sobre a informação disponível (Morgan et al., 2002). O modelo perito é o ponto de partida para um guião de entrevista, para elicitare modelos mentais de grupos não peritos. O modelo perito também fornece a grelha de análise para depois o comparar com os modelos não peritos.

No presente estudo, foram entrevistados oito peritos de áreas específicas do estudo da radiação ionizante para criar um único modelo perito que pode ser aceite como representativo para Portugal. O modelo foi criado utilizando a abordagem dos modelos mentais. Um estudo anterior utilizou uma abordagem semelhante para analisar a percepção do risco radiológico por parte do público (Železnik et al., 2016). Após a elaboração do modelo perito, sete socorristas foram entrevistados para construir um modelo mental da percepção do risco radiológico. De entre os socorristas, foram escolhidos dois grupos para as entrevistas, os bombeiros, que são habitualmente os primeiros a responder em caso de qualquer tipo emergência, e os militares, que devem apoiar a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil e a APA em caso de emergência radiológica ou nuclear.

Entrevistámos bombeiros e militares portugueses especializados em NRBQ para analisar as suas percepções de risco radiológico, uma vez que:

- (a) a ciência da proteção radiológica está cada vez mais complexa e preparada para incidentes e acidentes;
- (b) as emergências radiológicas e nucleares são raras, pelo que é difícil manter a coordenação e prontidão, particularmente quando há muitas especialidades e responsabilidades envolvidas no socorro;
- (c) compreender a percepção do risco radiológico promove a preparação para a emergência radiológica e nuclear.

Em caso de emergência radiológica ou nuclear, a primeira resposta procura proteger o público no sentido de minimizar os efeitos radiológicos e não radiológicos na saúde (Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009; IAEA, 2006; UNSCEAR, 2014). A forma

como os socorristas percebem os efeitos da radiação ionizante vai influenciar a sua resposta em caso de emergência radiológica ou nuclear. Especificamente, o socorrista poderá ter que decidir entre desistir de socorrer alguém ou arriscar contaminar-se, a ele e aos outros, ao realizar o socorro. Por este motivo, este estudo procurou responder às seguintes questões:

- Quais são as percepções de risco radiológico dos peritos?
- Quais são as percepções de risco radiológico dos socorristas?
- Quais são as diferenças e semelhanças entre peritos e socorristas e como podem estas determinar ações eficazes em caso de emergência?

4.2.3. Método

4.2.3.1. Procedimento

Foi preparado um guião para a entrevista aos peritos no sentido de assegurar que todos os participantes tinham as mesmas perguntas (tabela 1). Cada entrevista foi realizada cara-a-cara, presencialmente ou por videochamada. Após a entrevista, cada perito teve a possibilidade de rever a transcrição da entrevista para coerência da mesma. As entrevistas foram realizadas entre novembro de 2018 e janeiro de 2019. As respostas de todos os peritos a cada questão foram analisadas em conjunto para deteção de semelhanças e diferenças.

Tabela 1. Guião da entrevista a peritos para elicitare modelos mentais de radiação ionizante e percepção de risco radiológico

1.	O que é a radiação ionizante?
2.	Que tipos de radiação ionizante existem?
3.	Quais são as características e efeitos de cada tipo de radiação ionizante? 3.1. Qual é a probabilidade de ocorrência dos efeitos?
4.	Quais são as fontes de radiação ionizante?
5.	Quais as probabilidades de acidentes para cada fonte?
6.	Quais são os riscos da radiação ionizante para a saúde e o ambiente?
7.	Como é que os limites de dose, ou a divisão entre doses elevadas e doses baixas, são essenciais?



Figura 17. Principais tópicos do modelo perito

Elaborou-se um único modelo mental perito a partir das respostas, averiguando as semelhanças e anotando as diferenças entre elas, bem como comparando-as com o conhecimento científico atual na literatura acerca da radiação ionizante, dos seus perigos e riscos, para complementar as contribuições dos peritos e completar o modelo. Os peritos puderam rever o modelo e sugerir melhoramentos através de um processo iterativo.

O guião para as entrevistas aos socorristas foi preparado a partir das respostas dos peritos. As entrevistas aos socorristas seguiram uma abordagem semiaberta, permitindo-lhes elaborar sobre as respostas dadas. Devido ao seu papel específico, solicitou-se aos socorristas para descreverem também situações de risco de radiação ionizante, se alguma, em que estivessem estado envolvidos. As entrevistas foram realizadas entre novembro e dezembro de 2019.

4.2.3.2. Participantes

Foram entrevistados oito peritos ativos em diferentes áreas das ciências nucleares e radiológicas. Todos os peritos têm vasta experiência de trabalho com radiações ionizantes. A maioria colabora com organizações internacionais dedicadas a este campo, como a UNSCEAR e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). As suas áreas de trabalho abrangem: radioatividade ambiente; resíduos radioativos e gestão de fontes seladas; efeitos biológicos da radiação ionizante; avaliação radiológica; instrumentação para deteção de raios X; tecnologias na deteção de radiação; biofísica das radiações; e física médica (ver anexo 3 com nomes dos peritos entrevistados, filiações institucionais e datas da realização das entrevistas).

Todos os setes socorristas entrevistados receberam treino especializado em NBQR ou incidentes com matérias perigosas. O primeiro socorrista entrevistado é chefe de um grupo de controlo ambiental e está nos bombeiros há 37 anos. O outro socorrista entrevistado é o comandante da mesma companhia de bombeiros sapadores, um militar do Exército em

comissão de serviço nos últimos 10 anos. A terceira pessoa entrevistada é diretora da Escola Nacional de Bombeiros com formação em engenharia do território.

De entre os militares, foram entrevistados quatro oficiais do exército: dois capitães do grupo de defesa NBQR do Regimento de Engenharia Militar, um major do Regimento de Engenharia Militar comissionado com o comando de defesa NBQR no Comando das Forças Terrestres, e um sarjento-ajudante do mesmo Comando, anteriormente no comando da secção de defesa NBQR.

4.2.4. Resultados

4.2.4.1. Modelo perito

O modelo perito reflete as perspetivas dos peritos sobre os perigos e riscos da radiação ionizante extraídas das transcrições das entrevistas. A figura 17 mostra uma representação dos principais subtópicos do modelo. O conceito de radiação ionizante fica no centro do modelo. Os seis subtópicos ligados a este conceito central são: do lado esquerdo, tópicos relacionados com as propriedades, fontes, vias de contaminação e exposição à radiação ionizante; e, do lado direito, tópicos associados com as consequências negativas de exposição à radiação ionizante, especificamente efeitos biológicos e acidentes e eventos. Cada subtópico será desenvolvido *infra*.

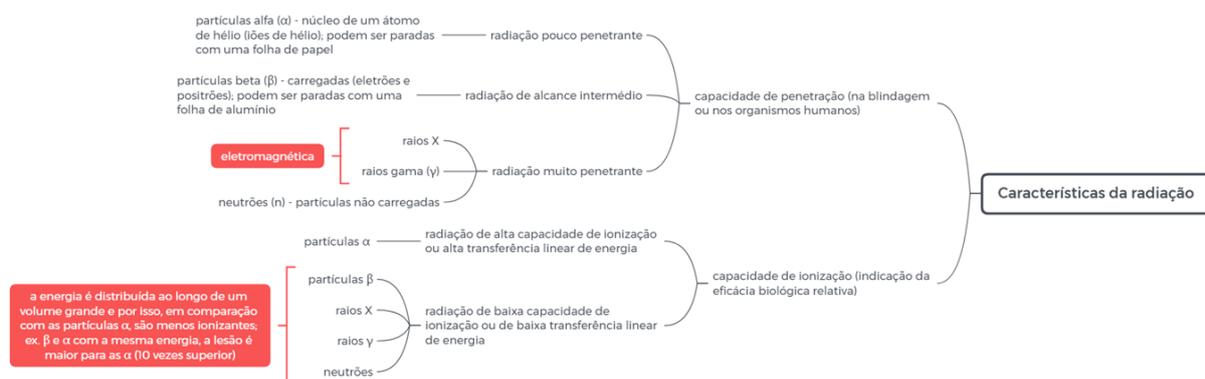


Figura 18. Tipos e características da radiação ionizante

Houve um consenso total entre peritos em relação ao conceito de radiação ionizante enquanto forma de energia capaz de ionizar átomos. Para além disso, os peritos deram definições detalhadas pertencentes aos seus campos específicos de trabalho. Por exemplo, como a radiação ionizante quebra ligações químicas produzindo efeitos biológicos, como é que

aparelhos produzem radiação, que efeitos ionizantes dependem da fonte e do alvo, exemplos de átomos que entram em decaimento radioativo e os tipos específicos de radiação que emitem. Os peritos forneceram informação mais detalhada quando questionados sobre os tipos de radiação, as suas características e efeitos (cf. figura 18).

A maior parte dos peritos entrevistados pensa acerca dos tipos de radiação, organizando-a em fótons de um lado e partículas do outro, especificando cada tipo de fóton e partícula envolvidos. Outros peritos organizaram a radiação em três tipos: radiação eletromagnética, partículas carregadas e neutrões.

Dois peritos mencionaram que em caso de emergência nuclear (envolvendo material radioativo), são gerados todos os tipos de radiação e emitidos numa complexa cadeia de eventos junto com muitos núcleos instáveis. Alguns peritos referiram questões de proteção radiológica quando pensavam sobre os tipos de radiação ionizante, nomeadamente no caso de uma detonação nuclear, tal como ilustrado na resposta deste perito: “os neutrões não são uma preocupação para a proteção radiológica depois do acidente já ter ocorrido. Se tivermos uma detonação nuclear, por exemplo, eles estão presentes apenas no momento da detonação. Não há contaminação por neutrões com que precisemos de nos preocupar”. Outro perito dividiu as consequências de uma explosão nuclear em perigos imediatos, incluindo os neutrões e raios gama, e perigos a longo termo que resultam da cadeia de decaimento dos produtos de fissão nuclear.

Os peritos deram exemplos de diferentes isótopos radioativos naturais e os tipos de radiação que emitem, bem como a semivida e os efeitos que produzem. Um perito utilizou o exemplo do radão para ilustrar a correlação entre semivida e efeitos práticos: “o radão-222 descende do urânio-238, uma das formas mais comuns do urânio, e estas transformações ocorrem no interior da terra. O radão-222 tem uma semivida de 3.8 dias, o que faz com seja muito mais perigoso que o radão 220, descendente do tório-232, com uma semivida de apenas 56 segundos”.

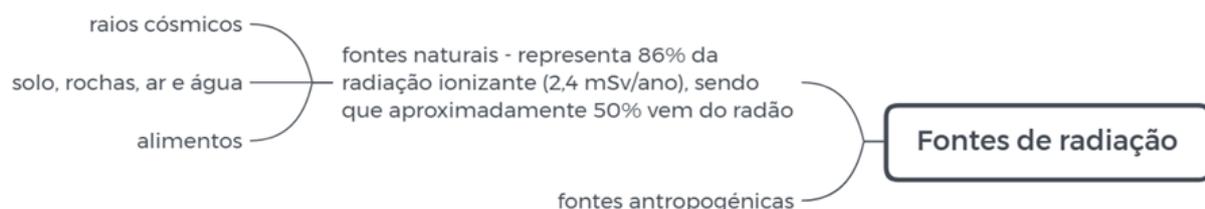


Figura 19. Fontes de radiação ionizante

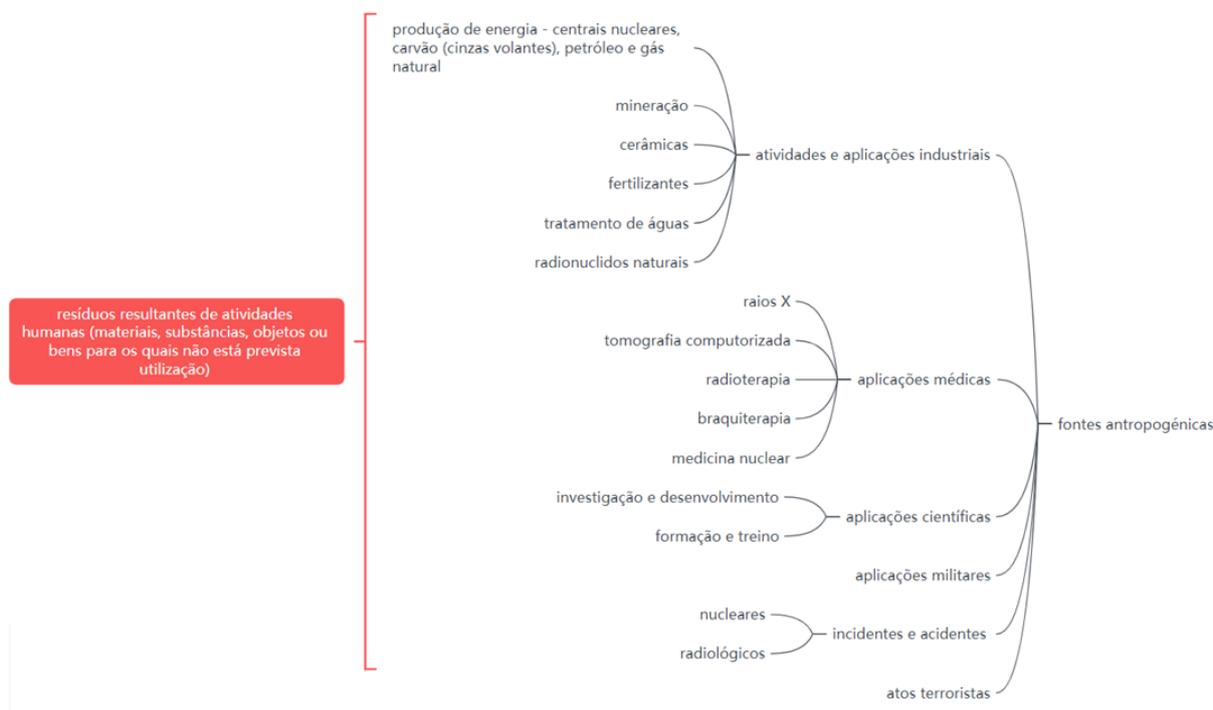


Figura 20. Fontes de radiação ionizante antropogênicas

Foram mencionadas as partículas alfa enquanto interagindo mais fortemente com a matéria e produzindo os maiores danos em caso de exposição interna. Em geral, as respostas dos peritos acerca das características da radiação ionizante seguem de perto os conteúdos encontrados no Glossário de Segurança da IAEA relativamente às capacidades de ionização e penetração (IAEA, 2019).

As fontes de radiação ionizante foram divididas em duas principais categorias, tal como ilustrado na figura 19: natural e artificial ou antropogênica. Alguns peritos referiram a percentagem de cada uma das fontes, em concordância com os dados oficiais, nomeadamente que as fontes naturais representam mais de 80% de todas as fontes de radiação ionizante (Sinclair et al., 1987; WHO, 2016).

Um perito facultou uma hierarquia das fontes mais presentes até às menos comuns: “A maior fonte de radiação ionizante é a natureza. Desde o início do universo que a temos. Na nossa vida diária, estamos expostos à radiação ionizante através de fontes do ambiente tais como o solo, o ar, a comida que ingerimos, o espaço, a radiação cósmica. O radão é um grande contribuidor para a dose de radiação do ambiente natural. A segunda maior fonte de radiação ionizante é a

exposição médica pelos exames diagnósticos ou terapia. Para os que trabalham com radiação ionizante (e.g. na indústria nuclear), a terceira principal fonte de radiação ionizante é a exposição ocupacional”.

O modelo perito demonstra as muitas aplicações que temos atualmente na indústria, medicina, ciência e na área militar (cf. figura 20). Um perito referiu as fontes seladas e as fontes abertas, para fontes de elevada e baixa atividade respetivamente. Os peritos também identificaram os locais contaminados ou *legacy sites*, e.g. locais onde foram realizados testes nucleares ou onde ocorreram acidentes nucleares. Mencionaram outras fontes antropogénicas, tais como materiais radioativos que ocorrem naturalmente (NORM da sigla inglesa) no quadro das atividades e aplicações industriais. Finalmente, os peritos identificaram os resíduos como uma fonte comum a todas as atividades humanas, bem como a radiação ionizante produzida em incidentes e acidentes industriais.

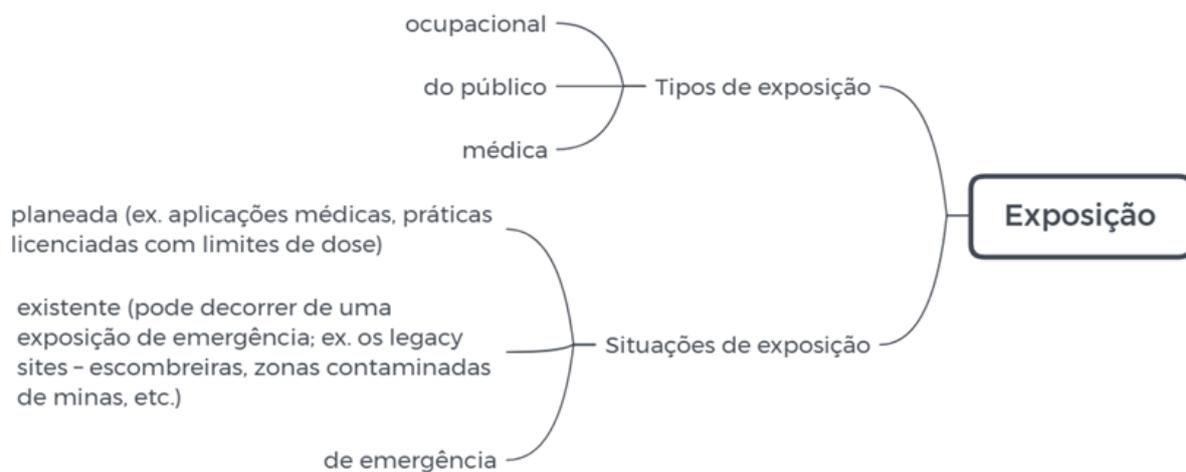


Figura 21. Exposição à radiação ionizante

Relativamente à exposição, a maior parte dos peritos referiu a informação estruturada segundo o ICRP. A categoria de exposição pode ser ocupacional, pública ou médica e a situação de exposição pode ser planeada, existente ou de emergência (cf. figura 21).



Figura 22. Exposição de emergência – probabilidade de ocorrência de acidentes

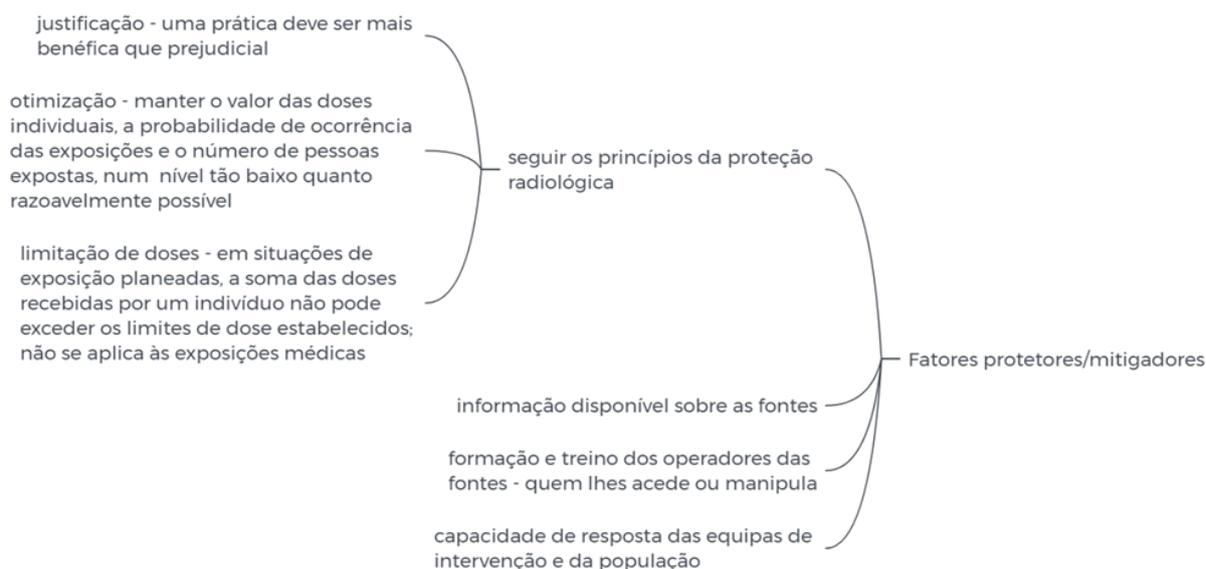


Figura 23. Probabilidade de ocorrência de acidentes – fatores protetores/mitigadores

Quando lhes foi pedido para centrarem-se na probabilidade de acidentes, os peritos responderam segundo fatores de risco e fatores protetores ou mitigadores, tal como representado nas componentes do modelo apresentadas nas figuras 22 e 23.

O modelo identifica como fatores de risco as características das fontes, e.g. atividade, emissor, estado físico, selada ou aberta, bem como o manuseamento. Os fatores protetores ou

mitigadores são a informação disponível acerca das fontes, o treino e capacidade de resposta dos profissionais e os princípios de proteção radiológica.

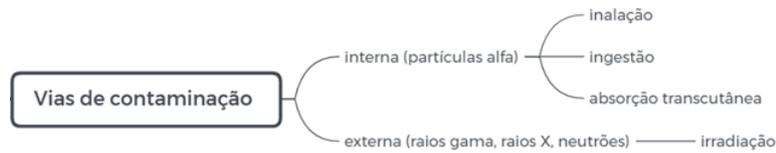


Figura 24. Vias de contaminação da radiação ionizante

As vias de contaminação, representadas na figura 24, foram expressas em termos de contaminação humana interna *versus* externa, a primeira com um foco nos emissores alfa e a segunda na radiação gama, raios X e emissores de neutrões.

O modelo inclui também acidentes e eventos – de cima para baixo – dos mais prováveis para os menos prováveis, com um cenário do pior caso possível na eventualidade de um acidente radiológico ou nuclear (cf. figura 25).

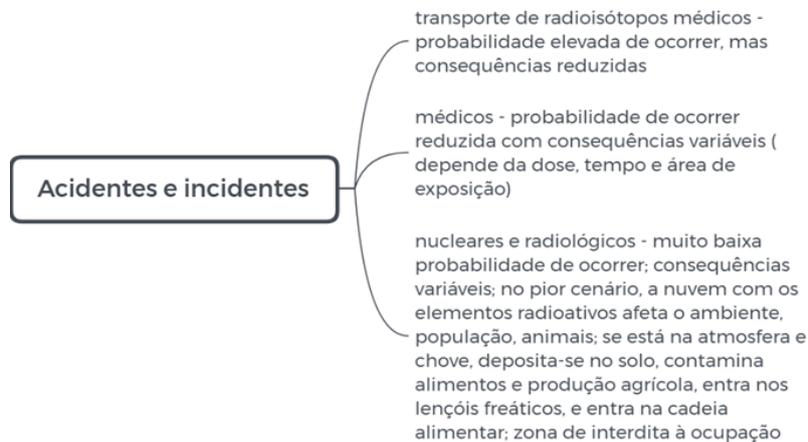


Figura 25. Acidentes e incidentes

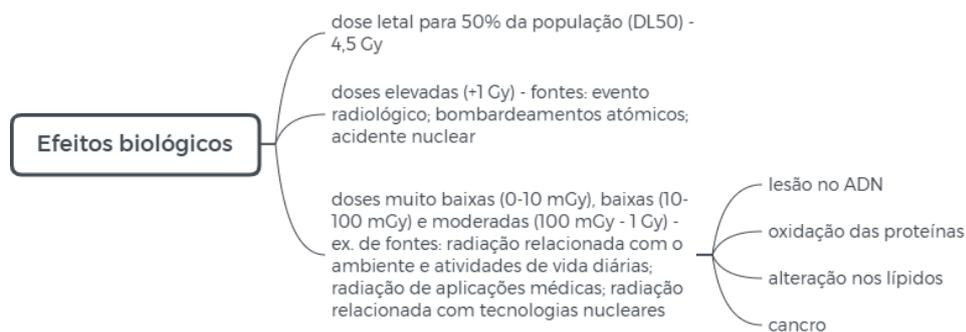


Figura 26. Efeitos biológicos

Nota: Foram consideradas como fontes das doses elevadas eventos radiológicos, acidentes nucleares, testes nucleares e os bombardeamentos com bombas atômicas. Para as fontes de doses baixas, foram dados como exemplos a radiação do ambiente, atividades de vida diária, aplicações médicas e tecnologias nucleares. A informação dos peritos entrevistados foi complementada com a terminologia do UNSCEAR para bandas de doses de radiação e respetivo intervalo de dose absorvida para radiação de baixa transmissão linear de energia (UNSCEAR, 2015).

Finalmente, o modelo mostra os efeitos biológicos com um valor para a dose letal para metade da população (LD50) no topo, depois as doses elevadas, e as doses muito baixas em baixo (cf. figura 26). O modelo ainda subdivide os efeitos biológicos de doses elevadas em danos agudos induzidos pela radiação e efeitos cumulativos (cf. figura 27), e os efeitos biológicos das baixas doses em quatro subcategorias de danos nas células.

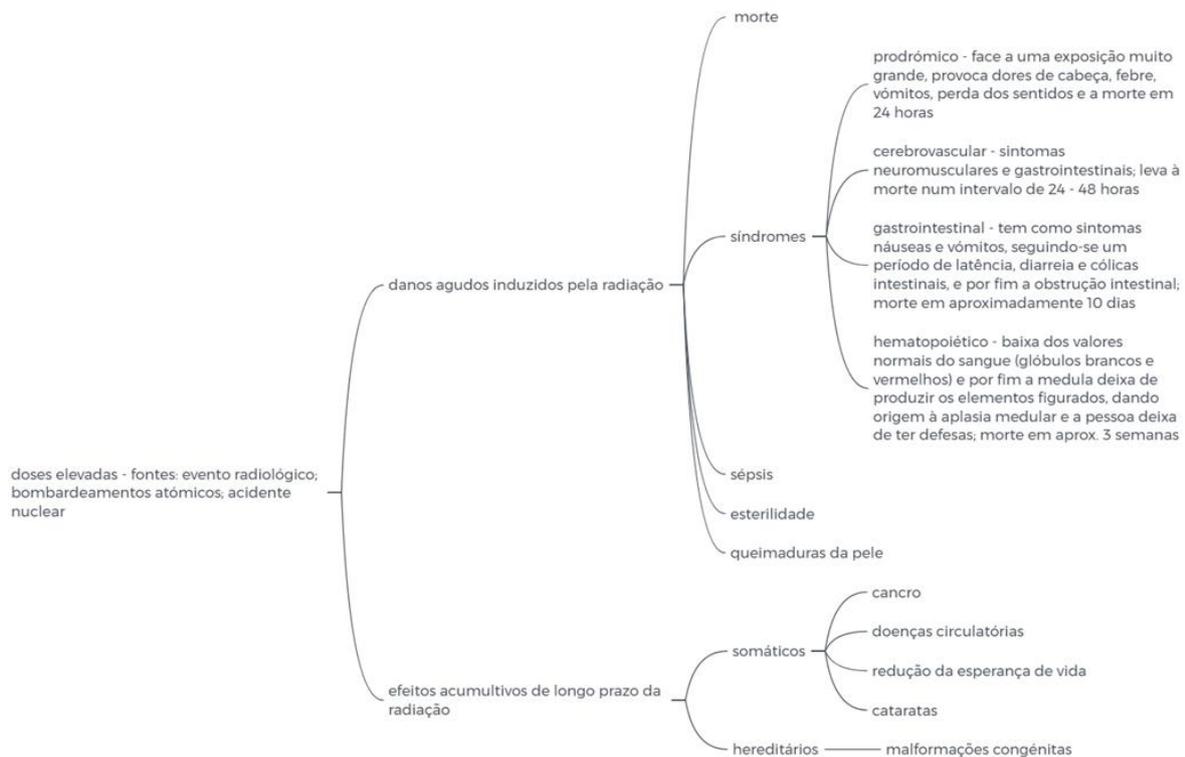


Figura 27. Efeitos biológicos – doses elevadas (danos agudos e acumulativos)

Todos os peritos mencionaram efeitos determinísticos e estocásticos para distinguir entre efeitos de doses elevadas e doses baixas respetivamente. Apesar de não estar incluído no modelo, um perito sublinhou a distinção entre efeitos danosos e as utilizações benéficas da radiação ionizante, nomeadamente para tratamentos oncológicos.

Não obstante o excelente consenso entre peritos acerca dos riscos da radiação ionizante, a perceção de risco varia no que concerne as doses baixas. Por exemplo, um perito mencionou que a mais pequena exposição à radiação ionizante pode ter um efeito estocástico e deve ser evitada sempre que possível. Outro perito, apesar de referir o princípio “quão baixo quanto razoavelmente alcançável” (ALARA da sigla em inglês), considera que as doses baixas não colocam grande preocupação: “há pessoas que vivem nas montanhas e recebem mais radiação cósmica e curiosamente são mais saudáveis do que as pessoas que vivem em cidades. No Cáucaso, por exemplo, as pessoas que vivem acima dos 2000 m de altitude têm grande longevidade”.

4.2.4.2. Modelo dos socorristas

Os modelos mentais do risco de radiação ionizante, dos socorristas, são em geral semelhantes ao modelo perito nos principais tópicos e subtópicos, mas com menos detalhe. A figura 28 fornece o modelo simplificado construído a partir dos dados do modelo perito, mantendo a informação que também apareceu nos modelos mentais dos socorristas.

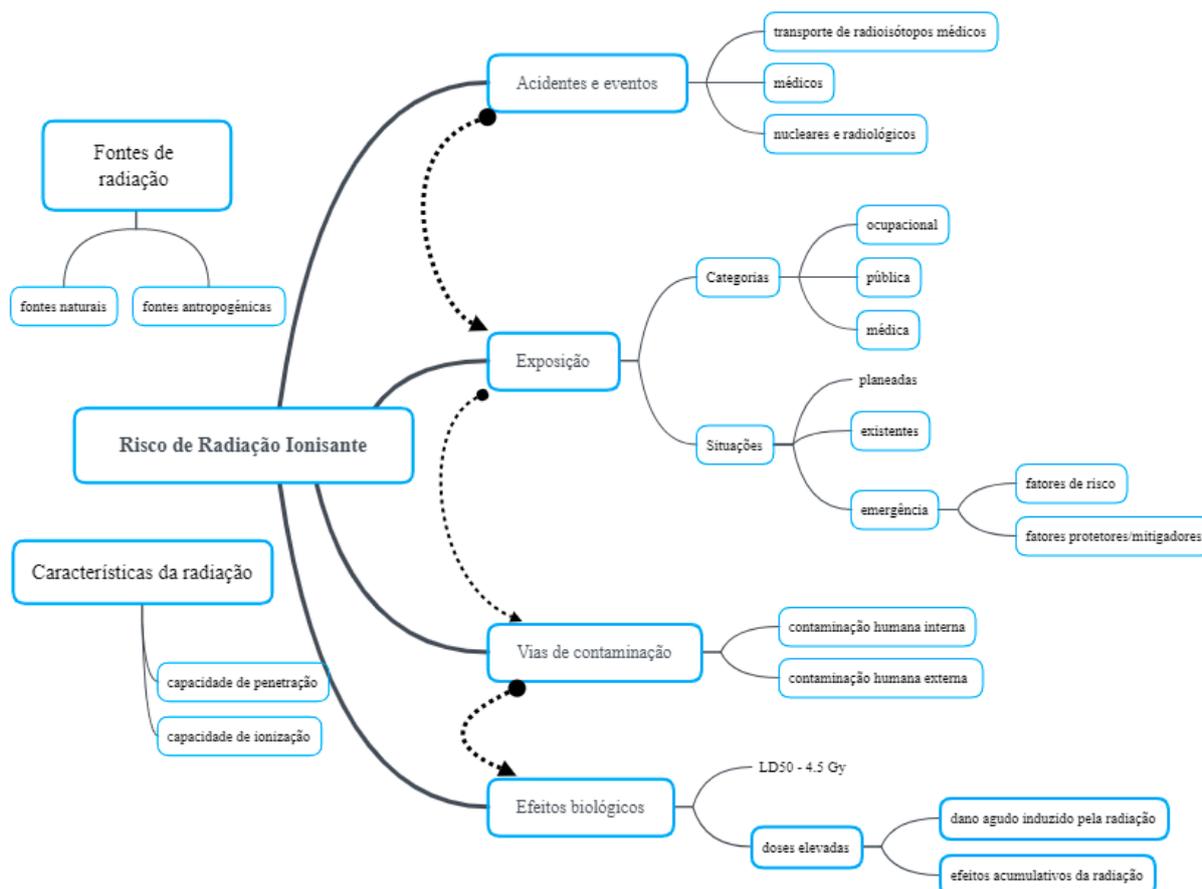


Figura 28. Versão simplificada do modelo perito com os conceitos no modelo mental dos socorristas

A maior parte das perceções de perigos e riscos radiológicos dos socorristas estão associadas a acidentes nucleares significativos, com grande número de vítimas, fatalidades e feridos. Das relações identificadas nas entrevistas, os socorristas veem o risco radiológico principalmente como estando associado com a poeira radioativa, mas também com os materiais radioativos nos edifícios, equipamentos, transporte de materiais radioativos e utilizações médicas da radiação ionizante.

A maior preocupação para os socorristas é o facto da radiação ser invisível e não poder ser detetada pelos órgãos dos sentidos humanos. Alguns socorristas identificaram a central nuclear mais próxima de Portugal, em Almaraz, Espanha, como o risco radiológico mais significativo

para a saúde da população no caso de um acidente. Os fatores de risco identificados pelos socorristas foram o envelhecimento da central nuclear, a sua proximidade à fronteira portuguesa e a um dos principais rios em Portugal, o rio internacional Tejo, que corre adjacente à reserva de água da central.

Um socorrista declarou que o risco radiológico em Portugal é muito reduzido e principalmente associado com três áreas: a indústria mineira do urânio, com materiais a emitir radiação acima do nível de fundo; sucatas, onde o material radioativo pode ficar misturado com outros materiais acidentalmente; e hospitais que fornecem medicina nuclear e tratamentos radiológicos.

Os socorristas militares separam também os riscos radiológicos em termos de riscos civis *versus* militares, e.g. o radão e material que contém material radioativo ou emite radiação fazem parte de riscos de radiação civis, enquanto os ataques nucleares e as bombas sujas são vistos como riscos militares. Este resultado das entrevistas não foi antecipado. Apesar disso, um dos oficiais do exército entrevistados mencionou, como exemplo de outro tipo de situação de risco que requer a intervenção de militares, o acidente que aconteceu em Goiás, Brasil, em 13 de setembro de 1987, envolvendo a destruição inapropriada de material médico abandonado com fontes de céσιο.

Tal como no modelo perito, os socorristas categorizaram os efeitos biológicos da radiação ionizante em efeitos de curto prazo e de longo prazo, dependendo da dose.

Alguns socorristas identificaram dúvidas específicas em relação ao risco radiológico que persistem apesar do treino. Estas incluem preocupações sobre como conter a contaminação radiológica, porque é que há fontes que emitem radiação apenas numa determinada direção, e se a pessoa exposta à radiação se pode tornar uma fonte. Estas dúvidas foram categorizadas, no modelo mental dos socorristas, sob o tópico da exposição.

Ambos os grupos, bombeiros e militares, mencionaram o Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica (LPSR) do Campus Tecnológico e Nuclear (CTN), do Instituto Superior Técnico, e a APA como as principais entidades nacionais onde recebem formação. Consideram que há uma relação institucional excelente e duradoura entre ambas as entidades, bem como entre estas entidades e as entidades dos socorristas. É interessante notar que o modelo mental dos socorristas inclui esta sensação de confiança nas instituições e nos seus especialistas, os quais estão dedicados à área de proteção radiológica, um aspeto que não está presente no modelo mental perito.

Quando questionados sobre a comunicação acerca do tema das fontes e os efeitos da exposição, os socorristas consideram que o público deve saber que a radiação ionizante existe no ambiente e todos estamos naturalmente expostos a ela. A principal mensagem que transmitiriam ao público seria que há limites de exposição à radiação e exposição a níveis muito elevados será sempre danosa.

Na secção seguinte, a perceção de risco radiológico será apresentada separadamente para cada um dos socorristas bombeiros e militares entrevistados.

4.2.4.2.1. Perceção do risco radiológico dos bombeiros

As áreas com que os bombeiros mais lidam são acidentes com camiões, choques em cadeia, fogos rurais e urbanos. Apesar da maior parte dos bombeiros entrevistados sentir que está suficientemente preparado para responder em caso de emergência radiológica ou nuclear e que têm os meios necessários para o fazer, também expressaram a necessidade de formação adicional. A diretora da Escola Nacional de Bombeiros tem uma opinião diferente e muito menos positiva: considera que os bombeiros e o público, a comunidade científica em geral, presidentes de câmara e pessoas responsáveis pela proteção civil aos vários níveis, estão muito mal preparados para lidar com uma emergência radiológica ou nuclear. A sua maior preocupação é a possibilidade da deteção precoce falhar. Qualquer atraso na deteção e comunicação da emergência resultará em consequências mais sérias. O aumento do atraso no alerta ao público vai ter um impacto na preparação da resposta por parte das equipas e do público em geral.

Para o bombeiro chefe entrevistado, a ameaça radiológica que suscita maior preocupação aos bombeiros são edifícios equipados com detetores de fumo que contenham amerício-241 radioativo. Quando ocorre um incêndio num edifício, as partículas radioativas podem libertar-se e ser inaladas por pessoas que se encontrem no edifício ou pelas que prestem socorro no local. O seu conselho é utilizar sempre máscara respiratória como proteção.

Segundo o comandante da mesma companhia, a principal evolução na perceção do risco radiológico, no meio militar, deu-se por volta de 2005, quando a área da defesa química, biológica e nuclear integrou também a defesa radiológica. O risco com que se lida é não “só” bombas nucleares e as doses muito elevadas que se seguem, mas também as doses baixas das “bombas sujas” ou doses de fontes radioativas. Referiu também que em caso de contaminação, é preciso lidar com todos os tipos de poeira: “há procedimentos definidos para a

descontaminação. O mais básico é deixar a maior parte da contaminação no local. Despir, tomar banho e depois ser visto por um médico. É um procedimento onde a pessoa entra, de um lado, contaminada e sai, do outro lado, o mais descontaminada possível”.

4.2.4.2.2. Percepção do risco radiológico dos militares

Todos os militares entrevistados receberam formação para ameaças NBQR durante o curso de engenharia militar, nomeadamente para prever áreas contaminadas segundo o preditor da NATO para poeiras radioativas. Não obstante, tal como sublinhado pelo major responsável pela defesa NBQR no Comando de Forças Terrestres, “apesar de seguirmos e tentarmos compreender qual é a situação, a avaliação do risco radiológico não está nas competências das Forças Armadas”. Quando questionado sobre o que o público deveria fazer no caso de uma emergência, o major sublinhou a importância de ficar em casa ou encontrar uma infraestrutura com espessura suficiente para proteger da radiação. Iria também depender do local da fonte, o ponto de origem de onde a radiação está a ser emitida e a direção do vento. Se possível, o público devia deixar esse local e evitar a direção principal da contaminação.

Na opinião do major, os riscos radiológicos mais prováveis no contexto civil são o transporte de fontes radioativas e a exposição ocupacional nos hospitais.

Há um exercício, organizado anualmente pelos militares, que envolve todas as entidades com atribuições para responder em caso de emergências NBQR. Os militares consideram este exercício como a oportunidade *par excellence* para testar equipamento, bem como para familiarizarem-se com socorristas e peritos de outras entidades. É também visto como o contexto mais importante para colocar em prática o que sabem na teoria, bem como para treinar as relações entre todas as entidades envolvidas e clarificar o papel dos militares em caso de emergência NBQR a nível nacional.

Os militares identificaram os tipos de radiação que existem: partículas alfa, partículas beta, raios gama, raios X e neutrões. Foram também mencionadas a capacidade de ionização e a de penetração. Tal como o sargento do Comando de Forças Terrestres descreveu:

“As partículas alfa são as mais ionizantes, mas também são partículas maiores, propagam-se num espaço mais curto a partir do seu ponto de origem. Depois temos as radiações beta que já são menos ionizantes. São partículas mais pequenas. Depois temos as radiações gama que são energia pura. Podemos falar da semi-espessura, que é a forma como elas atravessam os materiais. A escala aí é inversa. As mais ionizantes, neste caso as alfa, são aquelas que vão

ser menos penetrantes. As beta são um bocadinho mais penetrantes e as gama são as mais penetrantes.”

Na opinião do sargento, de todas as ameaças NBQR, as ameaças radiológicas são as que lhe são mais familiares. Recentemente, recebeu formação e participou no transporte de combustível irradiado do Reator Português de Investigação que está já desativado. Para o sargento, as ameaças biológicas são as menos familiares e as mais assustadoras. As Forças Armadas têm laboratórios que os apoiam nas questões biológicas e químicas. Para as questões radiológicas, trabalham com entidades civis tais como a APA e o CTN. Todos os militares entrevistados sentem que essa cooperação é fundamental para a validação do trabalho que fazem nesta área.

Em caso de acidente nuclear na central nuclear mais próxima do território nacional, e contrariamente à perceção da diretora da Escola Nacional de Bombeiros, a perceção do sargento é que a população terá tempo para se preparar para a emergência ou, se necessário, evacuar a tempo. Tal aplicar-se-ia à população que vive mais próximo da zona costeira (a cerca de 440 Km do local). Provavelmente não seria o caso para os cidadãos espanhóis que vivem perto da central.

Para o anterior capitão do grupo especializado em defesa NBQR, do Regimento de Engenharia Militar, a interação com peritos do CTN e da APA tem sido muito gratificante. Para além dos seus próprios estudos e investigação, sente que muito do conhecimento que adquiriu sobre proteção e segurança radiológica foi através destas entidades. Nas suas palavras: “sinto que cada vez que estou com estas pessoas, que fazem disto a vida delas e que estudam isto todos os dias, e converso com elas, sinto-me a aprender um bocadinho mais”.

O atual capitão do grupo especializado em defesa NBQR mencionou que para além da parte teórica – saber como calcular zonas contaminadas e o que é a radiação ionizante – foi quando lhe foi atribuído o presente cargo, liderar uma divisão de defesa NBQR, que aprendeu elementos práticos das suas funções, tais como utilizar instrumentos de monitorização e medir níveis de radiação.

Em termos de proteção radiológica, o capitão revelou que os fatos do exército com filtros de carbono ativado protegem-nos parcialmente, mas não completamente. Se estiverem a lidar com neutrões ou raios gama, nesse caso os fatos são inúteis. Para a proteção do público, no caso de uma emergência radiológica ou nuclear, o capitão reconhece não saber que mais pode a população fazer senão ficar tão longe quanto possível do local do acidente.

Os militares consideram que o treino militar que receberam permitiu-lhes desenvolver competências tanto de combate como de defesa e saber, por exemplo, como recolher amostras para análise laboratorial. Em geral, a perceção dos militares entrevistados é a de que estão preparados e têm o equipamento necessário para responder a uma emergência radiológica ou nuclear. No entanto, sublinharam a necessidade que têm, no Exército, de formação contínua e de exercícios, principalmente devido à rotatividade dos postos de trabalho.

4.2.4. Conclusões

Este trabalho pretende dar uma primeira nota sobre o enquadramento das perceções, de peritos e socorristas, acerca dos perigos e riscos da radiação ionizante, em Portugal, atualmente. Apesar de existirem diversas sobreposições, entre peritos e socorristas, na compreensão dos riscos radiológicos, as lacunas identificadas, no que respeita à contaminação, podem ter impacto na resposta à emergência ao inibir, ou afetar, uma ação apropriada, através do medo. Desta forma, o estudo contribui também para identificar a educação, formação e informação relativas à proteção radiológica destes profissionais. Estas áreas carecem de definição e seguimento para uma melhor avaliação de risco, bem como para promover a preparação para a resposta e mitigar o impacto de uma emergência radiológico ou nuclear.

É importante envolver peritos e socorristas na gestão de um risco que, apesar de raro, é complexo, potencialmente sempre presente, e partilha atributos específicos com outros incidentes NBQR. Estes atributos incluem a capacidade da contaminação atravessar fronteiras e requerem um exercício permanente para fortalecer respostas coordenadas.

A mais recente pandemia (SARS-CoV-2) fez com que as pessoas ficassem mais conscientes para comportamentos básicos que também são fundamentais para mitigar as ameaças NBQR – ficar em casa, estar informado - mas para as ameaças radiológicas e nucleares, em particular, a prontidão em detetar a emergência e em comunicá-la ao público é o fator crítico para prevenir exposição a doses elevadas de radiação e as suas consequências a curto e longo prazo. Uma compreensão clara do risco radiológico é também determinante para dissipar mitos e prevenir efeitos psicológicos e sociais. Por exemplo, ao contrário de uma epidemia, a radiação ionizante não é contagiosa. As emergências radiológicas e nucleares não se propagam ou multiplicam por contágio, aumentando através deste. O vetor de propagação existe no risco radiológico, mas não o fator de multiplicação das doenças contagiosas. Numa emergência nuclear, radiológica ou química, o agente espalha-se, mas não se multiplica, na verdade, geralmente,

enquanto se dispersa, até enfraquece. Contudo, face à natureza particular de uma emergência radiológica e nuclear, ao contrário de uma emergência química, a contaminação do local onde um incidente ou acidente radiológico ou nuclear ocorreu pode durar centenas de anos, tornando o local inabitável. Para a população que vivia em Chernobyl e Fukushima, na altura do acidente na central nuclear, uma das questões principais foi a necessidade de evacuar e realojar sem que as pessoas tivessem tido qualquer preparação para isso, resultando numa sobrecarga psicológica significativa.

A abordagem dos modelos mentais permitiu expor as semelhanças e diferenças – das perceções dos perigos e riscos das radiações ionizantes e materiais radioativos – entre peritos e socorristas. Os resultados indicam que as perceções de risco dos socorristas e peritos são semelhantes, no sentido em que ambos os grupos consideram vários tipos de riscos radiológicos com diferentes probabilidades de ocorrer, dependendo da situação, e com vários efeitos, consoante a dose. Os resultados deste estudo exploratório mostram também que a informação que os peritos consideram mais relevante, acerca dos riscos da radiação ionizante, não corresponde inteiramente à informação que os socorristas identificam enquanto a mais relevante para responder a uma emergência. As dúvidas apresentadas pelos socorristas no que respeita a contaminação não encontram um equivalente, ou resposta, no modelo perito.

É amplamente reconhecido que a especificidade das contaminações radiológicas, e raridade das emergências radiológicas ou nucleares, exigem um treino constante por parte dos socorristas sobre como atuar. O conhecimento ganho: i) dá-nos uma perspetiva sobre o estado atual das perceções de perigo e risco destes profissionais; ii) ajuda a identificar diferentes formas para melhor apoiar a preparação do socorrista perante uma emergência radiológica ou nuclear; e iii) irá permitir realçar uma melhor comunicação entre peritos, socorristas, os primeiros a intervir e o público em geral.

Apesar de não estar no âmbito da presente investigação, seria importante, no futuro, estudar a perceção dos socorristas relativamente à disponibilidade de recursos necessários para uma resposta eficaz no caso de uma emergência radiológica ou nuclear. A escassez de recursos técnicos e materiais, por exemplo, foi notória em todos os países afetados pela pandemia de Covid-19, até mesmo países com serviços nacionais de saúde com padrões muito elevados. Poderá o mesmo acontecer em caso de emergência radiológica ou nuclear? Finalmente, seria também interessante estudar a perceção de risco radiológico de socorristas acidentais, e.g. aqueles que estão menos treinados nestas questões, mas que podem por vezes ser chamados a intervir, e daí a importância da sua capacidade para ajudar eficazmente em caso de emergência.

Conclusões

O principal objetivo deste trabalho – retratar a génese e evolução da perceção do risco radiológico em Portugal – foi atingido através da integração de abordagens da história da ciência. Especificamente, ao longo da investigação, foram:

- pesquisadas fontes documentais que permitiram construir o retrato histórico do início da perceção do risco radiológico durante as descobertas ligadas às radiações ionizantes;
- realizadas entrevistas a profissionais especialistas na área do risco radiológico que possibilitaram o retrato atual da perceção do risco radiológico;
- recolhidos testemunhos junto de antigos trabalhadores expostos às radiações ionizantes que proporcionaram uma breve historiografia da evolução da perceção do risco radiológico, em diferentes áreas em Portugal;
- analisados e apresentados os dados à comunidade científica, em encontros da especialidade.

A originalidade dos resultados relativos ao estado atual da perceção do risco radiológico em peritos e socorristas portugueses mereceu a publicação de um artigo numa revista científica de proteção radiológica. Antevê-se, igualmente, a publicação dos dados recolhidos no âmbito das radiações ionizantes e a perceção do risco radiológico retratados na imprensa portuguesa, numa revista de história da ciência.

A noção geral sobre a evolução da perceção do risco radiológico é muitas vezes descrita através de períodos delimitados no tempo. Ao momento da descoberta das radiações ionizantes segue-se um período de fascínio, seja sobre as potencialidades de tratamento médico dos raios X, do rádio, de águas termais radioativas, seja sobre outras finalidades que foram sendo encontradas para estas formas de energia. A perceção do risco radiológico existe também desde este período, mas é restrita a alguns peritos, que invariavelmente encontraram mais benefícios que riscos nas aplicações pacíficas das radiações.

Depois do fascínio inicial com a radiação ionizante, encarada como a eternamente ansiada fonte de juventude e cura de todos os males, período balizado pelas duas guerras mundiais, a sociedade deparou-se com acidentes e catástrofes radiológicas que levaram a uma mudança generalizada na perceção do risco radiológico, tendo os efeitos nocivos deste fenómeno alcançado o seu expoente máximo nas consequências que se seguiram ao lançamento de duas bombas atómicas em Hiroshima e Nagasaki, no Japão, em agosto de 1945 e no acidente nuclear de Chernobyl em abril de 1986.

A presente investigação permitiu aprofundar esta noção geral e descrever algumas idiossincrasias da percepção do risco radiológico em áreas específicas das ciências e tecnologias nucleares. Foi possível caracterizar a percepção do risco radiológico em Portugal desde a descoberta dos raios X até à atualidade, sendo que a mesma seguiu e segue a tendência dos restantes países europeus. Desta forma, logo depois de Roentgen divulgar a descoberta dos raios X, Teixeira Bastos replicava a descoberta no gabinete de física da Universidade de Coimbra com a realização das primeiras radiografias em Portugal. Augusto Bobone e Virgílio Machado prosseguiram semelhante objetivo em Lisboa. As substâncias radioativas despertaram também grande interesse por parte da comunidade científica portuguesa, tendo a percepção do risco surgido de forma progressiva, acompanhada a par e passo com a cultura de proteção radiológica e medidas legislativas para garantir a implementação dessa cultura. Atualmente, os peritos trabalham em organizações internacionais, como o ICRP, a UNSCEAR e a IAEA, que promovem o conhecimento partilhado acerca do risco radiológico. A legislação adotada por Portugal obedece igualmente às diretivas europeias que, por sua vez, estão fortemente enraizadas no conhecimento científico das organizações internacionais.

Identificou-se o encadeamento de acontecimentos da ciência que deram origem às descobertas das radiações ionizantes e suas aplicações, a rapidez da propagação das notícias, da descoberta dos raios X e potenciais aplicações, que chegaram numa questão de dias aos quatro cantos do planeta e, assim, a Portugal. Também em Portugal a percepção do risco radiológico principiou desde logo por parte dos que sentiram os efeitos nocivos em si próprios, principalmente os investigadores e médicos que começaram a explorar as potencialidades das radiações ionizantes. Porém, a comunidade científica portuguesa não foi alheia ao espírito de entusiasmo inicial, com o conseqüente atraso na adoção de cautelas e percepção dos riscos.

As primeiras tentativas de estudo do risco radiológico foram então contemporâneas das primeiras aplicações das radiações. Não obstante, o tempo necessário ao desenvolvimento da ciência de proteção radiológica e as medidas legislativas para colocar em prática os conhecimentos alcançados por esta ciência, levaram a que também em Portugal não fosse possível evitar vítimas e mártires da ciência, tal como revelam as notícias na imprensa portuguesa e os trabalhos científicos produzidos durante o final do século XIX e meados do século XX. Para além disso, a legislação nacional foi acompanhando, com alguma morosidade em comparação com outros países, o progresso da ciência no que respeita o risco radiológico. Seria importante, como trabalho futuro, analisar os motivos que levaram à morosidade na adoção das diretivas europeias.

Os estudos de caso construídos a partir da recolha de testemunhos de antigos trabalhadores expostos ao risco radiológico, também enquadrados com referências bibliográficas em áreas distintas das radiações ionizantes, permitiram traçar o panorama da evolução da perceção do risco radiológico em Portugal em campos como a utilização dos raios X para fins de diagnóstico médico, o trabalho de proteção e segurança radiológica e a atividade mineira de extração de urânio. O confronto enquadrado com a resposta legislativa nestas áreas, permitiu concluir que os diplomas legais foram acompanhando o conhecimento científico acerca das radiações ionizantes, mas com um reflexo mais tardio na perceção do risco dos trabalhadores expostos.

A aplicação da metodologia dos modelos mentais à análise dos conceitos e perceções do risco radiológico – baseada na realização de entrevistas a peritos e socorristas (bombeiros e militares) – permitiu concluir que há uma sobreposição entre os grupos de peritos e socorristas especializados que deve ser mantida e fomentada para garantir uma resposta eficaz em caso de emergência nuclear ou radiológica, bem como reforçar a informação sobre contaminação radiológica, sentida como mais necessária por parte dos socorristas.

Por fim, deve realçar-se que os trabalhos desenvolvidos no decurso da investigação permitiram identificar elementos necessários para a comunicação do risco face a uma situação de emergência radiológica em Portugal e contribuir para a eficácia da resposta à emergência. Ficou patente que a promoção do conhecimento da história do risco radiológico, sendo esta intrinsecamente interdisciplinar, é uma mais-valia para o desenvolvimento de uma melhor comunicação, pois esta só é possível a partir de uma clara definição dos conceitos envolvidos e de um entendimento comum acerca dos fenómenos e unidades de medida envolvidas.

Comunicações em encontros científicos

Ana Rita Melo, Isabel Malaquias, Rui M. C. da Silva, Maria Manuel Meruje. *Origem e evolução de um conceito científico: o risco radiológico*. 6.º Encontro Nacional de História das Ciências e da Tecnologia - Perspetivas Cruzadas na Construção do Conhecimento. Organizado pelo Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia. *Campus* da Caparica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Costa da Caparica, Portugal. 9 e 11 de julho de 2018.

Ana Rita Melo, Décio R. Martins, Rui M. C. da Silva e José Manuel Palma-Oliveira. *História da percepção do risco radiológico*. FÍSICA 2018 – 21ª Conferência Nacional de Física e 28º Encontro Ibérico para o Ensino da Física. Organizado pela Sociedade Portuguesa de Física. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal. 29 de agosto a 1 de setembro de 2018.

Ana Rita Melo, Décio R. Martins, Rui M. C. da Silva, Maria Manuel Meruje, José M. Palma-Oliveira. *Learning from the past: A theoretical analysis of the radiation risk history or how common sense and ideology can prevent adequate risk management*. Simpósio Internacional da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) sobre comunicação de emergências nucleares e radiológicas ao público. Organizado pela IAEA, Viena, Áustria. 1 a 5 de outubro de 2018.

Ana Rita Melo, Décio R. Martins, Rui M. C. da Silva, José M. Palma-Oliveira. *Perception of Radiological Risk Mental Models in the Portuguese Context*. Conferência Internacional Ricomet 2019 – Ciências Sociais e Humanidades na Investigação da Radiação Ionizante. Organizado por *Belgian Nuclear Research Centre (SCK-CEN)* e *Barcelona Institute for Global Health (ISGlobal)*. Barcelona Biomedical Research Park, Barcelona, Espanha. 1 a 3 de julho de 2019.

Ana Rita Melo, Décio R. Martins, Rui M. C. da Silva, José M. Palma-Oliveira. *The Slow Appearance of Radiation Risk Perception*. Reunião Anual 2019 da *History of Science Society*. Organizado por *Descartes Centre for the History and Philosophy of the Sciences* e o Departamento de Humanidades da Universidade de Utreque, Utreque, Holanda. 23 a 27 de julho de 2019.

Ana Rita Melo, Décio R. Martins, Rui M. C. da Silva, José M. Palma-Oliveira. *Radiological Risk Perception: past and present*. Segunda Reunião Anual da Sociedade de

Análise de Risco, Europa, Grupo Ibérico – Compromisso dos cidadãos na governação do risco: da inação à codificação. Organizado por Instituto de Investigação Interdisciplinar e Observatório do Risco /Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. 5 e 6 de setembro de 2019.

Referências bibliográficas

- A cura de todos os males numa garrafa de água radioactiva.* (n.d.). <https://rr.sapo.pt/termas-radium/>
- A photographia atravez dos corpos opacos. (1896, March 1). *O Seculo*.
- A Photographia atravez dos corpos opacos. (1896, March 25). *Occidente*.
- A victoria da alchimia – a fabricação de pedras preciosas – Os prodigios operados pelo radio. (1908, August 20). *Diário Dos Açores*, 1–2. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.cihct.org/entrada.php?id=2406>
- Adloff, J.-P. (2011). A Short History of Polonium and Radium. *Chemistry International -- Newsmagazine for IUPAC*, 33(1), 20–23. <https://doi.org/10.1515/ci.2011.33.1.20>
- Althaus, C. E. (2005). A Disciplinary Perspective on the Epistemological Status of Risk. *Risk Analysis*, 25(3), 567–588. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00625.x>
- Alves, J. G., Martins, M. B., & Amaral, E. M. (1998). *Occupational Radiation doses in Portugal from 1994 to 1998*.
- Araújo, A. (2009, February 9). Mineiros da Urgeiriça retomaram os protestos. *Diário de Notícias*. <https://www.dn.pt/portugal/mineiros-da-urgeirica-retomaram-os-protestos-1139801.html>
- Arruda, W. O. (1996). Wilhelm Conrad Röntgen: 100 years of X-rays discovery. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 54(3), 525–531. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1996000300027>
- As Experiencias do Raio X no Salão Edison na Feira d'Alcantara. (1905, May 15). *Ilustração Portuguesa*, 445. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.cihct.org/entrada.php?id=2091>
- Assmus, A. (1995). Early History of X Rays. *Beam Line*, 25(2), 10–24. <http://www.slac.stanford.edu/pubs/beamline/25/2/25-2-assmus.pdf>

- Autoridade Nacional de Protecção Civil. (2009). *Manual de Intervenção em Emergências Radiológicas* (Autoridade Nacional de Protecção Civil / Direcção Nacional de Planeamento de Emergência (Ed.)). http://www.prociv.pt/bk/Documents/CTP8_www.pdf
- Autoridade Nacional de Protecção Civil. (2010). *Directiva Operacional Nacional Nº 3 – NRBQ*. www.prociv.pt
- Avery, S. (2015). “A New Kind of Rays”: Gothic Fears, Cultural Anxieties and the Discovery of X-rays in the 1890s. *Gothic Studies*, 17(1), 61–75. <https://doi.org/10.7227/GS.17.1.5>
- Basto, E. L. (1955). O Pavilhão dos Isótopos do Instituto Português de Oncologia. In *Separata do Jornal do Médico: Vol. XXVI* (Issue 633, pp. 669–672).
- Baucher, M.-A., Kearns, P., Gyenes, Z., Heraty Wood, M., Baubion, C., Gamper, C., Radisch, J., Girgin, S., Krausmann, E., Necci, A., Guzman, O., & Milligan, P. A. (2018). Towards an All-Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response Lessons Learnt from Non-Nuclear Events (NEA--7308). In *Nuclear Energy Agency of the OECD (NEA)*. <https://doi.org/10.1787/9789264289031-en>
- Becquerel, H. (1896). Sur les radiations émises par phosphorescence. *Comptes Rendus Hebdomadaires Des Séances de l'Académie Des Sciences / Publiés... Par MM. Les Secrétaires Perpétuels*. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k30780/f422.item.zoom>
- Bernstein, P. L. (1998). *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. Wiley.
- Bethencourt Ferreira, J. (1920, March 3). Folhetim / Actualidades Scientificas / O cinematógrafo pelos raios X (Cineradiografia). *Diário de Notícias*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2304>
- Bettencourt Ferreira, J. (1905, November 21). Chronica scientifica / A descoberta de Roentgen – Ao raios X e os estudos sobre a luz – A radiologia – Importancia das radiações em therapeutica – A força curativa da luz – As experiencias de Finsen – A cura do cancro e do lupus pela phototherapie – Luz q. *Diário de Notícias*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2171>
- Bettencourt Ferreira, J. (1908a, November). Actualidades - Aguas thermaes – As tentativas para explicar os seus efeitos curativos – A descoberta da radio-actividade das aguas mineraes – Acção dos corpos radio-activos no organismo – Aplicações therapeuticas – Recentes investigações ácerca dos gazes. *Diário Dos Açores*, 1–2.
- Bettencourt Ferreira, J. (1908b, November 24). Actualidades - Aguas thermaes – As tentativas

para explicar os seus efeitos curativos – A descoberta da radio-actividade das aguas mineraes – Acção dos corpos radio-activos no organismo – Aplicações therapeuticas – Recentes investigações ácerca dos gazes. *Diário Dos Açores*, 1–2. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=2678>

Brandl, A., & Tschurlovits, M. (2020). ‘Why’ transforms information transfer into effective communication in radiological protection. *Journal of Radiological Protection*, 40(1), 327–336. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab5d9b>

Breuer, J., & Freud, S. (1895). *Studien über Hysterie*. Franz Deuticke. https://de.wikipedia.org/wiki/Studien_über_Hysterie

Calamai, F., Derkenne, C., Jost, D., Travers, S., Klein, I., Bertho, K., Dorandeu, F., Bignand, M., & Prunet, B. (2019). The chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) chain of survival: a new pragmatic and didactic tool used by Paris Fire Brigade. *Critical Care*, 23(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2364-2>

Campi – Técnico Lisboa. (n.d.). <https://tecnico.ulisboa.pt/pt/sobre-o-tecnico/campi/>

Carr, Z., Maeda, M., Oughton, D., & Weiss, W. (2018). Non-Radiological Impact of a Nuclear Emergency: Preparedness and Response with the Focus on Health. *Radiation Protection Dosimetry*, 182(1), 112–119. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy163>

Carvalho, F. P. (1995). 210Pb and 210Po in sediments and suspended matter in the Tagus estuary, Portugal. Local enhancement of natural levels by wastes from phosphate ore processing industry. *The Science of the Total Environment*, 159, 201–214.

Casos e notas - O raio X e as ostras. (1908, March 6). *Diário Dos Açores*, 1.

Castaño, D. (2011). O Aliado Fiel. As negociações para o acordo de exploração e exportação de urânio de 1949. *Ler História*, 60, 133–150. <https://doi.org/10.4000/lerhistoria.1524>

Chilcott, R. P., Lerner, J., & Matar, H. (2019). UK’s initial operational response and specialist operational response to CBRN and HazMat incidents: A primer on decontamination protocols for healthcare professionals. In *Emergency Medicine Journal* (Vol. 36, Issue 2, pp. 117–123). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/emermed-2018-207562>

Clarke, R. H., & Valentin, J. (2009). The History of ICRP and the Evolution of its Policies. *Annals of the ICRP*, 39(1), 75–110. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2009.07.009>

Coates, R. (2014). Radiation protection: where are we after Fukushima? *Journal of*

- Radiological Protection*, 34(4), E13–E16. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/34/4/E13>
- Codman, E. A. (1902). A study of the cases of accidental X-ray burns hitherto recorded. *The Philadelphia Medical Journal*, 438–442, 499–503. <https://archive.org/details/101648550.nlm.nih.gov>
- Correia, M. (2006). *Egas Moniz e o Prémio Nobel. Enigmas, paradoxos e segredos*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Crowther, J. A. (1945). Röntgen Centenary and Fifty Years of X-Rays. *Nature*, 155(3934), 351–353. <https://doi.org/10.1038/155351a0>
- Curie, M. (1898). Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium. *Comptes Rendus Hebdomadaires Des Séances de l'Académie Des Sciences*, 126, 1101–1103. https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Curie/Curie_pdf/CR1898_p1101.pdf
- Curie, M. (1904). *Recherches sur les substances radioactives*. [Faculté des Sciences de Paris]. https://www.irphe.fr/~clanet/otherpaperfile/articles/MarieCurie/N0062483_PDF_1_160.pdf
- Curie, M., & Iman. (1907, September 27). Revista Scientifica - As modernas theorias relativas à electricidade e à matéria. *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=331>
- Curie, P., & Sklodowska-Curie, M. (1898). Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 127, 175–178.
- Curie, Pierre. (1905). Radioactive substances, especially radium. In *Sciences-New York* (pp. 73–78). NobelPrize.org. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/pierre-curie/lecture/>
- Curie, Pierre, & Becquerel, H. (1901). *Action physiologique des rayons du radium*. 132, 1289–1291.
- Curie, Pierre, Curie, M., & Bémont, G. (1898). Sur une nouvelle substance fortement radio-active contenue dans la pechblende. *Comptes Rendus*, 127, 1215–1217.
- Curie, Pierre, & Laborde, A. (1906). Sur la radioactivité des gaz qui proviennent de l'eau des sources thermales. *Comptes Rendus Hebdomadaires Des Séances de l'Académie Des Sciences*, 1462–1465. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3096x>
- Dam, H. J. W. (1896). The New Marvel in Photography. *McClure's Magazine*, 403–415.

<https://www.gutenberg.org/files/14663/14663-h/14663-h.htm>

Davis, A. (2016). *How Marie Curie Helped Save a Million Soldiers During World War I*. IEEE Spectrum.

Decreto-Lei 39 580 de 29 Março, 383 (1954). <https://dre.tretas.org/dre/285064/decreto-lei-39580-de-29-de-marco>

Decreto-Lei n. 41995, 1352 (1958). <https://dre.pt/application/file/341077>

Decreto-Lei n. 44 060 de 25 de novembro, 1478 (1961).

Decreto n.º 19508, 499 (1931).

Decreto n.º 434/73, 1512 (1973). https://dre.tretas.org/dre/54149/decreto-434-73-de-25-de-agosto#out_links

Decreto Regulamentar n.º 12/80, 907 (1980). [https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/475327/details/normal?q=Decreto+Regulamentar+n.º 12%2F80%2Cde+8+de+Maio](https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/475327/details/normal?q=Decreto+Regulamentar+n%C3%B0+12%2F80%2Cde+8+de+Maio)

Decreto Regulamentar n.º 6/2001, 2613 (2001). <https://data.dre.pt/eli/decregul/6/2001/05/05/p/dre/pt/html>

Decreto Regulamentar n.º 76/2007, 4499 (2007). <https://dre.pt/pesquisa/-/search/636180/details/maximized>

Descoberta importante. (1896a, January 27). *Novidades*.

Descoberta importante. (1896b, January 28). *Novidades*.

Descobertas Recentes. (1905, January 18). *Commercio Do Porto*. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=120>

Dicionário infopédia da Língua Portuguesa. (2020). *raios X*. Porto Editora. [https://www.infopedia.pt/\\$raios-x?uri=lingua-portuguesa](https://www.infopedia.pt/$raios-x?uri=lingua-portuguesa)

Dommann, M. (2006). From danger to risk: the perception and regulation of X-rays in Switzerland, 1896-1970. In *The risks of medical innovation: risk perception and assessment in historical context*. (pp. 93–115). Routledge.

Douet, M., & Rose, M. (2012). *Les “années folles” du radium contaminent toujours Paris*. BFMTV. https://www.bfmtv.com/societe/les-annees-folles-du-radium-contaminent-toujours-paris_AN-201207160031.html

- Dunlap, O. E. (1896). Editorial: Deleterious Effects Of X-Rays On The Human Body. *Electrical Review*, 78–78.
- Dunster, H. J., & Mclean A. S. (1970). The Use of Risk Estimates in Setting and Using Radiation Protection Standards. In Health Physics (Ed.), *Second International Congress of the International Radiation Protection Association* (pp. 55–56). Pergamon Press. http://www.irpa.net/members/OCR_IRPA_2_Proceedings.pdf
- Edison fears hidden perils of x rays. (1902, August 3). *The New York World*. <https://newspaperarchive.com/new-york-world-aug-03-1903-p-1/>
- Elias, M. D. M. T., & Teixeira, M. M. G. R. (1979). *Contribuição para o estudo da poluição radioactiva em regiões uraníferas, 1975-1976*.
- Ex-trabalhadores das minas de urânio da Urgeiriça fazem vigília de protesto. (2020, June 18). *Notícias de Viseu*. <https://www.noticiasde viseu.com/ex-trabalhadores-das-minas-de-uranio-da-urgeirica-fazem-vigilia-de-protesto/>
- Fara, P. (2013). *Ciência 4000 Anos de História*. Livros Horizonte.
- Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S., & Combs, B. (1978). How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences*, 9(2), 127–152. <https://doi.org/10.1007/BF00143739>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Civil Aviation Organization International Labour Organization, International Maritime Organization, Interpol, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, United Nations Environment Programme, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, World Health Organization, & World Meteorological Organization. (2015). *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7*. IAEA. <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency>
- Ford, B. J. (2016). *The Burning Question: Early U.S. Radiology and X-Ray Burns, 1896-1904*. https://digitalcommons.salemstate.edu/graduate_theses/21
- Fournier, P. (1999). Hasard ou mémoire dans la découverte de la radioactivité ?/Chance or memory in the discovery of radio-activity? *Revue d'histoire Des Sciences*, 52(1), 51–80.

<https://doi.org/10.3406/rhs.1999.1343>

- Fox-Glassman, K. T., & Weber, E. U. (2016). What makes risk acceptable? Revisiting the 1978 psychological dimensions of perceptions of technological risks. *Journal of Mathematical Psychology*, 75, 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2016.05.003>
- Garcia, L. (2019). *Para além do fim das minas de urânio em Portugal*. Associação dos Ex-Trabalhadores das Minas do Urânio.
- Gentil, F. (1936). Sobre cancro do útero e radioterapia. *Separata Da Imprensa Médica*, 19.
- González, A. J. (2019). *The Concept of Radiation Risk. Paper prepared for the 2nd NEA Workshop on Stakeholder Involvement: Risk Communication. 24-26 September*. NEA(OECD)'s Committee on Radiological Protection and Public Health.
- González, A. J., Akashi, M., Boice, J. D., Chino, M., Homma, T., Ishigure, N., Kai, M., Kusumi, S., Lee, J.-K. K., Menzel, H.-G. G., Niwa, O., Sakai, K., Weiss, W., Yamashita, S., Yonekura, Y., Boice Jr, J. D., Chino, M., Homma, T., Ishigure, N., ... Yonekura, Y. (2013). Radiological protection issues arising during and after the Fukushima nuclear reactor accident. *Journal of Radiological Protection : Official Journal of the Society for Radiological Protection*, 33(3), 497–571. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/33/3/497>
- Hasegawa, A., Tanigawa, K., Ohtsuru, A., Yabe, H., Maeda, M., Shigemura, J., Ohira, T., Tominaga, T., Akashi, M., Hirohashi, N., Ishikawa, T., Kamiya, K., Shibuya, K., Yamashita, S., & Chhem, R. K. (2015). Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. In *The Lancet* (Vol. 386, Issue 9992, pp. 479–488). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)61106-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61106-0)
- Health Physics Society. (2017). *SP001-1 Radiation and Risk: Expert Perspectives, revised 2017*. Health Physics Society.
- Hendee, W. R. (1991). Personal and public perceptions of radiation risks. *RadioGraphics*, 11(6), 1109–1119. <https://doi.org/10.1148/radiographics.11.6.1749852>
- Hentschel, K. (2018). *Photons. The History and Mental Models of Light Quanta*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95252-9>
- Hoffer, W. (1987). A magic ratio recurs throughout art and nature. *IEEE Transactions on Professional Communication*, PC-30(2), 77–81. <https://doi.org/10.1109/TPC.1987.6449043>

- Hospitais Civis de Lisboa: a importância de preservar as memórias das organizações.* (2018). <https://justnews.pt/noticias/hospitais-civis-de-lisboa-a-importancia-de-preservar-as-memrias-das-organizaes#.X-dLvy211QI>
- IAEA. (1994). Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk. *International Conference on Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk*. <https://www.iaea.org/publications/5115/radiation-and-society-comprehending-radiation-risk-vol-1-proceedings-of-an-international-conference-held-in-paris-24-28-october-1994>
- IAEA. (2006). *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*. Emergency Preparedness and Response, IAEA.
- IAEA. (2018). *Report on International Symposium on Communicating Nuclear and Radiological Emergencies to the Public*. <https://www.iaea.org/sites/default/files/19/01/cn-265-report.pdf>
- IAEA. (2019). *IAEA Safety Glossary: 2018 Edition*. <https://www.iaea.org/publications/11098/iaea-safety-glossary-2018-edition>
- Ilustração Portuguesa. (1905, November 27). *Um Phenomeno de Radio Actividade: As luzes de Santa Cruz, alguns aspectos luminosos*. 890. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2454>
- Impressões e notas - Martyr da sciencia. (1909, January 29). *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2873>
- Impressões e notas - Victima dos raios X. (1909, December 6). *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=3168>
- Inkret, W. C., Meinhold, C. B., & Taschner, J. C. (1995). Protection Standards. *Los Alamos Science*, 23, 166–123. <https://fas.org/sgp/othergov/doe/lanl/00326631.pdf>
- Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. (2018). *Museu da Saúde: “Do Real Hospital de Todos-os-Santos ao Hospital São José.”* <http://www.insa.min-saude.pt/museu-da-saude-do-real-hospital-de-todos-os-santos-ao-hospital-sao-jose/>
- Jorge, H. M., & Costa, C. J. M. (2001). *O Reactor Português de Investigação no panorama científico e tecnológico nacional 1959-1999. Contributo para a história e análise de valia dos laboratórios do Estado*. Ministério da Ciência e da Tecnologia, Instituto Tecnológico e Nuclear e Sociedade Portuguesa da Física.

- Jorgensen, T. J. (2017). *Marie Curie and her X-ray vehicles' contribution to World War I battlefield medicine*. The Conversation.
- Jülich, S. (2008). Media as modern magic: Early x-ray imaging and cinematography in Sweden. *Early Popular Visual Culture*, 6(1), 19–33. <https://doi.org/10.1080/17460650801947861>
- Kabzinska, K. (1989). Os estudantes portugueses do Lab. Curie no Instituto do Rádio, em Paris, e os Pioneiros do Estudo do Cancro em Portugal. *Gazeta de Física*, 12(3), 102–115. <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/435/article/1439/pdf>
- King, G. (2012). *Clarence Dally — The Man Who Gave Thomas Edison X-Ray Vision*. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/history/clarence-dally-the-man-who-gave-thomas-edison-x-ray-vision-123713565/#683ryaHHHEBbfAby.99>
- Kingston, B. (2008). Book Reviews. MASTERING RISK: Environment, Markets and Politics in Australian Economic History By Colin White. *Australian Journal of Politics & History*, 42(2), 310–311. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8497.1996.tb01367.x>
- Kułakowski, A. (2011). The contribution of Marie Skłodowska-Curie to the development of modern oncology. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 400(6), 1583–1586. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4712-1>
- Langevin-Joliot, H. (2011). Marie Curie and Her Time. *Chemistry International*, 33(1), 4–7. http://publications.iupac.org/ci/2011/3301/1_Langevin-Joliot.html
- Le radium, entre mythe et réalite populaire*. (n.d.). <https://musee.curie.fr/decouvrir/exposition-permanente/visite-virtuelle/b2-le-radium-entre-mythe-et-realite-populaire>
- Lefebvre, T., & Raynal, C. (2007). Le mystère Tho-Radia. *La Revue Du Praticien*, 57, 922–925. <http://www.larevuedupraticien.fr/histoire-de-la-medecine/le-mystere-tho-radia>
- Lei n.º 10/2010, 1997 (2010). <https://dre.pt/pesquisa/-/search/335418/details/maximized>
- Lei n.º 10/2016, 1122 (2016). <https://data.dre.pt/eli/lei/10/2016/04/04/p/dre/pt/html>
- Lei n.º 1942, 859 (1936).
- Leonardo, A. J., Martins, D., & Fiolhais, C. (2015). Física na Universidade de Coimbra no século xx. In T. Peña & G. Figueira (Eds.), *Histórias da Física em Portugal no Século XX* (pp. 17–48). Gradiva.
- Lepierre, C. (1916). *Estudo da Radio-actividade da Água do Alardo: Castelo Novo (Beira Baixa)*. Typ. do Anuario Comercial.

- Lepierre, C. (1925). *Estudo da radioactividade das águas da Curia: análise química e bacteriológica*. Museu Comercial anexo ao Instituto Superior de Comércio de Lisboa.
- Lepierre, C., & Costanzo, G. (1913). *A Agua de Luzo e a sua Radio-actividade. Analyses e estudos*. Typographia do Commercio.
- Lima, R. da S., Afonso, J. C., & Pimentel, L. C. F. (2009). Raios-x: fascinação, medo e ciência. *Química Nova*, 32(1), 263–270. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100044>
- Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267–286. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.127.2.267>
- Lusa. (2018, December 22). Rádio, o bom e o mau da fita, foi descoberto há 120 anos. *Diário de Notícias*. <https://www.dn.pt/vida-e-futuro/radio-o-bom-e-o-mau-da-fita-foi-descoberto-ha-120-anos-10356448.html>
- Lyamzina, Y., & Slovic, P. (2019). Community-Oriented Risk Communication in Recovery Efforts after Radiological Contamination/Accidents. *Risk, Hazards and Crisis in Public Policy*, 10(2), 197–211. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12169>
- Mabileau, J.-F. (1959). Contribution à l’histoire de la réglementation des substances radioactives. *Revue d’Histoire de La Pharmacie*, 47(160), 1–7. <https://doi.org/10.3406/PHARM.1959.8188>
- Machado, V. (1900). O exame do coração no vivo pelos raios X. *Memoria Apresentada á Academia Real Des Sciencias de Lisboa Em Sessão de 1 de Fevereiro de 1900*, 1–14. <https://archive.org/details/b22417904>
- Magalhães, J. de. (1906). O Radio e a Radioactividade. *O Instituto: Jornal Scientifico e Litterario*, 53 e 54, 309–314. https://digitalis-dsp.uc.pt/institutocoimbra/UCBG-A-24-37a41_v053/UCBG-A-24-37a41_v053_item1/P596.html
- Mairal, G. (2008). Narratives of risk. *Journal of Risk Research*, 11(1), 41–54. <https://doi.org/10.1080/13669870701521321>
- Mairal, G. (2020). *A Pre-Modern Cultural History of Risk: Imagining the Future*. Routledge.
- Mais um martir da sciencia. (1925, January 10). *Diário de Notícias*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2510>
- Martins, M. B., & Alves, J. G. (2010). *Exposição Ocupacional em Portugal (2000 a 2006)*. http://www.ctn.tecnico.ulisboa.pt/docum/relat/radiolog/ITN_UPSR_R34_2010_Exp_Oc

up_2000-2006.pdf

- Martir da ciencia. (1925, January 7). *Diário de Notícias*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2367>
- Mateus dos Santos, J. (1966). Evolução Profissional dos Técnicos Portugueses de Radiologia. In *Separata do Boletim Clínico dos Hospitais Civis de Lisboa* (Vol. 30, Issue 1/2, pp. 343–357). Empresa Tipográfica Casa Portuguesa.
- Mateus dos Santos, J. (1968). Para os Anais da História das Profissões Auxiliares da Radiologia Médica em Portugal. *Boletim Clínico Dos Hospitais Civis de Lisboa*, 32(1/4), 237–275.
- Medeiros, M., & Pereira, A. M. R. (2014). *Augusto Bobone, Foto-Radiografias* (M. Medeiros (Ed.)). Documenta Editora. <https://fasciniodafotografia.wordpress.com/2016/11/08/augusto-bobone-foto-radiografias-1896-2014/>
- Melo, A. R., C. da Silva, R. M., Palma-Oliveira, J. M., & Martins, D. R. (2019). The Slow Appearance of Radiation Risk Perception. *History of Science Society Annual Meeting Abstract Book*, 314–315. <https://dryfta-assets.s3.eu-central-1.amazonaws.com/assets/hss2019/eventdocs/1562962778AbstractBook-Utrecht2019-2019-07-11.pdf>
- Melo, A. R., Silva, R. M. C., Palma-Oliveira, J. M., & Martins, D. R. (2020). Ionising radiation risk perception through mental models: towards radiological emergency preparedness. *Journal of Radiological Protection*. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/abbb26>
- Memorial to X-ray Martyrs. (1936). *The British Journal of Radiology*, 9(102), 351–353. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-9-102-351>
- Mendes, José Manuel, & Araújo, P. (2010). Nuclearidade, trabalho dos corpos e justiça. A requalificação ambiental das minas da Urgeiriça e os protestos locais. *Sociologia, Problemas e Práticas*, 64, 81–105. <http://www.scielo.mec.pt/pdf/spp/n64/n64a05.pdf>
- Mendes, José Manuel, & Araújo, P. (2011). Territórios contaminados, corpos contaminados: Estado, nuclearidade e cidadania em Portugal e França. *Configurações*, 8, 33–56. <https://doi.org/10.4000/configuracoes.893>
- Mercurio. (1908a, January 4). Casos e notas - Para verificar a morte. *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=1282>

- Mercurio. (1908b, March 24). Casos e notas - Martyr da sciencia. *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=1358>
- Meruje, M. M. (2009). Consentimento informado radiológico: processo de comunicação dos riscos ao paciente. *Lex Medicinae Revista Portuguesa de Direito Da Saúde*, 12, 109–128. <http://www.centrodedireitobiomedico.org/en/publicações/revistas/lex-medicinae-ano-6-nº-12-revista-portuguesa-de-direito-da-saúde>
- Michaelis, A. R. (1986). The Martyrs of Science. *Interdisciplinary Science Reviews*, 11(4), 321–323. <https://doi.org/10.1179/isr.1986.11.4.321>
- Mina de Radio em França. (1905, February 4). *Commercio Do Porto*. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=155>
- MinUrar. Minas de Urânio e seus Resíduos. Efeitos na saúde da população.* (2007).
- MinUrar. Minas de Urânio e seus Resíduos. Efeitos na saúde da população.* (2005).
- Monument to the X-ray and Radium Martyrs of All Nations - Wikipedia.* (n.d.). Retrieved October 26, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Monument_to_the_X-ray_and_Radium_Martyrs_of_All_Nations
- Morgan, M. G. (Millett G., Fischhoff, B., Bostrom, A., & Atman, C. (2002). *Risk Communication: A Mental Models Approach*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/pt/academic/subjects/psychology/cognition/risk-communication-mental-models-approach?format=HB&isbn=9780521802239>
- Morte de dois sabios. (1908, September 16). *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=2525>
- Mould, R. (2007). Pierre Curie 1859-1906. *Current Oncology*, 14(2), 74–82. <https://doi.org/10.3747/co.2007.110>
- Mu, H., Sun, J., Li, L., Yin, J., Hu, N., Zhao, W., Ding, D., & Yi, L. (2018). Ionizing radiation exposure: hazards, prevention, and biomarker screening. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16), 15294–15306. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2097-9>
- Musée Curie. (n.d.). *Visite virtuelle*. <https://musee.curie.fr/decouvrir/exposition-permanente/visite-virtuelle>
- Na Faculdade de Medicina do Pôrto, ao comemorar-se o centenário do nascimento de Roentgen, prestou-se homenagem aos radiologistas portugueses. (1945, November 28).

Primeiro de Janeiro.

- Niépece de Saint-Victor, A. (1861). Cinquième mémoire sur une nouvelle action de la lumière inconnu jusqu'ici. *Comptes Rendus Hebdomadaires Des Séances de l'Académie Des Sciences*, 53, 5-. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3010v>
- NobelPrize.org. (2020). *The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1949*. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1949/summary/>
- Norte de Portugal / Os portugueses não precisam procurar as termas estrangeiras. (1925, June 3). *Diário de Notícias*, 5. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=2800>
- O cancro. (1908, April 10). *Diário Dos Açores*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=1383>
- OECD. (2004). The Mental Models Approach to Risk Research - an radioactive waste management perspective. In *OECD*. <https://www.oecd-neo.org/rwm/docs/2003/rwm-fsc2003-7-rev1.pdf>
- Oliveira, G. (2007). Comunicar numa situação de emergência ou de crise. *Territorium*, 14, 114–120. https://doi.org/10.14195/1647-7723_14_12
- Pereira, A. L., & Rui Pita, J. (2000). Charles Lepierre au Portugal (1867-1945). Son influence décisive sur la santé publique, sur la chimie et sur la microbiologie. *Revue d'histoire de La Pharmacie*, 88(328), 463–470. <https://doi.org/10.3406/pharm.2000.5152>
- Pereira, A. M. R. (2012). *Estudo do Impacto da Descoberta dos Raios-X e das suas Aplicações Médicas em Portugal*. 1–196.
- Perko, T. (2011). Importance of risk communication during and after a nuclear accident. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(3), 388–392. <https://doi.org/10.1002/ieam.230>
- Popper, K. R. (1999). *O Mito do Contexto*. Edições 70, Lda.
- Portaria 17223 de 16 de junho, Pub. L. No. I série-Número 135, 694 (1959).
- Progressos da sciencia / A cura do cancro. (1915, May 23). *Diário de Notícias*, 3. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuht.org/entrada.php?id=2258>
- Quinn, S. (1995). *Marie Curie: A Life*. Simon & Schuster. <https://www.amazon.com/Marie-Curie-Life-Susan-Quinn/dp/0671675427>

- Radithor*. (n.d.). <https://en.wikipedia.org/wiki/Radithor>
- Ramalho, F. (1945). História do Laboratório de Radiologia da Faculdade de Medicina de Coimbra. *Semana de Roentgen*.
- Ramos, A. (1994). Recordando o Prof Dr. Roberto de Carvalho no centenário do seu nascimento: 3/5/1893 — 3/5/1993. *Revista de Guimarães*, 104, 243–272. <https://www.csarmento.uminho.pt/site/files/original/e30c2b7cf9144f0b362aab88b701a5b2a84c91c0.pdf>
- Relatório final da Missão Científica no Kosovo e na Bósnia-Herzegovina para avaliação da contaminação radioactiva e do risco radiológico resultantes do uso de munições com Urânio empobrecido*. (2001).
- Resolução da Assembleia da República n.º 34/2001, 2452 (2001). <https://data.dre.pt/eli/resolassrep/34/2001/05/02/p/dre/pt/html>
- Rhodes, R. (1988). *The making of the atomic bomb*. Simon & Schuster.
- Ringius, L. (2000). *Radioactive Waste Disposal at Sea*. The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/radioactive-waste-disposal-sea>
- Rocha, A. (1896, February). Chronica. *Coimbra Médica*, 50–51.
- Röntgen, W. C. (1896). On a New Kind of Rays. *Nature*, 53(1369), 274–276.
- Rutherford, E. (1919). Radium and the Electron. *Nature*, 104(2610), 226–230. <https://doi.org/10.1038/104226a0>
- Salter, J. (2015). *Energy in Place: A Case Study and Mental Models Analysis of Engagement in Community Scale Energy Planning*. November, 583.
- Sansare, K., Khanna, V., & Karjodkar, F. (2011). Early victims of X-rays: a tribute and current perception. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(2), 123–125. <https://doi.org/10.1259/dmfr/73488299>
- Santos, R. (2006). O Jornalismo na Transição do Século XIX para o XX. O Caso do Diário Novidades (1885-1913). *Revista Media & Jornalismo - O Jornalismo e a História*, 9, 89–104. <http://cicdigitalpolo.fcsh.unl.pt/pt/revista-media-jornalismo-no-9-jornalismo-historia/>
- Serra, I., & Maia, E. (2019). Epistemology of Research on Radiation and Matter: a Structural View. *Kairos. Journal of Philosophy & Science*, 22(1), 244–270.

<https://doi.org/10.2478/kjps-2019-0016>

- Serra, I., Maia, E., & Marques Peiriço, N. (2005). Ecos da Radioactividade em Portugal: Determinação de Radioactividade em Águas Minerais de Portugal na Primeira Metade do Séc. XX. In *Anais da Rede de Intercâmbios para a História e Epistemologia das Ciências Químicas e Biológicas* (pp. 188–200).
- Serra, I., & Peiriço, N. (2006). Portuguese Chemists and Radioactive Minerals. In I. Malaquias, E. Homburg, & M. E. Callapez (Eds.), *5th International Conference on History of Chemistry, Technology and Society* (pp. 653–660). Sociedade Portuguesa de Química.
- Serviço Nacional de Saúde. (n.d.). *Hospital de São José*. <http://www.chlc.min-saude.pt/hospital-de-sao-jose/>
- Silva, M. da. (1959). Panorama da Radiologia dos Hospitais Civis em Setembro de 1959. In *Separata do Boletim Clínico dos Hospitais Civis de Lisboa* (Vol. 23, Issue 3, pp. 591–610). Imprensa Portuguesa.
- Sinatra, G. M., Kienhues, D., & Hofer, B. K. (2014). Addressing Challenges to Public Understanding of Science: Epistemic Cognition, Motivated Reasoning, and Conceptual Change. *Educational Psychologist*, *49*(2), 123–138. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.916216>
- Sinclair, W. K., Adelstein, S. J., Carter, M. W., Harley, J. H., & Moeller, D. W. (1987). *Report No. 093 – Ionizing Radiation Exposure of the Population of United States*. <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-093-ionizing-radiation-exposure-of-the-population-of-united-states-1987/>
- Sjöberg, L. (2000). Specifying factors in radiation risk perception. *Scandinavian Journal of Psychology*, *41*(2), 169–174. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00184>
- Sjöberg, Lennart, & Drottz-Sjöberg, B.-M. (1994). Risk Perception. *Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk*, Vol. 1, 29–59. <https://www.iaea.org/publications/5115/radiation-and-society-comprehending-radiation-risk-vol-1-proceedings-of-an-international-conference-held-in-paris-24-28-october-1994>
- Skarlatidou, A., Cheng, T., & Haklay, M. (2012). What Do Lay People Want to Know About the Disposal of Nuclear Waste? A Mental Model Approach to the Design and Development of an Online Risk Communication. *Risk Analysis*, *32*(9), 1496–1511. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01773.x>

- Slovic, P. (1996). Perception of Risk from Radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, 68(3), 165–180. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a031860>
- Slovic, Paul. (1987). Perception of risk. *Science*, 236(4799), 280–285. <https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Slovic, Paul. (2016a). Understanding Perceived Risk: 1978–2015. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 58(1), 25–29. <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1112169>
- Slovic, Paul. (2016b). The Perception of Risk. In *The Perception of Risk*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315661773>
- Slovic, Paul, Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2004). Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, 24(2), 311–322. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x>
- Smith, G. M., & Thorne, M. C. (2016). Communicating the significance of different levels of dose. In *Journal of Radiological Protection* (Vol. 36, Issue 4, pp. 1004–1007). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/36/4/1004>
- Sousa, A. (1945a). *A descoberta de Röntgen e a Universidade de Coimbra*. Moura Marques & Filho.
- Sousa, A. (1945b). Os Raios X na Imprensa Portuguesa. *Separata Da Imprensa Médica*, 14.
- Sousa Pinto, A. A. De. (1902). *Os raios de Becquerel e o Polonio, o Radio e o Actinio*. [Academia Politécnica do Porto]. https://www.fc.up.pt/fa/index.php?p=nav&f=books.0036.W_0036_000002#faimg
- Stannard, J. N. (1988). *Radioactivity and health: A history* (R. W. J. Baalman (Ed.)). <https://doi.org/10.2172/6608787>
- Starr, C. (1969). Social Benefit versus Technological Risk. *Science*, 165(3899), 1232–1238. <https://doi.org/10.1126/science.165.3899.1232>
- Stoffle, R. W., & Arnold, R. (2003). Confronting the angry rock: American Indians' situated risks from radioactivity. *Ethnos*, 68(2), 230–248. <https://doi.org/10.1080/0014184032000097768>
- Stoney, G. (1894). Of the “Electron” or Atom of Electricity. *Philosophical Magazine*, 38(Series 5), 418–420.

- Teixeira Bastos, H. (1896). Raios X de Röntgen. *O Instituto: Jornal Científico e Literário*, 43, 38–41. https://digitalis-dsp.uc.pt/institutocoimbra/UCBG-A-24-37a41_v043/UCBG-A-24-37a41_v043_item1/P60.html
- Teixeira, M. M. (1948). Um semestre no laboratório de Madame Curie. *Gazeta de Física*, I(9), 279–281. <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/49/article/197/pdf>
- Termas do Norte de Portugal. (1925, June 13). *Diário de Notícias*, 7. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2807>
- Termas Radium: do milagre à ruína*. (2020). <https://viagens.sapo.pt/viajar/viajar-portugal/artigos/termas-radium-do-milagre-a-ruina-a-historia-de-um-dos-lugares-abandonados-mais-fascinantes-de-portugal>
- The Nobel Prize in Physics 1903*. (n.d.). <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/summary/>
- Thomas, P., & May, J. (2017). Coping after a big nuclear accident. *Process Safety and Environmental Protection*, 112, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.09.013>
- Thompson, P. B. (1986). The Philosophical Foundations of Risk. *The Southern Journal of Philosophy*, XXVI(2), 273–286. <https://philpapers.org/archive/THOTPF-7.pdf>
- Todd, N. (2014). A brief history of Lord Rutherford’s radium. *Notes and Records: The Royal Society Journal of the History of Science*, 68(3), 279–300. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2013.0070>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124–1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- U. Porto - Antigos Estudantes Ilustres da Universidade do Porto: António Ferreira da Silva*. (n.d.). Retrieved December 9, 2020, from [https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=antigos estudantes ilustres - antónio ferreira da silva](https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=antigos%20estudantes%20ilustres%20-%20ant%C3%B3nio%20ferreira%20da%20silva)
- UK Parliament. (1957). *Windscale Atomic Plant Accident (Hansard, 21 November 1957)*. <https://api.parliament.uk/historic-hansard/lords/1957/nov/21/windscale-atomic-plant-accident>
- Um caso consolador. (1920, March 30). *Diário de Notícias*, 3. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2328>

- Um notavel trabalho sobre o cancro pelo dr. Luís Adão. (1925, June 3). *Diário de Notícias*, 1. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2799>
- UNEP. (1985). *Radiation: Doses, Effects, Risks*. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29048/RDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNSCEAR. (2014). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2013 Report, Volume I, Scientific Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami*. United Nations. https://www.unscear.org/docs/reports/2013/14-06336_Report_2013_Annex_A_Ebook_website.pdf
- UNSCEAR. (2015). UNSCEAR 2012 Report to the General Assembly. In *United Nations Publication*. United Nations. <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2012.html>
- Urgeiriça. (n.d.). <https://pt.wikipedia.org/wiki/Urgeiriça>
- Veiga, C. J. M. (2014). *A vida dos trabalhadores do urânio, “trabalho ruim.”* Autor; Associação dos Ex-Trabalhadores das Minas de Urânio.
- Vidal, J. (2012, March 11). Sellafield: “Everything was contaminated: milk, chickens, the golf course.” *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2012/mar/11/sellafield-stories-book-nuclear-accident>
- Vieira, A. J. (1914). *Termas dos Cucos*. Universidade do Porto.
- Visita da rainha ao Laboratorio de analyses clinicas. (1905, February 21). *Diário de Notícias*, 2. <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org/entrada.php?id=2038>
- WHO. (2016). Ionizing Radiation, Health Effects and Protective Measures. *World Health Organization (WHO)*, April, 1–5. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
- WHO. (2020). *A framework for mental health and psychosocial support in radiological and nuclear emergencies*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015456>
- Wood, M. D., & Linkov, I. (2017). Science of Mental Modeling. In *Mental Modeling Approach* (pp. 31–40). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6616-5_3
- Wood, M. D., Thorne, S., Kovacs, D., Butte, G., & Linkov, I. (2017). *Mental Modeling*

Approach. In *Mental Modeling Approach*. Springer New York.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6616-5>

Železnik, N., Constantin, M., Schneider, N., Mays, C., Zakrzewska, G., & Diaconu, D. (2016). Lay public mental models of ionizing radiation: Representations and risk perception in four European countries. *Journal of Radiological Protection*, 36(2), S102–S121.
<https://doi.org/10.1088/0952-4746/36/2/S102>

Anexo 1

“Risco”: Etimologia e História de um Conceito

O vocábulo “risco”, na acepção que aqui nos interessa focar – “probabilidade de perigo, de insucesso ou de malogro” – tem suscitado opiniões desencontradas, quanto ao percurso e à data da sua entrada na língua portuguesa.

O Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, o mais exaustivo do nosso idioma, aponta-o, na página 7043 do tomo XVI da edição da Temas & Debates (Lisboa, 2005), como tendo chegado ao português através do francês *risque* (século XVI), que significava ‘perigo, inconveniente mais ou menos previsível’, por sua vez, derivado do italiano *risco* / *rischio* (séc. XIII). Todavia, esta intermediação não se nos afigura defensável, porquanto José Pedro Machado, na 3ª edição do seu Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa, dada à estampa por Livros Horizonte em 1977, transcreve do Livro das Falcoarias, uma obra em português redigida no século XV, o seguinte excerto, no qual se utiliza a palavra, como é óbvio, na sua forma arcaica: «... ysto he causa de se perderem muitas vezes, porque em tempo lha podem dar que, não a fazendo, corraõ grande risco» (vol. V, p. 105).

Por seu lado, o Dicionário da Língua Portuguesa (8ª edição revista e actualizada) publicado pela Porto Editora em 1999 apresenta, como fonte directa do termo português, o castelhano *risco*, “penhasco escarpado” (p. 104).

Se é verdade que José Pedro Machado associa o vocábulo português ao castelhano *riesgo*, não deixa igualmente de sublinhar que está ligado «sobretudo ao italiano *risico* ou *rischio*, ao catalão *risc*» (op. cit., p. 104).

Se tivermos presente que, desde a conquista de Ceuta pelos Portugueses em 1415, a história de Portugal e a vivência do seu povo vão achar-se, durante séculos, umbilicalmente centradas na expansão marítima, bem como nas grandezas e misérias, nos inumeráveis e terríveis perigos e desastres a ela inerentes, postos em relevo numa fecunda literatura de viagens marcada pela originalidade no contexto cultural europeu; se não esquecermos a presença frequente, entre nós, de mercadores-navegantes italianos, provenientes sobretudo da Ligúria, alguns dos quais deram um contributo não despiciendo ao nosso movimento expansionista, parece não ser forçado admitir que a palavra “risco” tenha sido tomada do italiano *risco*, variante *rischio* (séc. XIII), «que – esclarece o Dicionário Houaiss – exprimem em direito marítimo o ‘perigo ligado a um empreendimento’ e na tradição militar a ‘sorte ou má sorte de um soldado’» (p.7043).

O vocábulo italiano, assim como o seu correspondente em outros idiomas, tem, segundo Houaiss, como étimo, o «latim medieval *risicum* / *riscum*, não raro associado a fortuna» (p. 7043), termo latino designativo de “sorte (boa ou má)”.

Na origem do termo medieval parece estar o verbo do latim clássico *resicare*, que significava “cortar”, “dividir” e, por alargamento semântico, talvez “semear a discórdia” e, daí, “gerar possíveis percalços, escolhos e perigos”.

Apesar das muitas incertezas indissociáveis da história do vocábulo “risco”, a realidade mais significativa a ele associada é o seu conteúdo semântico secular e o que de motivador este pode encerrar para a vida do ser humano enquanto desafio apresentado a cada um, no sentido de continuamente se superar ou, pelo menos, de tentar fazê-lo, encontrando, na esperança e no empenho pessoal, âncoras sólidas apontadas a um futuro melhor.

António Vilhena. Setúbal, 15 de janeiro 2018.

Anexo 2

Procedimento para a identificação e transcrição das notícias relativas à radiação ionizante constantes da base de dados “Divulgação Científica em Jornais” do Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, FCUL e FCT – UNL.

A base de dados resultou do projeto “Folheando jornais: uma janela aberta para as representações de ciência e tecnologia na imprensa periódica portuguesa (1900-1926)” e está alojada em <http://bd-divulgacaocientificaemjornais.ciuhct.org>

Método de pesquisa na base de dados CIUHCT (Divulgação Científica em Jornais, 1900-1926):

- a) foi realizada a pesquisa na lista completa (N = 3734), em títulos (ctrl+f), com as palavras "radi" (n = 18) e "raios" (n = 11);
- b) foi realizada a pesquisa em "texto do artigo", com as palavras: "raios X" (n = 35); "radium" (n = 14); "radioactivo" (n = 10); "radio-activo" (n = 5); "radiação" (n = 2); "ionizante" (n = 0); "radi" (n = 326); nesta última, foram eliminados os resultados relativos a "radical", "radiotelegrafia", "radiação solar" e outras palavras fora do âmbito da pesquisa ou em que a palavra "radi" não aparece ao pesquisar no texto da entrada;
- c) as entradas repetidas foram eliminadas; muitas das entradas constantes da base de dados, contendo o termo "radi", pesquisado no texto do artigo, referem "radiologia" e apenas de passagem, como método de diagnóstico de outras doenças em foco na notícia;
- d) foram identificadas 5 notícias na *Ilustração Portuguesa*, 50 no *Diário de Notícias*, 49 no *Diário dos Açores* e 3 no *Commercio do Porto*, num total de 107 notícias;
- e) a percentagem de textos apurados na base de dados (notícias e anúncios que referem radiação ionizante) foi de 3% (107 em 3734);
- f) a percentagem de textos considerados para análise, em termos do conteúdo da comunicação mencionar benefícios/riscos/neutro, foi de 1% (50 em 3734).

Anexo 3

Peritos entrevistados e datas das entrevistas

Mário Reis (07.11.2018)

O Doutor Mário Reis é investigador do Grupo de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, especialista em radioatividade ambiente.

Isabel Paiva (14.11.2018)

A Doutora Isabel Paiva é investigadora no Grupo de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, especialista em resíduos radioativos e gestão de fontes seladas.

Octávia Gil (19.11.2018)

A Doutora Octávia Monteiro Gil é investigadora do Grupo de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, e trabalha na área dos efeitos biológicos das radiações ionizantes.

Armin Ansari (06.12.2018)

O Doutor Armin Ansari lidera a Equipa de Avaliação Radiológica no *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) nos Estados Unidos da América. Doutorado em biofísica da radiação, realizou o seu trabalho de pós-doutoramento em mutações genéticas induzidas pela radiação em *Oak Ridge and Los Alamos National Laboratories*.

Luís Prudêncio (11.12.2018)

O Doutor Luís Prudêncio é físico hospitalar no Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte, Hospital de Santa Maria, desde 2008. Anteriormente, durante a sua colaboração com o Campus Tecnológico e Nuclear, realizou o Mestrado em Ciência e Engenharia de Superfície no Instituto Superior Técnico e o Doutoramento em Física Aplicada pela Universidade Nova de Lisboa.

Hiroshi Yasuda (13.12.2018)

O Doutor Hiroshi Yasuda é Professor no Departamento de Biofísica das Radiações e Instituto de Investigação de Biologia da Radiação e Medicina na Universidade de Hiroshima, no Japão. Fez investigação no Instituto Nacional de Ciências Radiológicas, no Japão, e geriu projetos no *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR).

Vitaly Tchepel (21.12.2018)

O Professor Vitaly desenvolve instrumentos detetores de radiações ionizantes no Laboratório de Instrumentação e Física, na Universidade de Coimbra. Formou-se em Física Nuclear Experimental no Instituto de Engenharia Física em Moscovo, Rússia. A avó do investigador era médica radiologista.

Elisabete Freitas (15.01.2019)

A Doutora Elisabete Freitas é investigadora no Laboratório de Instrumentação e Física, na Universidade de Coimbra.