



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Rafaela Borlido Guisantes

**CARACTERIZAÇÃO NACIONAL DA ORGANIZAÇÃO
DOS SERVIÇOS DE RADIOTERAPIA E AVALIAÇÃO
DOS VALORES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E DE
EXAME PARA PLANEAMENTO EM TUMORES DA
MAMA E DA PRÓSTATA**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Saúde Ocupacional orientada pelo
Professor Doutor António Jorge Correia de Gouveia Ferreira e pela
Professora Doutora Joana Margarida Rodrigues dos Santos e apresentada à
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra**

Dezembro de 2021

“Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez tão importante”

(Antoine de Saint-Exupéry)

Agradecimentos

Embora considere a dissertação um trabalho individual, não seria possível concretizá-lo sem a ajuda de muitas pessoas, às quais dedico as próximas palavras.

Agradeço ao meu Orientador, Professor Doutor António Jorge pela disponibilidade, apoio pedagógico na execução do trabalho e nas dúvidas que foram surgindo. Obrigada.

Agradeço à minha Coorientadora, Professora Doutora Joana Santos, pelos desafios que cria em mim e por me ajudar a ultrapassá-los a cada nova etapa. Pela paciência e pelo rigor. Obrigada.

Agradeço à minha Diretora de Serviço, Dra. Margarida Borrego, pela disponibilidade, ajuda e pela aceitação de cada novo desafio. Obrigada.

Agradeço à minha Coordenadora de Serviço, Dra. Maria João Cura Mariano, pela paciência, pelas trocas repentinas de turnos, pela ajuda e pela compreensão que demonstrou. Obrigada.

Agradeço aos meus Colegas de Trabalho pela compreensão nos dias em que as horas eram escassas e eu tinha mil projetos a acontecer ao mesmo tempo. Obrigada pela ajuda nesses dias difíceis de turno.

Agradeço a todos os Diretores de Serviço e a todos os Coordenadores dos Técnicos de Radioterapia dos centros que me responderam, acolheram e ajudaram na recolha dos dados. Obrigada.

Agradeço a todos os colegas Técnicos de Radioterapia que me ajudaram a estabelecer contactos. Obrigada.

Agradeço à Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia, Radioterapia e Medicina Nuclear (ATARP) pela ajuda, apoio e conhecimento que sempre depositaram em mim.

Agradeço aos meus amigos, que mesmo longe estão perto do coração e compreendem todo o esforço e trabalho para aquilo que me dedico. Aos de longe, Viana do Castelo e aos de Coimbra.

E dedico esta tese à minha família.

Aos meus pais por serem os melhores pais do mundo e por me mostrarem a melhor forma de ver as coisas. Por me mostrarem os verdadeiros valores. Obrigada.

À minha irmã, a melhor irmã do mundo. Que me acompanha desde sempre e que vai continuar a ser o meu anjo da guarda. Obrigada.

Às minhas sobrinhas, as melhores sobrinhas do mundo, por serem o bem mais valioso da minha vida. Por me fazerem sorrir sempre. Obrigada.

Ao meu namorado, pela paciência, dedicação e amor que colocou em mim, todos os dias em que as coisas pareciam impossíveis. Obrigada.

Resumo

Introdução: O cancro é uma doença com grande impacto na saúde e qualidade de vida da população mundial. Segundo o *Global Cancer Observatory*, em 2020, existiram 19,3 milhões de novos casos de cancro e um valor aproximado de 10,0 milhões de mortes por esta doença (1). No sexo feminino, o cancro da mama lidera a tabela de prevalência desta patologia, e no que concerne ao sexo masculino é o cancro da próstata que ocupa esta posição (2). Nas últimas décadas, tem sido verificado um aumento do uso da Radioterapia (RT) no tratamento de doentes com cancro (3,4). O aumento do seu uso e a necessidade de a adotar como opção terapêutica, deve funcionar com um ponto de partida para a necessidade de investimento, atualização tecnológica de equipamentos e profissionais devidamente qualificados (3).

No caso específico de um centro de RT é imperativo compreender que o técnico de RT é o elemento da equipa que mais frequentemente manuseia os diversos equipamentos que permitem o débito de altas doses de radiação terapêuticas em Radioterapia Externa (RTE), ou seja, o manuseamento de radiação ionizante. Fornecendo o melhor cuidado, acompanhamento e tratamento ao doente, estão sujeitos a exposições regulares de pequenas doses de radiação. Deste modo, a monitorização da exposição ocupacional deve estar assegurada, e deve ser acompanhada por um programa de segurança e proteção radiológica (5).

Em RT, a utilização de radiação ionizante vai além do tratamento da doença oncológica, existindo várias etapas até ao momento do tratamento, que incluem o seu uso, como por exemplo a Tomografia Computorizada para Planeamento (TC-planeamento). No entanto, não representando umas das maiores exposições artificiais de dose, em comparação com o tratamento, é necessário estabelecer o risco associado à realização deste exame (6). Assim, recorre-se a Níveis de Referência de Diagnóstico (NRD), de forma a harmonizar exposições e detetar valores de dose elevados, diminuindo o risco associado à realização de exames de TC-planeamento, a partir da avaliação de descritores de dose. Desta forma, pretende-se promover a proteção radiológica do doente.

Objetivos: O estudo encontra-se dividido em três momentos, totalmente relacionados com a RT, os seus recursos e a sua organização em Portugal (PT); a exposição ocupacional e a exposição em exames de TC-planeamento à radiação ionizante. O primeiro ponto pretende caracterizar todos os serviços de RT portugueses públicos, privados e convencionados, em atual funcionamento, designadamente recursos materiais e humanos. O segundo objetivo consiste em realizar o levantamento da exposição profissional dos técnicos de RT à radiação ionizante e

pretende-se estabelecer uma avaliação quantitativa da radiação no posto de trabalho. O terceiro objetivo do estudo pretende o estabelecimento de NRDs em contexto hospitalar, a partir de valores de descritores de dose, recolhidos em exames das regiões anatómicas da mama e da próstata, em TC-planeamento na RT.

Materiais e Métodos: Para atingir os objetivos propostos, primeiramente foi efetuada uma base de dados em formato de folha de cálculo *Microsoft Excel*®, com todos os centros que possuem RT em PT Continental e nas Ilhas, e foram estabelecidos os primeiros contactos. Foi enviado o pedido de autorização a cada instituição para participação no estudo. Dos centros contactados, não foram incluídos no estudo os centros que não se encontravam disponíveis para participar (à data da realização do pedido de autorização) e os centros que não responderam em tempo útil, quer ao pedido de autorização para a sua realização, quer devido ao atraso nas autorizações das respetivas Comissões de Ética e Departamento de Proteção de Dados. Foram também excluídos os centros que não se encontravam em funcionamento e/ou os que os equipamentos de Megavoltagem (MV) se encontravam inativos. O formulário de recolha dos dados recebeu respostas durante 9 meses, de fevereiro a dezembro de 2021. O formulário continha o protocolo do estudo, o consentimento informado e campos de preenchimento relativos aos três objetivos do estudo. Numa primeira instância foram recolhidos os dados relativos à caracterização dos serviços de RT, em segundo lugar, recolheram-se os dados dosimétricos relativos aos técnicos de RT e em terceiro os valores de dose relativos a TC-planeamento de mama e de próstata. A análise estatística foi efetuada com recurso ao *software IBM*® *SPSS*® *Statistics*, versão 27.

Resultados: Foram contactados, via correio eletrónico institucional, todos os centros que atualmente possuem serviço/unidade de RT em PT, 26 no total (8 centros do setor público e 18 centros do setor privado). 2 centros não incorporaram o estudo devido à sua inatividade, refazendo um total de 24 centros ativos em PT, à data da realização do estudo. Neste estudo, obteve-se a resposta de 6 centros de RT, 4 pertencentes ao setor público e 2 ao setor privado.

No que diz respeito ao primeiro objetivo do estudo, dos 24 centros de RT, atualmente em funcionamento em PT, alcançou-se a resposta de 6 centros. No que diz respeito à RTE, nos 6 centros participantes do estudo, existem 12 AL em funcionamento; o número total de TC-planeamento dedicadas à RT é de 7 e o número total de técnicos é de 103. Quanto às técnicas de irradiação, todos os centros realizam tratamento com a técnica *Three-dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) e contemplam pelo menos uma técnica especial de irradiação na sua prática clínica diária. Quanto à Braquiterapia (BT), 3 centros possuem a modalidade de BT e 3 não possuem esta modalidade. Comtemplando todos os equipamentos de MV existentes em

PT, dos 24 centros atualmente ativos com 56 equipamentos de MV, a média de equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes estabelece-se em 5,4, e a média de equipamentos de MV em cada serviço estabelece-se em 2,3.

Para o segundo objetivo do estudo recolheram-se dados de 54 dosímetros individuais de corpo inteiro, referentes a técnicos de RT, dos 6 centros que participaram no estudo. Toda a dosimetria ocupacional registada e recolhida dos 54 dosímetros é 0 mSv, independentemente do setor de atividade associado.

No terceiro objetivo do estudo foram recolhidos 119 exames dos 6 centros participantes no estudo. Verificaram-se os valores máximos e mínimos de média, desvio padrão e Percentil 75 (P75) relativos aos valores de *Volume Computed Tomography Dose Index* (CTDI_{vol}) e de *Dose-Length Product* (DLP). Para a patologia da mama, os valores de CTDI_{vol} e DLP são 12,6 mGy e 511,9 mGy.cm, respetivamente. Para a patologia da próstata, os valores de CTDI_{vol} e DLP são de 15,8 mGy e 688,7 mGy.cm, respetivamente.

Conclusão: Os recursos relativos aos centros de RT que participaram no estudo encontram-se dentro do preconizado, em alguns aspetos analisados, comparando-os com as várias referências internacionais, bem como avaliando a perspetiva global da RT em PT. A exposição ocupacional dos técnicos de RT foi promissora, independentemente do setor de atividade, foi de encontro ao estabelecido para esta categoria profissional, de acordo com as referências internacionais e de acordo com a legislação atualmente estabelecida. Foram estabelecidos 2 NRDs para dois exames de TC-planeamento em estudo.

Palavras-chave: serviços de radioterapia; exposição ocupacional; técnicos de radioterapia; níveis de referência de diagnóstico.

Abstract

Introduction: *Cancer is a disease with a major impact on the health and quality of life of the world population. According to the Global Cancer Observatory, in 2020, there were 19.3 million new cases of cancer and an approximate 10.0 million deaths from this disease (1). In females, breast cancer leads the table of prevalence of this pathology, and in relation to males, prostate cancer leads this position (2). In recent decades, an increase in the use of Radiotherapy (RT) in the treatment of cancer patients has been observed (3,4). The growing use of RT, the increase in its use and the need to adopt it as a therapeutic option, should work as a starting point for the need for investment, technological updating of equipment and properly qualified professionals (3).*

In the specific case of an RT department, it is imperative to understand that the radiotherapist is the team member who most frequently manages the various equipment that allow the output of high doses of therapeutic radiation in External Beam Radiation Therapy (EBRT), that is, the handling of ionizing radiation. Providing the best patient care, follow-up, and treatment, they are exposed to regular exposures of small doses of radiation. Thus, the monitoring of occupational exposure must be ensured, and must be accompanied by a safety and radiological protection program (5).

In RT, the use of ionizing radiation goes beyond the treatment of oncological disease, there are several stages up to the time of treatment that include the use of ionizing radiation, such as the Planning Computed Tomography (CT-planning). However, although it does not represent one of the highest artificial dose exposures compared to treatment, it is necessary to establish the risk associated with performing this exam (6). Thus, we resort to Diagnostic Reference Levels (DRL) to harmonize exposures and detect high dose values, reducing the risk associated with performing CT-planning exams, based on the assessment of dose descriptors. In this way, we intend to promote the radiological protection of the patient.

Objectives: *The study is divided into three steps, totally related to Radiotherapy and its organization in Portugal (PT); occupational exposure and exposure to ionizing radiation in CT-planning exams. The first step intends to characterize all Portuguese public, private and contracted RT departments, in current operation, namely material and human resources. The second step is to survey the occupational exposure of radiotherapists to ionizing radiation and intends to establish a quantitative assessment of radiation in the workplace. The third step of the study is the establishment of DRLs in a hospital context, from values of dose descriptors,*

collected in examinations of the anatomical regions of the breast and prostate, in CT-planning in RT.

Materials and Methods: *To achieve the proposed objectives, a database in Microsoft Excel® format was first created, with all departments that had RT in PT. The authorization request was sent to each institution to participate in the study. Of the departments contacted, the departments that were not available to participate (at the time of the authorization request) and the departments that did not respond in a timely manner, either to the request for authorization to perform or due to the delay in the authorizations of the respective Ethics Committees and Data Protection Department were not included in the study. Departments that were not in operation and/or those in which Megavoltage (MV) equipment were inactive were also excluded. The data collection form received responses for 9 months, from February to December 2021. The form contained the study protocol, informed consent, and fields for filling out the three objectives of the study. In first instance, data related to the characterization of RT departments were collected, secondly, the collection of dosimetric data related to radiotherapist and, thirdly, the dose values related to CT-planning of the breast and prostate, from the participating departments in the study. Statistical analysis was performed using the IBM® SPSS® software, version 27.*

Results: *All departments that currently have RT department were contacted via institutional email, 26 in total (8 public sector departments and 18 private sector departments). 2 departments did not join the study due to their inactivity, making a total of 24 active departments in PT at the time of the study. In this study, responses were obtained from 6 RT departments, 4 to the public sector and 2 to the private sector.*

Regarding the first objective of the study, of the 24 RT departments currently operating in PT, the response of 6 departments was achieved. Regarding EBRT, in the 6 departments participating in the study, there are 12 Linear Accelerator (LA) in operation; the total number of CT-planning dedicated to RT is 7 and the total number of radiotherapists is 103. As for irradiation techniques, all departments conduct treatment with the Three-dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) technique and contemplate at least one most advanced irradiation technique in their daily clinical practice. As for Brachytherapy (BT), 3 departments have the BT modality and 3 do not have this modality.

Comprising all existing MV equipment in PT, of the 24 departments currently active with 56 MV equipment, the average of MV equipment per million inhabitants is 5.4 and the average of MV equipment in each department is set at 2.3.

For the second objective of the study, data were collected from 54 individual full-body dosimeters, referring to radiotherapists, from the 6 departments that participated in the study. All occupational dosimetry registered and collected from the 54 dosimeters is 0 mSv, regardless of the associated sector of activity.

In the third objective of the study, 119 exams were collected from the 6 departments participating in the study. The maximum and minimum values of mean, standard deviation and 75th percentile (P75) relative to the Volume Computed Tomography Dose Index (CTDI_{vol}) and Dose-Length Product (DLP) values are verified. For breast pathology, CTDI_{vol} and DLP values are 12.6 mGy and 511.9 mGy.cm, respectively. For prostate pathology, CTDI_{vol} and DLP values are 15.8 mGy and 688.7 mGy.cm, respectively.

Conclusion: *The resources relating to the RT departments that participated in the study are within the recommended range, in some aspects analyzed, comparing them with several international references, as well as RT in PT regarding the number of MV equipment per million inhabitants. The occupational exposure of radiotherapists was promising, regardless of the sector of activity, it was in line with what was established for this professional category, in accordance with international references and in accordance with currently established legislation. Were established 2 DRLs for two CT-planning examinations under study. Thus, it is possible to verify that the values obtained in these RT departments are in accordance with the literature.*

Keywords: *radiotherapy departments; occupational exposure; radiotherapist; diagnostic reference levels.*

Índice

I. Índice de Figuras	14
II. Índice de Tabelas	15
III. Índice de Gráficos	16
IV. Lista de Siglas e Acrónimos	17
V. Lista de Unidades de Medida	20
Capítulo 1. Introdução	21
Capítulo 1.1. Introdução sumária relativa à Radioterapia	23
1.1.1.Tratamento com Radioterapia	27
1.1.1.1.Tratamento com Radioterapia Externa	27
1.1.1.2.Equipamentos de Radioterapia Externa.....	29
1.1.1.3.Técnicas de irradiação em Radioterapia Externa	33
1.1.1.3.1.3D Conformal Radiation Therapy	33
1.1.1.3.2.Intensity Modulated Radiation Therapy	34
1.1.1.3.3.Volumetric Modulated Arc Therapy	34
1.1.1.3.4.Stereotactic Radiosurgery e Stereotactic Radiation Therapy	34
1.1.1.3.5.Stereotactic Body Radiation Therapy	35
1.1.1.3.6.Total Body Irradiation	35
1.1.1.3.7.Intraoperative Radiotherapy	35
1.1.2. Tratamento com Braquiterapia	36
1.1.3. Serviços e Unidades de Radioterapia	37
1.1.4.Recomendações e criação de infraestruturas para os Serviços de Radioterapia	38
1.1.4.1.Recomendações ESTRO – QUARTS Project (2005)	39
1.1.4.2.Recomendações DIRAC-IAEA (2013)	40
1.1.4.3.Recomendações IAEA (2020)	41
1.1.5.Técnicos de Radioterapia presentes nos Serviços de Radioterapia.....	43
1.1.6.Serviços e Unidades de Radioterapia em Portugal.....	44
Capítulo 1.2. Exposição Ocupacional à Radiação Ionizante	47
1.2.1. Efeitos da radiação na saúde	49
1.2.2. Proteção Radiológica	50

1.2.3. Legislação Portuguesa que estabelece os limites de dose para trabalhadores expostos	51
1.2.3.1. Dose efetiva e dose equivalente	52
1.2.4. Dosimetria individual	54
1.2.5. Blindagem e Barreiras em Radioterapia	56
1.2.6. Áreas Controladas e Áreas Vigeadas em Radioterapia	56
Capítulo 1.3. Níveis de Referência de Diagnóstico em exames de TC-planeamento em tumores da mama e da próstata	58
1.3.1. TC para Planeamento em Radioterapia	58
1.3.2. TC para Planeamento de Mama e de Próstata	60
1.3.3. Níveis de Referência de Diagnóstico	61
Capítulo 2. Objetivos do estudo	63
2.1. Caracterização Nacional da Organização dos Serviços de Radioterapia	63
2.2. Levantamento e Avaliação de Valores de Exposição Ocupacional	63
2.3. Estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico	64
Capítulo 3. Materiais e Métodos	65
3.1. Caracterização Nacional da Organização dos Serviços de Radioterapia	66
3.2. Levantamento e Avaliação de Valores de Exposição Ocupacional	67
3.3. Estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico	67
Capítulo 4. Resultados	69
4.1. Caracterização dos Serviços de Radioterapia em Portugal	69
4.2. Exposição Ocupacional	73
4.3. Níveis de Referência de Diagnóstico	74
Capítulo 5. Discussão	80
5.1. Caracterização dos Serviços de Radioterapia em Portugal	80
5.2. Exposição Ocupacional	83
5.3. Níveis de Referência de Diagnóstico	84
5.4. Considerações finais	86
Capítulo 6. Conclusões	87
Capítulo 7. Bibliografia	88

Capítulo 8. Anexos..... 97

I. Índice de Figuras

Figura 1: Distribuição dos Serviços de Radioterapia em Portugal Continental e nas Ilhas. (Azul - Radioterapia Externa e Laranja - Braquiterapia) Adaptado de https://dirac.iaea.org/Query/Map2?mapId=2 , visitado em Novembro 2021	46
Figura 2: Exemplo de um dosímetro individual de corpo inteiro. Adaptado de https://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/personal_protective_equipment/tld_film_badges , visitado em Novembro de 2021.....	55
Figura 3: Exemplo de posicionamento de TC-planeamento. A - para tumores da mama e B - para tumores da próstata. Fonte própria com autorização dos envolvidos	60
Figura 4: Exemplo de medição AP e L em cortes axiais de TC-planeamento, medida pele a pele. A - ao nível do apêndice xifóide na TC-planeamento de mama e B - ao nível das cristas ilíacas na TC-planeamento de próstata	68
Figura 5: Distribuição geográfica dos centros de RT participantes no estudo	69

II. Índice de Tabelas

Tabela 1: Equipamentos de Radioterapia Externa	29
Tabela 2: Divisão e caracterização da Braquiterapia	36
Tabela 3: Limites de dose recomendados para trabalhadores expostos à radiação ionizante ...	53
Tabela 4: Limites de dose efetiva para trabalhadores expostos à radiação ionizante, pertencentes à categoria A	53
Tabela 5: Valores de diâmetro AP, diâmetro L e diâmetro efetivo para exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 5 centros	75
Tabela 6: Valores de espessura de corte e valores de range para exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 6 centros	76
Tabela 7: Valores de $CTDI_{vol}$, DLP e SSDE em exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 6 centros	77
Tabela 8: Tabela representativa dos valores de P75 para as patologias de mama e de próstata em 6 centros	79
Tabela 9: Comparação de ranges (cm) para aquisições de TC-planeamento das regiões anatómicas da mama e da próstata	84
Tabela 10: Comparação de NRDs obtidos para aquisições de TC-planeamento das regiões anatómicas da mama e da próstata	85

III. Índice de Gráficos

Gráfico 1: Gráfico representativo dos valores percentuais das funções desempenhadas pelo número total de técnicos da amostra	71
Gráfico 2: Gráfico representativo da periodicidade de rotatividade do número total de técnicos da amostra, nas modalidades de AL e TC-planeamento	71
Gráfico 3: Gráfico representativo da frequência de realização das técnicas de irradiação implementadas nos centros participantes no estudo	72
Gráfico 4: Gráfico representativo da frequência das modalidades de BT implementadas nos centros participantes no estudo	72
Gráfico 5: Gráfico representativo dos valores $CTDI_{vol}$ e SSDE. A - para a região anatómica da mama e B - para a região anatómica da próstata nos centros participantes no estudo	78

IV. Lista de Siglas e Acrónimos

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
3D-CRT	Radioterapia Conformacional Tridimensional, do inglês, <i>Three-dimensional Conformal Radiation Therapy</i>
AL	Acelerador Linear
ALARA	“Tão baixo quanto razoavelmente possível”, do inglês, <i>As Low As Reasonably Achievable</i>
AP	Antroposterior
ARS	Administração Regional de Saúde
ASTRO	Sociedade Americana de Radioncologia, do inglês, <i>American Society for Radiation Oncology</i>
BT	Braquiterapia
CBCT	Tomografia Computorizada de Feixe Cónico, do inglês, <i>Cone Beam Computed Tomography</i>
Co-60	Cobalto-60
CTDI_{vol}	Índice de Dose em Tomografia Computorizada, do inglês, <i>Volume Computed Tomography Dose Index</i>
DGS	Direção-Geral de Saúde
DIRAC	Diretório de Centros de Radioterapia, do inglês, <i>Directory of Radiotherapy Departments</i>
DL	Decreto-Lei
DLP	Produto do comprimento pela dose, do inglês, <i>Dose-Length Product</i>
EBRT	Radioterapia Externa, do inglês, <i>External Beam Radiation Therapy</i>
ERS	Entidade Reguladora da Saúde
ESTRO	Sociedade Europeia de Radioterapia e Oncologia, do inglês, <i>European Society for Radiotherapy and Oncology</i>

FOV	Campo de visão, do inglês, <i>Field of View</i>
HDR	Alta Taxa de Dose, do inglês, <i>High Dose Rate</i>
HDV	Histograma Dose Volume, do inglês, <i>Dose Volume Histogram</i>
HERO	Economia na Saúde em Radioncologia, do inglês, <i>Health Economics in Radiation Oncology</i>
IAEA	Agência Internacional de Energia Atômica, do inglês, <i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	Comissão Internacional de Proteção Radiológica, do inglês, <i>International Commission on Radiological Protection</i>
ICRU	Comissão Internacional de Medições e Unidade de Radiação, do inglês, <i>International Commission on Radiation Units & Measurements</i>
IGRT	Radioterapia Guiada por Imagem, do inglês, <i>Image Guided Radiation Therapy</i>
IMRT	Radioterapia com Intensidade Modulada, do Inglês, <i>Intensity Modulated Radiation Therapy</i>
IORT	Radioterapia Intraoperatória, do inglês, <i>Intraoperative Radiation Therapy</i>
L	Lateral
LDR	Baixa Taxa de Dose, do inglês, <i>Low Dose Rate</i>
LET	Transferência Linear de Energia, do inglês, <i>Linear Energy Transfer</i>
MDR	Taxa de Dose Média, do inglês, <i>Medium Dose Rate</i>
MLC	Colimador Multifolhas, do inglês, <i>Multileaf Collimator</i>
MV-CBCT	<i>Megavoltage Cone Beam Computed Tomography</i>
NRD	Níveis de Referência de Diagnóstico, do inglês, <i>Diagnostic Reference Level</i>
NRDN	Níveis de Referência de Diagnóstico Nacionais, do inglês, <i>National Diagnostic Reference Level</i>
OAR	Órgãos em Risco, do inglês, <i>Organs at Risk</i>
PDR	Taxa de Dose Pulsada, do inglês, <i>Pulsed Dose Rate</i>

PET-CT	Tomografia com Emissão de Positrões, do inglês, <i>Positron Emission Tomography - Computed Tomography</i>
PT	Portugal
QUARTS	Quantificação de Infraestruturas e de Recursos Humanos em Radioterapia, do inglês, <i>Quantification of Radiation Therapy Infrastructure and Staffing Levels</i>
RM	Ressonância Magnética
RT	Radioterapia
RTE	Radioterapia Externa
SBRT	Radioterapia Estereotáxica Corporal, do inglês, <i>Stereotactic Body Radiation Therapy</i>
SNS	Serviço Nacional de Saúde
SRS	Radiocirurgia Estereotáxica, do inglês, <i>Stereotactic Radiosurgery</i>
SRT	Terapia de Radiação Estereotáxica, do inglês, <i>Stereotactic Radiation Therapy</i>
SSDE	<i>Size Specific Dose Estimate</i>
TBI	Irradiação Corporal Total, do inglês, <i>Total Body Irradiation</i>
TC	Tomografia Computorizada
TC- planeamento	Tomografia Computorizada de Planeamento
TLD	Termoluminescente
TPS	Sistema de Planeamento, do inglês, <i>Treatment Planning Systems</i>
UNSCEAR	Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atómica, do inglês, <i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
VMAT	Terapia em Arco Modulada Volumetricamente, do inglês, <i>Volumetric Modulated Arc Therapy</i>

V. Lista de Unidades de Medida

cm	Centímetros
Gy	<i>Gray</i>
HU	<i>Hounsfield</i>
kV	<i>Quilovolt</i>
MeV	<i>Megaelectrão-volt</i>
mm	Milímetros
mSv	<i>Millisievert</i>
MV	Megavolt
P50	Percentil 50
P75	Percentil 75
Sv	<i>Sievert</i>

Capítulo 1. Introdução

O cancro é uma doença com grande impacto na saúde e qualidade de vida da população mundial. Segundo o *Global Cancer Observatory*, em 2020, existiram 19,3 milhões de novos casos de cancro e um valor aproximado de 10,0 milhões de mortes por esta doença. Das várias zonas anatómicas que afeta, o cancro da mama superou o cancro do pulmão, tendo sido o mais diagnosticado mundialmente, com um número estimado de 2,3 milhões de novos casos (11,7%), seguido do cancro do pulmão (11,4%), cancro colorretal (10,0%), cancro da próstata (7,3%) e cancro do estômago (5,6%) (1). Em Portugal (PT), foram diagnosticados 60 467 novos casos de cancro e 30 168 mortes causadas por este, no mesmo ano. No sexo feminino, o cancro da mama lidera a tabela de prevalência desta patologia, e no que concerne ao sexo masculino é o cancro da próstata que ocupa esta posição (2).

Nas últimas décadas, tem ocorrido um aumento do uso da Radioterapia (RT) no tratamento de doentes com cancro, facto suportado por diversos estudos (3,4). Estima-se que no ano de 2025, o número de doentes diagnosticados com cancro na Europa atinga os 4,5 milhões, dos quais cerca de 50% precisarão de tratamento com RT (3). Com base nestas projeções, é possível estimar um aumento de 16% no número de tratamentos realizados com recurso a esta especialidade médica terapêutica, consoante o país europeu em questão (4).

Futuramente, os números que expressam o aumento do uso e da necessidade da utilização da RT como opção terapêutica, em diversas patologias e para toda a população, deverão funcionar como um ponto de consciencialização entre a política da saúde na Europa e a necessidade de investimento na área, desde os equipamentos à constante atualização dos profissionais qualificados. Relativamente às necessidades reais de recursos para cada país, no que diz respeito à RT, estão em constante atualização e são difíceis de prever. É por essa razão necessário estar atento à evolução da tecnologia, acompanhando a mesma com formação e educação (3).

Para além dos doentes, os profissionais que manuseiam radiação ionizante e que trabalham diariamente com esta, fornecendo o melhor cuidado, acompanhamento e tratamento ao doente, estão sujeitos a exposições regulares de pequenas doses de radiação em várias fases e locais do serviço de RT. Assim, a exposição à radiação de todos estes profissionais tem de estar legalmente regulamentada e protegida, tema ao qual se dedica a proteção radiológica do profissional (7).

A utilização de radiação ionizante vai além do tratamento da doença oncológica em si, existindo várias etapas até ao momento do tratamento, que incluem a utilização da radiação ionizante.

Desde a Tomografia Computorizada de planeamento (TC-planeamento), ao tratamento e à aquisição de imagens de verificação no tratamento, são vários os momentos em que o doente se encontra exposto. Aquando da elaboração do plano dosimétrico do doente, apenas as doses terapêuticas são incluídas nos cálculos dosimétricos, embora a exposição à radiação se encontre noutras etapas do percurso do doente nestes serviços e unidades. Assim, existe uma preocupação crescente com os níveis de exposição à radiação ionizante a que os doentes que passam pelo serviço de RT estão sujeitos.

O presente estudo insere-se na área da Saúde Ocupacional, nomeadamente na exposição à radiação ionizante de profissionais (e igualmente de doentes) e divide-se em três partes, sendo elas:

- Caracterização Nacional dos Serviços de Radioterapia;
- Exposição Ocupacional dos Técnicos de Radioterapia;
- Níveis de Referência de Diagnóstico em exames de TC-planeamento em tumores

da mama e da próstata.

Através dos resultados obtidos pretende-se promover as boas práticas entre centros de acordo com as recomendações internacionais, dado que em PT não existem dados relativos aos parâmetros que são analisados neste estudo.

Capítulo 1.1. Introdução sumária relativa à Radioterapia

A RT é uma componente terapêutica essencial no tratamento de neoplasias malignas (e por vezes, doenças benignas) com radiação ionizante. O princípio base e que sustenta a prática clínica nesta especialidade médica, assenta na irradiação de volumes alvo, com uma dose de irradiação calculada com precisão, maximizando o controlo tumoral e minimizando a dose nos Órgãos em Risco (OARs) e nos tecidos sãos circundantes. Os OARs definem-se como órgãos saudáveis próximos ao volume alvo cuja irradiação pode causar efeitos secundários (agudos ou tardios) nestes e por essa razão são incorporados aquando do planeamento, para que se diminua tanto quanto possível a dose administrada aos mesmos, evitando ultrapassar as suas doses de tolerância. Minimizar a dose nos tecidos saudáveis é de extrema importância, exige preocupação e cuidado no planeamento do tratamento, principalmente quando os tumores estão próximos de estruturas críticas. Para além disso, com o envelhecimento da população existe atualmente uma maior probabilidade de um mesmo doente desenvolver um segundo tumor e também este ter indicação para realização de RT. Motivo que torna ainda mais relevante o facto de diminuir tanto quanto possível esta dose.

Devido à evolução da tecnologia nos equipamentos usados em RT, é, no presente, possível tratar doentes com cancro, diminuindo os efeitos colaterais nos órgãos sãos. Fatores como o esquema de dose, as técnicas de irradiação e as propriedades biológicas do tumor e dos tecidos sãos, contribuem para o resultado final após RT (8–10). Neste capítulo serão abordadas as noções e definições básicas acerca da RT e do que esta integra na sua prática clínica diária, bem como os seus constituintes enquanto infraestrutura médica.

De modo genérico, a RT está indicada em quatro circunstâncias específicas, variando de acordo com cada caso clínico. Assim, pode ser utilizada a título curativo, como tratamento adjuvante, como tratamento neoadjuvante e como tratamento paliativo no tratamento quer de metástases quer de lesões primárias. Pode ser utilizada como terapêutica única ou combinada com outras estratégias, como a quimioterapia, a imunoterapia, a cirurgia ou como tratamento multimodal. A RT tem um papel importante no tratamento do cancro independentemente do intuito terapêutico, existindo diferenças no que concerne à eficácia e à resposta terapêutica de acordo com o tipo de lesão tratada. No que diz respeito a doentes com doença avançada, esta tem impacto a título paliativo com o objetivo de diminuir a repercussão negativa da doença na qualidade de vida do doente, possibilitando uma melhoria nesta (10).

A complexidade, a preparação e a exatidão com que os serviços e unidades de RT têm de lidar diariamente, requer uma equipa multidisciplinar complexa, bem estruturada e com níveis de conhecimentos específicos elevados, permitindo tratar dia após dia os doentes com a maior precisão e cuidado. A equipa multidisciplinar integra um conjunto de profissionais qualificados de diferentes categorias profissionais, que assumem diferentes funções e responsabilidades, no que diz respeito ao tratamento dos doentes e às atividades que desempenham. Apenas com níveis de competência elevados e uma clara definição de responsabilidades e tarefas é possível assegurar e garantir o cuidado adequado aos doentes submetidos a tratamentos de RT (9). Para tal, é necessária a interligação de toda a equipa durante as várias fases que constituem o percurso do doente na RT. Os tratamentos diferem entre si, as técnicas de irradiação são cada vez mais evoluídas e é necessário tratar e cuidar de cada doente como um caso particular e não tratar a doença em si como um caso genérico.

A equipa pluriprofissional nos serviços de RT acompanha o doente diariamente, desde o dia que se apresenta pela primeira vez no serviço/unidade, durante o tratamento e até ao seu seguimento. Esta, entre outros, contém médicos radioncologistas, físicos médicos, enfermeiros e técnicos de RT. O técnico de RT é o elemento da equipa com a responsabilidade de elaborar e definir o posicionamento do doente, capaz de planear dosimetricamente o tratamento, tratar o doente diariamente e realizar o acompanhamento deste durante o processo, entre outros. Todas estas aptidões que lhe são atribuídas requerem níveis de conhecimento e competência capazes de assegurar eficazmente o tratamento seguro e preciso de cada doente. É também o membro da equipa responsável por fazer diariamente a ponte entre o doente, o médico radioncologista e o físico médico (11). Com os sucessivos avanços tecnológicos presentes nos serviços e unidades de RT, os técnicos de RT representam uma profissão em constante evolução na prática clínica diária. É fundamental que assumam novas funções, mais especializadas e mais dedicadas, com maior nível de responsabilidade, exigindo formação contínua e garantindo tratamentos mais seguros e eficazes a cada doente (12).

Um serviço ou unidade desta especialidade é constituído por diferentes secções que o tornam um só no conjunto final. Integra *bunkers* (salas de tratamento) que possuem equipamentos capazes de debitar altas doses de radiação, na ordem de energia da Megavoltagem (MV); salas que contém equipamentos imagiológicos, como Tomografia Computorizada (TC) dedicada à RT ou Ressonância Magnética (RM); salas/blocos operatórios que incorporam a modalidade de Braquiterapia (BT) e os seus dispositivos e salas de dosimetria que incluem sistemas de planeamento, entre outros (11).

Quanto ao doente e análogo ao parecer clínico, aos resultados imagiológicos e à patologia, converge a confirmação da natureza do tumor e do seu estadiamento. Assim, é iniciado o processo e o doente é referenciado para realizar tratamento no serviço ou unidade de RT. Esta, como opção terapêutica, independentemente do intuito, requer um conjunto de passos e processos onde o doente se encontra como o elemento central. Deste modo, o doente segue as etapas:

- **Reunião Multidisciplinar de Decisão Terapêutica:** previamente à chegada do doente ao serviço de RT, um grupo de médicos de diferentes especialidades decide a estratégia terapêutica mais indicada para o doente, consoante a patologia, estadiamento e o estado clínico do doente;

- **Consulta de Pré-planeamento:** caso o doente tenha sido proposto para realização de Radioterapia Externa (RTE) ou BT é convocado pelo serviço de RT onde é realizada a sua observação e avaliação do estado clínico, pelo médico radioncologista. Tendo em conta os fatores clínicos decide-se o plano de tratamento mais adequado à patologia a irradiar (volumes a irradiar, esquema de tratamento, fracionamento, entre outros);

- **TC para Planeamento:** a grande maioria dos serviços e unidades de RT possui na sua estrutura uma sala dedicada à aquisição de imagens para RT com a presença de um equipamento de TC dedicado. Uma TC dedicada a um serviço de RT apresenta algumas diferenças quando comparada com uma TC presente num serviço de imagiologia que tem como objetivo principal o diagnóstico. Uma TC-planeamento apresenta algumas diferenças estruturais, como por exemplo a mesa plana do equipamento, os sistemas de imobilização utilizados, os lasers externos à TC, o *Field of View* (FOV) mais amplo da *gantry* e o *software* do sistema de planeamento incorporado (13,14).

As imagens que são realizadas com o objetivo de planear o tratamento envolvem raios-X, por norma com a aquisição de imagens através de uma TC de planeamento. Nesta fase, o técnico de RT tem a função de definir o posicionamento de cada doente utilizando os sistemas de imobilização mais adequados para cada tipo de patologia e adquirir as imagens. Os sistemas de imobilização são próprios para utilização em RT e permitem o posicionamento e imobilização do doente, sem interferir com os feixes de radiação pois são constituídos por materiais radiotransparentes. O posicionamento definido nesta etapa acompanha o doente ao longo de todo o tratamento e é específico para cada um, tendo em conta a área a irradiar, as comorbilidades e o biótipo/fisionomia deste (10).

As imagens de TC transpõem o posicionamento do doente que irá ser reproduzido todos os dias de tratamento e esta é uma fase fundamental na RT. Para qualquer patologia o doente é posicionado na mesa plana da TC utilizando suportes de imobilização adequados e é referenciado e marcado na pele através de tatuagens e alinhamentos que futuramente servirão para o posicionar aquando dos tratamentos. As tatuagens realizadas na pele do doente são visíveis nas imagens de TC pois também são assinaladas com material radiopaco. Estas marcações têm como objetivo conseguir deitar sempre o doente na mesma posição, evitando rotações e possibilitando o correto alinhamento do corpo nos sistemas de imobilização em todos os dias de tratamento (15).

As imagens adquiridas são incorporadas no sistema de planeamento e servem como base essencial para a delimitação de volumes alvo e OARs de cada doente. Como complemento à delimitação nestas imagens, podem ser utilizadas imagens de RM e de *Positron Emission Tomography - Computed Tomography* (PET-CT) que permitem ao médico radioncologista delinear, através da fusão destas com a TC-planeamento, com maior precisão e definição morfológica ou funcional, os volumes alvo, corrigindo margens e confirmando a extensão das lesões a delinear. Por vezes, apenas com a TC-planeamento não é possível distinguir com segurança tecido tumoral de tecidos são vizinhos e utilizam-se métodos imagiológicos com maior sensibilidade e especificidade para fazer esta distinção (16).

Utilizar a modalidade de TC como forma de obter imagens para o planeamento do tratamento tem a finalidade de se obterem imagens com alta geometria e fidelidade, verificar a posição do tumor e dos tecidos envolventes, sendo definidos e identificados com precisão. Estas imagens produzem um mapa de densidade eletrónica dos vários tecidos e da geometria tridimensional (3D) do doente, que posteriormente são utilizados nos cálculos de dose pelo sistema de planeamento e no tratamento (16).

- **Planeamento do Tratamento:** consiste no plano de tratamento de acordo com o que o médico radioncologista prescreve para cada doente. O sistema de planeamento recebe as imagens que foram adquiridas na TC-planeamento, o médico radioncologista desenha os volumes alvo e os OARs e o sistema cria os planos com diferentes prioridades de acordo com o que o físico médico e/ou o técnico dosimetrista decide como constrangimentos de dose. O planeamento de tratamento de cada doente contém a visualização 3D do mesmo, é calculada a fluência de dose por forma a cumprir as especificações e constrangimentos de dose estabelecidos através dos respetivos Histograma Dose Volume (HDV) e pode sempre ser

alterado ou otimizado. Inclui também algoritmos de cálculo de dose e modelos de feixes no plano de tratamento. Todas estas características contribuem para o cálculo final da dose no plano pessoal de tratamento de cada doente (16).

- **Simulação do Plano de Tratamento:** o tratamento do doente é verificado através de imagens de verificação antes de o iniciar. De acordo com a técnica de irradiação planeada pela equipa de dosimetria, verificam-se os campos/arcos/feixes de irradiação através de imagens que são comparadas com as imagens previamente adquiridas na TC-planeamento (16).

- **Tratamento:** é realizado o tratamento ao doente com altas doses de radiação ionizante, através de RTE e/ou BT.

Sumariamente, as etapas técnicas mais consideráveis que resumem o percurso do doente nestes serviços ou unidades são: a aquisição de imagens; o planeamento do tratamento e a realização do mesmo (16).

1.1.1. Tratamento com Radioterapia

A RT integra duas possibilidades terapêuticas e pode ser dividida e categorizada segundo estas. Classifica-se em *External Beam Radiation Therapy* (EBRT), mais comumente conhecida em português como RTE e em BT. Esta divisão tem em consideração a localização da fonte que produz e emite radiação ionizante, em relação ao doente.

1.1.1.1. Tratamento com Radioterapia Externa

Na RTE, a fonte de radiação é externa ao doente, proveniente de um Acelerador Linear (AL) ou outro modelo de equipamento de RT capaz de produzir doses de radiação terapêuticas. A RTE utiliza fótons de alta ou baixa energia, na ordem da MV, de acordo com aquilo que cada equipamento é apto a produzir, desde AL mais convencionais a equipamentos com diferentes especificações (16).

Na fase da realização do tratamento ao doente, este é realizado com um AL ou outro equipamento dedicado que utilize altas doses de radiação, localizado num *bunker*, comumente denominada sala de tratamento. O doente é posicionado na mesa de tratamento de acordo com o que foi previamente definido aquando da TC-planeamento, com os devidos sistemas de imobilização individuais. Este procedimento é realizado pela equipa de técnicos de RT, usando

o sistema de lasers externos fixos no *bunker*, as marcações realizadas na pele do doente e outros dispositivos adicionais e complementares presentes em cada sala. Depois de o doente ser devidamente posicionado, esta posição é confirmada através de imagens de verificação. Estas imagens permitem conhecer exatamente a localização dos volumes alvo e dos OARs antes de iniciar tratamento, pois o seu volume e posição podem variar ao longo das sessões de tratamento devido a movimentos internos, por exemplo. Embora o posicionamento dos doentes seja realizado com o objetivo de máxima imobilização e reprodutibilidade ao longo de todas as frações de tratamento, os volumes tumorais e os volumes sãos sofrem alterações, como diminuição, aumento ou inflamação, e é de extrema importância ter em consideração antes de qualquer irradiação terapêutica. A *Image Guided Radiation Therapy* (IGRT) nasceu e cresceu com o objetivo de confirmar através de imagens a posição exata de determinados volumes antes e/ou durante a irradiação no tratamento. A confirmação por imagens de verificação pode variar de acordo com o protocolo individual de cada serviço e ainda com o tipo de patologia associado a cada doente. A IGRT é utilizada por meio de aquisição de imagens, fornecendo imagens planas bidimensionais (2D) ou 3D em *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT), como forma de verificação do posicionamento do doente (16). Este sistema está incorporado no AL e consiste numa fonte de raios-X retrátil e um detetor/painel de silício amorfo (17).

Após todos os elementos anteriormente descritos estarem devidamente confirmados e verificados, prossegue-se à realização do tratamento de acordo com o que foi planeado, sendo por norma seguido o esquema de tratamento de cinco dias consecutivos por semana (normalmente denominados por frações diárias), intercalados com dois dias de pausa. Os feixes de radiação são direcionados ao volume alvo, em diferentes arcos de irradiação ou em campos estáticos, dependendo da técnica de irradiação utilizada. A duração de um tratamento é, usualmente, entre 10 a 15 minutos, dependendo da complexidade do posicionamento e do plano de tratamento. O fracionamento convencional administra frações diárias de 1,8 a 2 Gy, que permitem o balanço entre a reparação celular dos tecidos sãos e a diminuição da capacidade de recuperação das células tumorais, conseguindo controlo tumoral com uma taxa de efeitos secundários aceitáveis. Podem também ser utilizados outros fracionamentos, como por exemplo o hipofracionamento ou o hiperfracionamento (16).

1.1.1.2. Equipamentos de Radioterapia Externa

Os equipamentos presentes nos serviços e nas unidades de RT são diversos e têm particularidades que os distinguem. Cada departamento desta especialidade dispõe de equipamentos capazes de debitar doses de radiação terapêuticas. Com mais ou menos anos de funcionamento, com diferentes particularidades e indicações, com benefício superior para diferentes áreas patológicas, o intuito final é invariável entre eles. Na generalidade, os equipamentos de RTE que podem existir nos centros de RT especificam-se nos pontos mencionados em baixo, como se pode ver a partir da Tabela 1.

Tabela 1: Equipamentos de Radioterapia Externa.

Aceleradores Lineares (<i>Linacs</i>)	Os AL denominados comercialmente como <i>Linacs</i> , estão presentes na maioria dos serviços e unidades de RT e são os mais comuns para uso clínico. Os AL produzem feixes de fótons e de eletrões, tipicamente com energias compreendidas entre os 6 MV e os 18 MV e os 6 MeV e os 22 MeV, respetivamente. Presentemente, com o uso de técnicas especiais de intensidade modulada, as energias fotónicas comumente escolhidas pelos serviços, e que apresentam a possibilidade de serem usadas sem filtro aplanador, e por isso com elevado débito de dose, são as energias de 6 e de 10 MV. No caso dos feixes de eletrões a escolha é feita por forma a garantir uma gama de penetrações uniformemente espaçadas, sendo usual a utilização de feixes de energias de 6, 9, 12, 15 e 22 MeV (16).
Equipamentos com Cobalto-60 (Co-60)	Os equipamentos que utilizam o radioisótopo Co-60 no tratamento em RT, caracterizam-se como equipamentos com uma relativa invariabilidade na saída do feixe e previsibilidade de decadência devido à sua semi-vida bem definida. Como desvantagens apresentam a necessidade da substituição da fonte, neste caso de Co-60, não são aplicáveis quando há necessidade de utilizar grandes campos de tratamento/irradiação e apresentam grandes zonas de penumbra e pouco poder de penetração quando comparados com irradiação com fótons de alta energia, como nos AL mais usuais na prática clínica. Atualmente, e na maior parte dos serviços e unidades

de RT já não estão disponíveis e cada vez mais são substituídos por outros equipamentos mais modernos de RTE. Ainda assim, é visível o seu uso na RT atual, e a utilização de Co-60 na prática clínica diária verifica-se em equipamentos como o *Gamma Knife* e equipamentos de RT guiada por RM (10).

Gamma Knife

Os equipamentos de *Gamma Knife* definem-se em RT como dispositivos de radiocirurgia estereotática *Stereotactic Radiosurgery* (SRS). Desenvolveram-se com o objetivo de irradiar lesões intracranianas com feixes convergentes de radiação gama (γ) altamente conformados, emitidos por várias fontes de Co-60, com conformação para um ponto central. A radiocirurgia tem-se apresentado como uma alternativa minimamente invasiva no tratamento de tumores cerebrais primários e em doentes com doença metastática cerebral, introduzindo uma enorme mudança na irradiação cerebral em muitos doentes (10,18).

MRI-Linac

Os equipamentos de *MRI-Linac*, designados como equipamentos híbridos em RT, surgiram da combinação entre equipamentos de RTE com equipamentos de RM. Estes utilizam as vantagens inerentes da RM, como por exemplo a obtenção de melhor contraste nos tecidos moles e a adaptação do tratamento a cada doente na mesa de tratamento, em tempo real, todos os dias programados para tratamento. A vantagem da utilização de imagens de RM em RT é notória ao longo das últimas décadas, desde a sua obtenção como imagens de pré-planeamento até à aquisição das mesmas aquando do tratamento de RT, num bunker. Prevê-se que esta modalidade cresça nos vários serviços e unidades de RT nas próximas décadas (19).

Tomoterapia

A tomoterapia encontra-se presente em alguns serviços de RT e caracteriza-se pela combinação de dois equipamentos numa só *gantry*, resultado da junção de um equipamento de RTE com uma TC. A irradiação do tratamento ocorre *slice by slice* enquanto a mesa de tratamento/mesa da TC se movimenta, através do orifício da *gantry*,

da mesma forma que se realiza uma TC helicoidal, em tempo real. O tratamento é realizado aquando de uma velocidade constante da *gantry* que debita feixes de radiação enquanto a mesa se movimenta longitudinalmente também constantemente (10).

Cyberknife

O *Cyberknife* é um equipamento que é capaz de efetuar tratamentos com técnicas especiais de irradiação de radiocirurgia estereotáxica guiada por imagem, conhecida como SRS, e terapia de radiação estereotáxica, *Stereotactic Radiation Therapy* (SRT). Este equipamento fornece múltiplos feixes de fótons ao volume alvo, por via de um AL incorporado num braço robótico para pequenos volumes alvo, garantindo múltiplos ângulos de entrada do feixe. Com a capacidade de debitar feixes de radiação estritamente colimados aquando do movimento da mesa de tratamento, é um equipamento utilizado para irradiar lesões intracranianas e extracranianas que difere dos AL comuns (20).

Novos equipamentos que envolvem tratamento com fótons

Devido à evolução tecnológica, nomeadamente nos equipamentos de RT, e na sua forma de conformar cada vez mais a dose prescrita ao volume alvo, protegendo os OAR, nos últimos anos, a indústria tem desenvolvido projetos de equipamentos que permitem, por exemplo, feixes não co-planares sem rotações de mesa (10).

O mais recente equipamento da *Varian Medical Systems*, o *Halcyon™*, é um exemplo de progressão do design da RT em plena evolução. O seu design foi projetado com uma *gantry* fechada em “O”, ao contrário dos equipamentos convencionais e mais frequentes em arco “C”, resultando numa mais rápida instalação, manutenção, menor consumo de energia e fluxos de trabalhos mais simplificados. Foi concebido para que o tratamento de cada doente fosse direcionado em 100% IGRT com MV de alto rendimento. Embora a modalidade de kV-CBCT esteja agora disponível na nova versão, neste não é necessário o kV-CBCT convencional prévio ao tratamento, em detrimento de serem obtidas imagens de MV ortogonais ou de *Megavoltage Cone Beam Computed Tomography* (MV-CBCT) (21). O

MV-CBCT demonstra contraste nos tecidos moles satisfatório para IGRT, sem artefactos de metal nas imagens e é realizado com o mesmo isocentro que é utilizado para tratamento. No entanto, apresenta um desafio no que diz respeito às doses de radiação utilizadas. Em algumas regiões anatómicas, estas podem ser elevadas para os OAR/tecidos são envolventes. De qualquer forma, é possível utilizar diferentes protocolos de aquisição que ajudam na redução da dose aquando da aquisição com MV (22).

O objetivo é simplificar e reduzir os custos que a RT acarreta e colmatar as falhas que existem nesta especialidade em algumas regiões, gerando um impacto global que permita melhorar e alargar o acesso à população.

Equipamentos que envolvem tratamento com prótons e iões de carbono

A importância e o interesse dos iões de carbono e dos prótons na RT regem-se pelas vantagens que apresentam, como por exemplo o alto *Linear Energy Transfer* (LET) na região de pico de *Bragg* correspondente ao feixe. As partículas interagem com o tecido, diminuem a sua velocidade e depositam a maior parte da sua energia no final da trajetória (pico de *Bragg*). Esta vantagem e característica faz com que a deposição de dose em profundidade seja a mais aproximada do ideal, ao volume tumoral, preservando a conservação dos tecidos saudáveis adjacentes, fazendo desta modalidade de tratamento a mais vantajosa para tratar tumores próximos de regiões e estruturas sensíveis e em tumores pediátricos. Assim, resulta numa excelente conformação ao volume alvo, protegendo os tecidos circundantes ao tumor (23).

Os prótons e os iões de carbono são partículas carregadas com maior massa que tem uma importante propriedade quando interagem com os tecidos, quando comparados com os fótons. Quando comparados, os iões de carbono requerem energias bem mais altas do que os prótons, para a mesma profundidade em estudo. Estudos indicam que existe benefício no uso clínico de iões como o carbono em comparação com prótons. No entanto, não existe evidência clínica

que comprove com segurança tal benefício, porque os estudos realizados são retrospectivos e não existem comparações diretas com terapia de prótons (24).

Os centros que utilizam partículas carregadas no tratamento oncológico, necessitam de um ciclotrão ou de um sincrotrão, para a sua aceleração, para um sistema de múltiplas salas de tratamento. O custo da sua implementação e utilização reduz e limita em grande parte a expansão e alargamento no que diz respeito a esta tecnologia (10).

1.1.1.3. Técnicas de irradiação em Radioterapia Externa

Em RT, de entre os diversos equipamentos que permitem o débito de doses de radiação terapêuticas, existem diferentes métodos e formas de o realizar, ao qual se atribui o nome de técnicas de irradiação. Entre os constituintes que compõe um AL e/ou outro equipamento utilizado para tratamento em RTE, existe uma estrutura elementar, que se reinventou e que veio revolucionar as técnicas de irradiação, o *Multileaf Collimator* (MLC). Apesar de os sistemas de MLC terem sido desenvolvidos para conformar os feixes de radiação baseados em formatos 2D e 3D, atualmente torna-se essencial para qualquer serviço ou unidade de RT possuir técnicas especiais de irradiação como a *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) e a *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT) nos seus equipamentos (25).

1.1.1.3.1.3D Conformal Radiation Therapy

A evolução das técnicas de irradiação surge a partir de campos de irradiação 2D, com campos retangulares e que não se ajustam e/ou modelam aos contornos do tumor, como nas técnicas altamente conformacionadas. Para superar a limitação criada por estes campos, surge a *Three-dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) em que o sistema de MLC não dinâmico é utilizado para conformar a dose de radiação com intensidade uniforme ao volume alvo. A entrega dos planos de tratamento é realizada com base em imagens 3D do volume alvo (26).

1.1.1.3.2. Intensity Modulated Radiation Therapy

Com a evolução da técnica 3D-CRT surge a técnica IMRT, que possui um sistema de MLC capaz de modular os campos e os feixes de radiação. Estes, podem ser utilizados em dois modos: em modo dinâmico ou em modo *step-and-shoot*. No modo dinâmico, as lâminas de MLC movimentam-se aquando da irradiação, de acordo com o que foi preconizado no planeamento do tratamento, com o objetivo de modelar e conformar a dose ao volume alvo. No modo *step-and-shoot*, o feixe de radiação apenas é debitado no volume alvo quando as lâminas estão travadas. Estas variam de posição entre cada campo de irradiação e enquanto existe débito de dose no volume alvo estas não se movimentam, ao contrário do que acontece com as lâminas no modo dinâmico (25).

O tratamento com feixes de irradiação modulados, especificamente a IMRT, resulta na capacidade de conformacionar altas doses de radiação ao volume, minimizando a dose nos OAR de uma forma que não é possível fazê-lo com a técnica 3D-CRT (27).

1.1.1.3.3. Volumetric Modulated Arc Therapy

No que diz respeito à técnica especial de irradiação VMAT, esta permite conformacionar altas doses de radiação no tratamento dos volumes alvo, enquanto a *gantry* se movimenta em arco em torno do doente. Para além de melhorar a conformação da dose, também permite diminuir os tempos de tratamento (27).

1.1.1.3.4. Stereotactic Radiosurgery e Stereotactic Radiation Therapy

Quanto às técnicas de irradiação SRS e SRT, estas são utilizadas para irradiação de volumes alvo com altas doses de radiação, em lesões intracranianas, minimizando as doses nos tecidos são circundantes. Estas técnicas permitem a redução das margens de irradiação do volume alvo/tumor, reduzindo os riscos e complicações para doses de radiação elevadas. O termo SRS é utilizado quando o tratamento é contemplado entre 1 a 5 frações, enquanto que a SRT utiliza 6 ou mais frações para realizar o tratamento de RT (10).

1.1.1.3.5. *Stereotactic Body Radiation Therapy*

A RT estereotáxica corporal, mais comumente conhecida como *Stereotactic Body Radiation Therapy* (SBRT), é uma técnica de irradiação que utiliza altas doses terapêuticas numa fração única ou num baixo número de frações com alta dose por fração, bastante superior às doses atribuídas num fracionamento convencional. Possui precisão milimétrica, é altamente conformacionada e só pode ser efetuada em lesões de pequenas dimensões de forma a serem cumpridos os constrangimentos de dose dos OARs. Tendo em conta as particularidades deste tipo de tratamento é necessária grande precisão no posicionamento do doente e na localização da lesão a irradiar, sendo em muitos casos necessária a colocação prévia de marcadores fiduciais na lesão a tratar (10).

1.1.1.3.6. *Total Body Irradiation*

A *Total Body Irradiation* (TBI), é uma técnica de irradiação corporal total do doente. A irradiação passa pela distância do alvo à fonte de radiação de aproximadamente 4 metros, permitindo a divergência do feixe e a irradiação total corporal de um doente posicionado à distância calculada. Tem várias indicações, no entanto, atualmente não é frequentemente utilizado nos serviços e departamentos de RT (28).

1.1.1.3.7. *Intraoperative Radiotherapy*

A RT intraoperatória, *Intraoperative Radiotherapy* (IORT), é uma técnica de irradiação limitada a um baixo número de centros de RT. Envolve a irradiação dos volumes alvo durante a cirurgia, maximizando a dose ao volume alvo com menor prejuízo dos tecidos sãos vizinhos, sendo administrada apenas ao local da lesão tumoral. Atualmente, é pouco utilizada nos serviços e unidades hospitalares, devido à logística que acarreta (29).

A crescente abordagem no tratamento com técnicas especiais de irradiação requer maior certeza no compromisso da localização exata e precisa do tumor. Em resposta à exigência da confirmação da posição específica em que o volume alvo se encontra, os equipamentos de MV estão atualmente incorporados com dispositivos de aquisição de imagens que permitem visualizar em tempo real a posição do tumor e seguidamente realizar tratamento. A aquisição

de imagens de confirmação antes e durante os tratamentos, denominada IGRT, tem crescido no que diz respeito à verificação da localização precisa do tumor (27).

1.1.2. Tratamento com Braquiterapia

No que diz respeito à BT, as fontes radioativas seladas são colocadas diretamente no tumor ou muito próximo ao tecido a irradiar, quer seja diretamente quer seja através de vetores (16,30). Existem diferentes tipos de BT e esta modalidade pode ser categorizada de diferentes formas e subtipos, como se pode verificar na Tabela 2.

Tabela 2: Divisão e caracterização da Braquiterapia (31).

Caracterização BT	Descrição
	BT intersticial (fontes radioativas são colocadas dentro do tumor)
Posição Radionuclídeo	BT de contacto ou Plesiobraquiterapia (fontes radioativas são colocadas próximas do tumor/volume alvo) <i>Intracavitária; Intraluminal; Endovascular; Contacto</i>
Duração da irradiação	Implantes permanentes (fontes são implantadas definitivamente) Implantes temporários (implantes removíveis; fontes que são implantadas com uma duração de tempo específica) <i>Remote Afterloading Machines</i>
Taxa de Dose (ICRU) (32)	Low Dose Rate (LDR) 0.4-2Gy/h Medium Dose Rate (MDR)^a 2-12 Gy/h High Dose Rate (HDR) >12Gy/h Pulsed Dose Rate (PDR) largo número de pequenas frações/pulsos

^a MDR não é usualmente utilizada na prática clínica diária.

A BT tem a vantagem dosimétrica de circunscrever a dose ao volume alvo, comprometendo minimamente os órgãos adjacentes e que são muitas vezes uma preocupação na RTE. A dose é administrada de acordo com a volumetria (incertezas de volume e movimento) e estado atual do tumor, não necessitando de volumes acessórios e/ou margens. A BT pode ser usada sozinha ou em associação com RTE para alguns casos específicos. De forma genérica, as principais indicações para utilização de BT são cancros do colo do útero, endométrio, próstata e mama (30).

1.1.3. Serviços e Unidades de Radioterapia

A incidência de cancro nos países da Europa varia em número absoluto e em frequência relativa para cada tipo de cancro. Assim, é importante ter em consideração as diferenças existentes na frequência de cada tipo de cancro para cada país e avaliar o seu impacto sobre o número absoluto de novos doentes que necessitarão de tratamentos com recurso à RT (33). A idade da população e a incidência de cada tipo de cancro para cada região demográfica, são dois dos fatores mais importantes a avaliar no que concerne à previsão da utilização da RTE no futuro e se estão clinicamente relacionados, entre outros que também devem ser avaliados (4).

No que diz respeito à atual aplicação da RT no tratamento do cancro na Europa, esta é significativamente menor do que o uso ideal previsto na literatura, resultando e representando um grande desafio para cada país, aquando do planeamento e melhoramento dos seus recursos (33). Considerando a divergência de recursos na RTE e a crescente necessidade do seu uso, estes devem ser conduzidos como um estímulo para aumentar a consciencialização de políticas na saúde e na criação, desenvolvimento e investimento na RT, como necessidade essencial para as próximas décadas (4).

No que concerne à constituição de um serviço ou unidade de RT, à sua capacidade e organização de recursos humanos, ainda existe um reduzido número de diretrizes sobre a maneira ideal de os estruturar. Os fatores que intervêm nesse processo são múltiplos, no entanto, existem documentos e referências de entidades reconhecidas mundialmente, que servem como guia de orientação para a planificação de um serviço ou unidade hospitalar como o de RT.

1.1.4.Recomendações e criação de infraestruturas para os Serviços de Radioterapia

Na Europa, a investigação ligada à RT, à avaliação das suas infraestruturas e a tudo o que a elas está relacionado iniciou-se pelo projeto *Quantification of Radiation Therapy Infrastructure and Staffing Levels* (QUARTS), criado pela *European Society for Radiotherapy and Oncology* (ESTRO) (34). Mais tarde, esta avaliação e caracterização evoluiu com a análise e contribuição da *Directory of Radiotherapy Departments* (DIRAC) *database*, sustentado pela *Internacional Atomic Energy Agency* (IAEA). Atualmente, a base de dados mundial da DIRAC, que se encontra disponível do seu *website*, reúne todos os centros públicos, privados ou outras parcerias que possuem equipamentos de RT nas suas instalações e outras informações sobre os mesmos.

Em 2010, a ESTRO desenvolveu o *Health Economics in Radiation Oncology* (HERO) *Project*, que veio impulsionar e complementar o desenvolvimento dos projetos e bases de dados anteriores, com o intuito de desenvolver uma base de conhecimento e um modelo de custos estimado para a RT, ajudando cada país a obter dados sólidos no que diz respeito às necessidades desta especialidade terapêutica (35,36).

Segundo a ESTRO, inovações tecnológicas e científicas na área traduzem-se num aumento da necessidade de adaptar a RT a cada doente e fazer com que esta tecnologia chegue a toda a população que dela precise e devem ter em conta as necessidades existentes em cada país e nas suas áreas geográficas. Para tal, é necessário incluir cada vez mais a RT na oncologia multidisciplinar e esta não pode ser vista como uma área isolada.

Em 2012, a ESTRO adotou pela primeira vez uma visão estratégica para 2020, com o intuito de enfatizar a atuação da sociedade no desenvolvimento e promoção do papel da RT no tratamento multidisciplinar do cancro e do desenvolvimento da disciplina de Radioncologia. A ESTRO reconheceu a radiação utilizada com fins terapêuticos uma disciplina independente; a sociedade em si uma forte plataforma interdisciplinar a nível europeu e a RT um tratamento para o cancro grandemente otimizado e em constante melhoria e inovação. As inovações tecnológicas não oferecem apenas resultados e melhorias nos tratamentos de cada doente, todavia também acarretam desafios em redor da sua avaliação, educação, disseminação e implementação (3).

Assim, nos pontos mencionados em baixo, encontram-se descritas e resumidas *guidelines* e recomendações que dizem respeito à forma de organização e constituição de vários parâmetros que os serviços e unidades de RT devem ter em consideração, de acordo com as necessidades de cada região e de cada país.

1.1.4.1.Recomendações ESTRO – QUARTS Project (2005)

Em 2005, a ESTRO publicou *guidelines* acerca da capacidade dos serviços de RT na Europa através do seu projeto QUARTS. Na generalidade, todas as referências neste estudo publicadas foram e são atualmente utilizadas e aceites como *standard* universal. Assim, estas referências tornaram-se guias no que toca à planificação e caracterização da RT em muitas investigações e estudos até aos dias de hoje (37).

Equipamentos de Megavoltagem

Os resultados deste estudo revelaram, no que diz respeito aos equipamentos de MV, que a sua presença em cada país se devia refletir de acordo com a densidade populacional. Assim, a presença de equipamentos de MV em cada país deve basear-se em média no valor de 5,3 equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes. No entanto, pode ser-se mais específico e ter em consideração a classificação do país:

- 1 equipamento de MV por 183 000 habitantes ou 5,5 equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes (*High Resource Countries*);
- 1 equipamento de MV por 284 000 habitantes ou 3,5 equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes (*Medium Resource Countries*);
- 1 equipamento de MV por 500 000 habitantes ou 2,0 equipamentos de MV por 1 milhão habitantes (*Low Resource Countries*) (37).

Mais tarde, de acordo com o ESTRO-HERO *Survey* em 2014, estudo europeu que englobou 28 países, a média de equipamentos de MV por milhão de habitantes foi de 1,4 a 9,5 e a média do número de equipamentos por centro foi entre 0,9 a 8,2. Os números apresentados neste estudo mostraram-se alinhados com os da *QUARTS Project (2005)*, revelando e salientando a heterogeneidade bastante significativa no acesso a equipamentos modernos de RT (35).

Técnicos de Radioterapia

Em referência aos técnicos de RT, ao seu número e à sua distribuição em cada centro, estes devem ser dependentes da região onde os serviços estão inseridos e da complexidade dos tratamentos realizados. Tendo em conta a diversidade apresentada nos países europeus, tornando difícil a comparação entre estes, o número de técnicos por centro e/ou equipamento de RTE, estabelece-se na referência de 2 técnicos por equipamento de MV (37).

Equipamentos de TC-planeamento dedicados à Radioterapia

Quanto à presença de equipamentos de TC-planeamento dedicados à RT, o projeto QUARTS revelou que deve existir 1 por cada 2 equipamentos de RTE (37).

1.1.4.2.Recomendações DIRAC-IAEA (2013)

Em 2013, a DIRAC publicou dados relativos acerca da capacidade de infraestruturas de RT na Europa. Contou com a participação de 33 países e 1286 centros de RT. Baseou-se na referência que o projeto QUARTS divulgou, quanto ao número médio de tratamentos que um equipamento de MV deve conseguir suportar num ano. Este valor situa-se em 450 *courses* por ano e por equipamento de RTE, valor referência também para a IAEA (34).

Equipamentos de Megavoltagem

Quanto ao número de equipamentos de MV, que incluem vários tipos de equipamento, a DIRAC apresentou que a média por centro foi de 2,5 nos 33 países da Europa que participaram no estudo e que apenas 13 centros continham equipamentos com partículas carregadas. O estudo apresentou o número de equipamentos de RTE por milhão de habitantes na Europa e a sua média de 5,3, com uma grande variação entre os países participantes. Alguns países apresentaram centros com menos de 2 equipamentos por 1 milhão de habitantes, enquanto outros apresentaram 5 ou mais equipamentos por 1 milhão de habitantes (34).

Assim, a DIRAC e outros estudos realizados pela ESTRO-HERO avaliam a Europa como uma região em que existe uma grande disparidade na organização e avaliação dos serviços de RT entre países. Enquanto uns ultrapassam a referência de 4 equipamentos de RTE por centro de RT, outros encontram-se apenas com 2 ou até menos. Falando de equipamentos que não os de RTE, ainda é mais visível esta fragmentação. Apesar de os resultados revelarem uma melhor média de equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes e por departamento, ainda existem muitas disparidades entre os países europeus (34,35).

Braquiterapia

Quanto à BT, 945 equipamentos foram identificados como utilizadores de pelo menos um tipo de BT, dos quais a HDR prevalecia em 546 departamentos e a modalidade de LDR em 328. Assim,

dos 33 países participantes, 657 centros apresentaram a valência de BT, representando uma fatia de 52% de todos os centros (34).

1.1.4.3.Recomendações IAEA (2020)

Em 2020, a IAEA publicou dados acerca de 381 serviços e unidades de RT de todo o mundo e foram obtidos resultados acerca das equipas multidisciplinares, número de equipamentos existentes, controlo de qualidade das atividades e a complexidade dos tratamentos efetuados, entre outros. De acordo com a base de dados da IAEA-DIRAC, mundialmente existem mais de 7,000 serviços e unidades de RT, o que faz concluir que 5% dos mesmos participaram em pelo menos uma parte do estudo realizado por esta entidade.

Relativamente aos serviços de RT e de acordo com o resultado que a IAEA publicou, avaliaram-se as atividades de garantia de qualidade nos serviços de RT incluindo atividades multidisciplinares. Garantir um programa de controlo de qualidade envolve os profissionais, os recursos e um compromisso na gestão. Em RT, a garantia de qualidade não se limita apenas aos *check-up* diários que se realizam aos diversos equipamentos, mas também envolve atividades adicionais relacionadas com o departamento, doentes e equipamentos, como relatórios de incidentes, medidas de dose dosimétricas específicas para cada doente e “*patient planning meetings*” (38).

Equipamentos de Megavoltagem

No que diz respeito aos equipamentos de tratamento que realizam RTE com MV, dos serviços que participaram no estudo, 73% possuíam *Linacs* e 93% dos serviços possuíam pelo menos 1 AL. AL dedicados a RT estereotáxica e tomoterapia foram menos frequentes, mas existentes em alguns departamentos (38).

Equipamentos de aquisição de imagens para Radioterapia

Relativamente aos equipamentos responsáveis pela aquisição de imagens para o planeamento do tratamento, a grande maioria dos serviços apresenta uma TC-planeamento exclusiva da RT. Assim, 98% dos serviços possuem uma TC dedicada para o efeito. O acesso a modalidades de imagem como PET-CT e RM para aquisição de imagens para o planeamento do tratamento, não é tão frequente quando comparado com o uso de TC dedicada.

Quanto à presença de equipamentos de aquisição e verificação de imagens no tratamento, 59% dos departamentos responderam afirmativamente à presença de IGRT nas salas de tratamento. No que diz respeito a simuladores convencionais, estes apresentaram-se presentes em 45% dos serviços que participaram no estudo (38).

Número de profissionais

Os departamentos de RT que participaram foram questionados acerca do número de profissionais afetos ao serviço. Nos 381 departamentos participantes, existem 10 501 trabalhadores em tempo integral, organizados por categoria profissional: 53% técnicos de RT, 26% médicos radioncologistas, 17% físicos médicos e 4% técnicos dosimetristas. Este estudo refere que o número de profissionais que trabalham num serviço de RT está relacionado com o número de equipamentos que este possui. Assim, no que diz respeito aos técnicos de RT, existe uma média de 3,4 (entre 2,2 a 4,9) técnicos por unidade de tratamento/equipamento de MV. Quanto aos técnicos dosimetristas, existem em média 0,7 por unidade de tratamento (38).

Técnicas de irradiação

No que concerne à utilização de técnicas de irradiação, este estudo da IAEA refere que 93% dos serviços recorrem à técnica 3D-CRT, 72% recorrem à técnica especial de irradiação IMRT e 37% utiliza SRS/SRT nos seus tratamentos (38).

Braquiterapia

Quanto à BT, dois terços dos serviços oferecerem BT de alta taxa de dose, enquanto que a BT de baixa taxa de dose se encontra menos frequente (38).

Assim, em jeito de resumo, pode-se considerar que existem dois fatores que são determinantes e que permitem “comparar” internacionalmente os serviços de RT e avaliar as suas necessidades intra e inter-serviços. De entre os mais importantes, salientam-se o número de equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes e a média de equipamentos de MV por serviço. Um terceiro fator que indica o nível de desenvolvimento tecnológico de cada serviço é o uso de técnicas especiais de irradiação, como a IMRT, nos tratamentos administrados em cada serviço (34,39).

No entanto, mais fatores podem ser considerados e podem ser utilizados para determinar os níveis de desenvolvimento de cada serviço, colmatando necessidades.

A IAEA refere que para calcular as necessidades da equipa e do *staff* num serviço de RT, a todos os grupos e categorias profissionais, é preferível o uso de estimativas baseadas apenas no número de doentes por ano, especialmente quando são utilizadas técnicas avançadas e especializadas. O número de equipamentos de MV também pode ser discutido e delineado a partir desta referência (40).

1.1.5. Técnicos de Radioterapia presentes nos Serviços de Radioterapia

Quanto à presença de técnicos de RT nos serviços e unidades da especialidade, torna-se muito complexo conseguir estimar um número absoluto por serviço ou por equipamento, como já referido no ponto mencionado em cima. Existem valores referência que podem servir como guia aquando da contratação de novos elementos, mas dependerá a todo o momento de vários fatores.

De acordo com a IAEA, antes de iniciar qualquer programa de estratificação e planificação do número de trabalhadores necessários à prática clínica diária em RT, é necessário estimar o número de doentes tratados anualmente em cada serviço/unidade. A IAEA faz referência a 2 técnicos por equipamento de RTE até ao máximo de 25 doentes tratados diariamente. No entanto, o número de técnicos pode diferir entre 2 a 5 por equipamento de MV, dependendo da técnica de irradiação utilizada. Para os técnicos que se encontram a realizar aquisição de imagens na sala de TC-planeamento, o valor de referência estabelece-se nos 2 técnicos por cada 500 doentes que realizam TC-planeamento anualmente (11,40).

A *American Society for Radiation Oncology* (ASTRO) faz a referência para o valor aproximadamente igual de 1 técnico de RT por cada 90 doentes tratados anualmente. Este número pode ser mais baixo ou mais alto dependendo de vários fatores como já referido anteriormente. As técnicas de irradiação utilizadas, a complexidade do tratamento e do doente em si, pode fazer variar este número. A ASTRO recomenda também que devem estar presentes por equipamento de RTE, 2 técnicos devidamente qualificados (41).

Como foi referido em cima, o projeto QUARTS não recomenda firmemente e com diretrizes objetivas, o número de técnicos que devem constituir uma equipa em RT. Devido à grande variabilidade de localizações apresentada, distribuição de trabalho entre as várias disciplinas e

a complexidade do tratamento, torna-se difícil objetivar e quantificar. Outras entidades fazem as recomendações de acordo com números de tratamentos realizados, número de equipamentos disponíveis e/ou horas efetivas de trabalho (36).

Quanto à presença de técnicos de RT na modalidade de BT, presume-se que estes estejam presentes durante todas as aquisições de imagem realizadas ao longo do procedimento e aquando do tratamento em tempo real (40).

1.1.6. Serviços e Unidades de Radioterapia em Portugal

Nas últimas décadas a RT em PT sofreu uma enorme evolução no que diz respeito à sua complexidade em desenvolvimentos tecnológicos, novas técnicas de irradiação e incorporação de agentes biológicos e moleculares no cuidado e no tratamento do cancro. A RT sofreu alterações muito significativas no que diz respeito ao número e à modernização de equipamentos presentes nos seus serviços e unidades, nas técnicas de irradiação utilizadas e no recurso e criação de centros de referência para determinadas patologias.

A Entidade Reguladora da Saúde (ERS) em 2012, no documento “Acesso, Concorrência e Qualidade no Setor da Prestação de Cuidados de Saúde de Radioterapia Externa”, identificou e procedeu ao levantamento *in loco* dos recursos técnicos e humanos instalados e efetivamente utilizados em RT. Efetuou também uma análise do acesso dos doentes aos cuidados de saúde de RT. Assim, em março de 2012 existiam 23 estabelecimentos de saúde que prestavam cuidados de saúde de RT, dos quais, 7 localizados na Administração Regional de Saúde (ARS) Norte, sendo 3 de natureza privada e 4 de natureza pública; 2 na ARS Centro, ambos de natureza pública; 12 na ARS Lisboa e Vale do Tejo, dos quais 8 são de natureza privada e 4 de natureza pública; 1 na ARS Alentejo de natureza privada e 1 na ARS Algarve de natureza privada. Quanto ao número de AL em funcionamento, identificou-se um total de 40 AL, dos quais 15 encontram-se na ARS Norte, 5 na ARS Centro, 17 na ARS Lisboa e Vale do Tejo, 2 na ARS Alentejo e 1 na ARS Algarve (42).

No que diz respeito aos técnicos de RT, o último levantamento publicado através deste documento, com inclusão de técnicos dosimetristas indicou a presença de 299 técnicos de RT. No mesmo documento, recomendava-se que em 2018 o número de técnicos se aproximasse do número 558 (42).

Na segunda revisão do documento “Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referenciação de Radioterapia” publicado pelo Serviço Nacional de Saúde (SNS) em 2014, que diz respeito à caracterização da disciplina de Radioncologia e RT em PT, consegue concluir-se a difícil análise, avaliação e caracterização destes serviços, do mesmo modo que se verifica na Europa. Confirma-se a dificuldade e em PT, esta é difundida em diferentes prestadores de serviços dentro e fora do SNS. Os equipamentos que a eles pertencem são divididos e categorizados como pertencentes a diferentes setores e parcerias como setor público, setor privado e setor convencionado (43).

Este documento exprime também a situação da RT em PT e dita a existência de 26 serviços/unidades no ativo. Destes, 8 em funcionamento em hospitais do SNS e por ele geridos e 15 geridos pelo setor privado e convencionado. Os 3 serviços restantes caracterizam-se como parcerias público privadas, regimes de parceria pública privada com contrato limitado temporal e setor privado a operar dentro de um hospital do SNS e gerido pelo setor privado. De acordo com o mesmo documento, é possível observar 48 equipamentos de MV em PT, no ano de 2014, dos quais 38 equipamentos de MV apresentavam menos de 10 anos e 10 com mais de 10 anos de funcionamento (43).

Atualmente, através da base de dados da DIRAC presente no seu *website*, visitado em novembro de 2021, pode-se verificar que em PT, de acordo com a última atualização em junho de 2021, existem 24 centros de RT em funcionamento, dos quais se contabilizam e são parte integrante 56 equipamentos de MV para RTE. Ainda é possível verificar que existem 9 equipamentos de RTE com menos de 5 anos, 13 equipamentos entre 5 e 10 anos, 30 equipamentos entre 10 e 15 anos, 10 equipamentos entre 15 e 20 anos, 7 equipamentos entre 20 e 30 anos, 1 equipamento entre 40 e 50 anos e 3 que se encontram sem dados (*incomplete data*) (44). Quanto à BT, é possível verificar que à data existem em PT 17 “modalidades” em funcionamento. A distribuição geográfica dos centros que possuem RT em PT e nas ilhas, à data do estudo, pode ser visualizada na Figura 1.

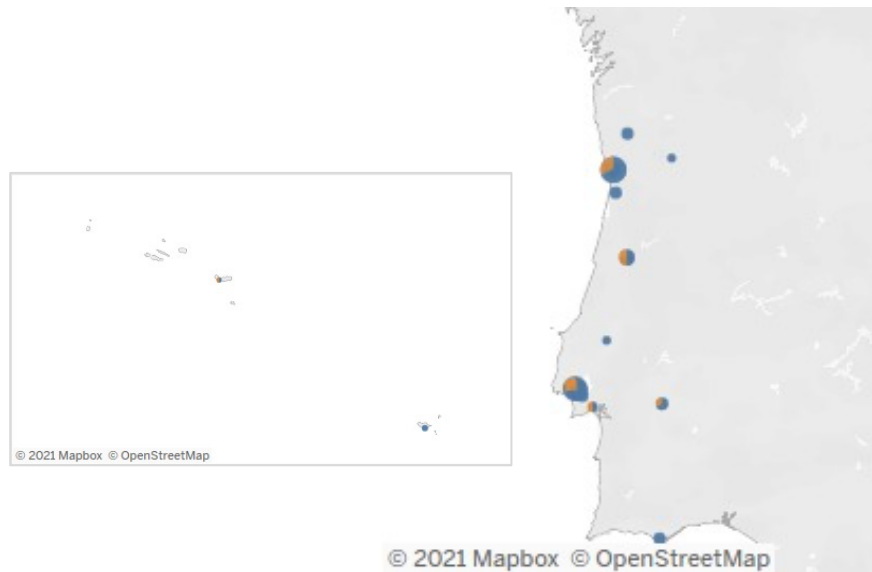


Figura 1: Distribuição dos Serviços de Radioterapia em Portugal Continental e nas Ilhas.

(Azul - Radioterapia Externa e Laranja – Braquiterapia)

Adaptado de <https://dirac.iaea.org/Query/Map2?mapId=2>, visitado em Novembro 2021.

Toda a evolução face a estudos e *guidelines* anteriores comprovam que a RTE e os seus serviços e unidades terão de acompanhar o crescimento esperado, tendo em atenção que a incidência do cancro varia demograficamente (p.e. idade da população e o crescimento da mesma) e que estes se apresentam como os fatores maioritários para o aumento de novos casos de cancro na Europa.

Capítulo 1.2. Exposição Ocupacional à Radiação Ionizante

A exposição à radiação ionizante está dividida em três categorias, entre elas, a exposição ocupacional, a exposição médica e a exposição do público. A exposição ocupacional incorre quando no decurso laboral, os trabalhadores estão expostos à radiação por força do seu trabalho. A exposição médica define-se como a exposição que decorre de doentes e da realização dos seus próprios exames médicos, da exposição de pessoas que estão voluntariamente a ajudar no suporte de doentes durante os seus exames médicos e de voluntários integrados em programas de pesquisa biomédica que envolva exposição. A exposição do público é toda a exposição para os membros do público a partir de fontes de radiação, excluindo exposições ocupacionais e médicas, e a radiação de fundo natural local normal, incluindo a exposição para práticas autorizadas em situações de intervenção. Neste capítulo será abordado o tema da exposição ocupacional à radiação ionizante nos serviços de RT, nomeadamente dos técnicos de RT (45).

A radiação ionizante entende-se como a energia transferida sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas, capaz de produzir iões direta ou indiretamente e os seus efeitos no corpo humano são complexos e dependentes do tipo de radiação, da intensidade e da energia. Os riscos associados à radiação ionizante devem ser avaliados e controlados devidamente pelos governos, órgãos reguladores e trabalhadores nos seus postos de trabalho, garantindo assim que materiais e fontes de radiação sejam usados de forma benéfica, segura e ética (46,47).

Indivíduos que trabalham com radiação ionizante ou fontes da mesma podem estar expostos como resultado da sua proximidade com esta ou com os materiais. A título de exemplo, diversas equipas hospitalares que incluem médicos, técnicos, físicos, enfermeiros e assistentes operacionais trabalham diariamente com exposição à radiação ionizante, em procedimentos guiados por fluoroscopia, manuseamento de radiofármacos em medicina nuclear, na RTE e na BT, entre outros. De acordo com o relatório da *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR) de 2008, médicos, técnicos, enfermeiros e outros trabalhadores que auxiliam na área da assistência médica, constituem o maior grupo individual de trabalhadores expostos ocupacionalmente a fontes de radiação artificiais (48). Estas exposições ocorrem em diversas modalidades, com manuseamento de material radioativo e/ou com produção de radiação X, quer a nível diagnóstico quer a nível terapêutico. Para a maioria dos trabalhadores que lidam com radiação ionizante, esta é parte integrante e aceite no dia a dia laboral (49). Contudo, é oportuno refletir sobre esta temática e limitar tanto quanto possível

a exposição à radiação e por conseguinte, a sua interação com as células, os tecidos do corpo humano e o seu funcionamento, porque se reconhece que poderá existir “*detrimento para a saúde*” humana (50).

Quando a exposição à radiação incorre como resultado laboral, gerido operacionalmente, obtém-se a definição de exposição ocupacional à radiação. Esta pode ocorrer de diversas formas, mesmo de forma segura, no entanto, os trabalhadores que a manuseiam estão expostos a exposições regulares de pequenas doses de radiação. Salienta-se que os trabalhadores expostos a radiações ionizantes no seu local de trabalho devem ser considerados uma população de risco, analogamente à qual é essencial prestar atenção tendo em conta o risco profissional, praticando uma rigorosa vigilância da saúde. A avaliação da saúde do profissional exposto a radiação ionizante, deve ser reconhecida por exames de saúde antes, durante a atividade de trabalho e após esta cessar, bem como se ocorrer uma exposição acidental. Assim, é assegurada a avaliação da exposição e/ou estado da saúde do trabalhador relativamente ao(s) risco(s) profissional(ais) que poderão ocasionar problemas de saúde (51).

No caso específico de um serviço ou unidade de RT é imperativo compreender que o técnico de RT é o elemento da equipa que mais frequentemente manuseia os diversos equipamentos que permitem o débito de altas doses de radiação terapêutica em RTE, ou seja, o manuseamento de radiação ionizante. Assim, deve manter em atenção, na sua prática clínica diária, três regras fundamentais e que se encontram como a base da segurança e proteção radiológica ocupacional, tais como, o tempo, as barreiras e a distância, que serão abordadas no capítulo afeto à proteção radiológica. Estes princípios devem ser rigorosamente cumpridos, pois não existe dose de radiação baixa ou pequena para não causar nenhum efeito, e quanto maior a exposição, maior o risco (5).

Com o crescente aumento e evolução da RT a nível mundial, surge a necessidade de realizar controlos de qualidade mais rigorosos a mecanismos de blindagem e barreiras de proteção, devido à evolução das técnicas de irradiação e aos novos desenvolvimentos tecnológicos dos equipamentos de MV. A RT é uma área de especial atenção, no que concerne às barreiras de proteção e aos níveis de exposição a que os profissionais estão sujeitos, pois utiliza radiações ionizantes de uma elevada gama de energias para fins terapêuticos.

1.2.1. Efeitos da radiação na saúde

A biologia celular e a sua abordagem, atuam como a disciplina capaz de ajudar a compreender os efeitos da radiação ionizante nas células, nos tumores e nos tecidos são das pessoas expostas. As células podem sofrer danos biológicos por efeito da ação física e/ou química da radiação nos átomos que formam as células (10). Os efeitos da radiação ionizante na saúde humana dividem-se em efeitos determinísticos e efeitos estocásticos e podem ser resumidos e agrupados nestas categorias:

- **Efeitos determinísticos:** expressam-se quando a exposição à radiação ionizante se revela em doses muito superiores aos limites de dose recomendados e, em situações de acidente, podem causar reações teciduais. Estes efeitos resultam de vários processos, nomeadamente morte celular ou atraso na divisão celular, provocados pela exposição a níveis altos de radiação. O dano clinicamente observável ocorre acima de uma dose limite, embora a extensão de qualquer dano dependa da dose absorvida e da taxa de dose. A gravidade da lesão aumenta com a dose (45,52);

- **Efeitos estocásticos:** expressam-se quando a exposição à radiação ionizante, mesmo em baixas doses, causa danos nas células e mais tarde poderão resultar numa mutação ou no desenvolvimento de um cancro induzido. Ou seja, estes efeitos podem ocorrer se as células forem mutadas, em vez de ocorrer morte celular. A probabilidade de ocorrência de cancro é maior para doses mais altas, mas o seu aparecimento pode resultar de qualquer irradiação e é independente da dose. Não existe um limiar de dose para estes efeitos e a gravidade é independente da dose absorvida pelo órgão ou tecido (53). Células que sofrem mutações e danos, nomeadamente células germinativas, cuja função é transmitir informações genéticas à descendência, são possíveis de desenvolver e transmitir efeitos hereditários de vários tipos aos progenitores do indivíduo exposto (45).

Existem potenciais danos na saúde do trabalhador que poderão levar à redução da esperança e da qualidade de vida, por força de efeitos estocásticos e determinísticos. Os limites de dose ocupacionais baseiam-se na consideração destes efeitos no profissional. Assim, utiliza-se a monitorização individual com o intuito de avaliar as doses nos trabalhadores, a fim de limitar ou controlar a incidência de efeitos na saúde (51).

1.2.2. Proteção Radiológica

A *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) define três princípios fundamentais no que diz respeito à proteção radiológica no âmbito de procedimentos que envolvam radiação ionizante: a justificação, a otimização e os limites de dose. O princípio da justificação afirma que qualquer decisão que altere a situação de exposição deve ser devidamente justificada em benefício do doente. O princípio da otimização menciona que na ocorrência de uma exposição, o número de pessoas expostas e a magnitude das doses individuais devem ser mantidas tão baixo quanto razoavelmente possível – *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA). A aplicação de limites de dose estabelece que a dose total para qualquer indivíduo numa exposição planeada não deve exceder os limites de dose estabelecidos para a exposição profissional ou para a exposição da população (7).

No que diz respeito aos parâmetros essenciais e que maximizam a proteção do trabalhador exposto à radiação ionizante, estes são: o tempo de exposição, a blindagem/barreiras e a distância à fonte. Quanto ao tempo de exposição à radiação, este deve ser minimizado ou ser reduzido ao menor tempo possível, reduzindo inevitavelmente a dose de radiação. A blindagem funciona como uma barreira de proteção na qual o feixe de radiação não a consiga ultrapassar. É necessário ter em atenção que à medida que as intensidades dos feixes de radiação aumentam, a espessura necessária para a absorver também aumenta. A distância à fonte, deve ser a maior possível, em concordância com a lei do inverso do quadrado da distância, reduzindo a dose ao mesmo tempo que se aumenta a distância à fonte. As barreiras e a blindagem devem ser adequadas ao tipo de exposição, bem como a distância à fonte (7).

Em RTE, o tempo de exposição propriamente utilizado para tratar o doente não pode ser controlado ou diminuído ao menor tempo possível, porque os tratamentos não podem ser controlados por este fator, nem as horas de trabalho dos profissionais podem ser diminuídas. Esse fator pode ser considerado aquando da TC-planeamento, por exemplo, com a otimização de protocolos. A blindagem encontra-se como o ponto mais relevante de avaliar em RT e que vai de encontro à construção do próprio serviço e à criação de infraestruturas adequadas à produção de radiação de alta energia e a sua proteção apropriada. A distância à fonte em RTE acaba por ser sempre a mesma pois a fonte produtora de radiação X encontra-se sempre localizada dentro do AL, no bunker, à mesma distância do doente e dos profissionais (54).

No que concerne à BT, estes fatores não são igualmente avaliados na mesma ordem de importância e são ainda mais relevantes porque existe o manuseamento de fontes radioativas

no bloco, quando se beneficia da modalidade de LDR, por exemplo. Estes fatores estão também dependentes do tipo e da modalidade de BT (7).

A implementação e o cumprimento de um programa de proteção radiológica, cuidadoso, que percebe os riscos e minimiza os trabalhadores à exposição de radiação ionizante, tanto quanto possível, permite que toda a equipa exposta a este fator realize procedimentos e atividades no seu local de trabalho sem incorrer riscos (7).

1.2.3. Legislação Portuguesa que estabelece os limites de dose para trabalhadores expostos

A exposição ocupacional à radiação ionizante ocorre em diversos serviços e instituições de saúde, onde se incluem, por exemplo, serviços de RT, radiologia, medicina nuclear, bloco operatório, gastroenterologia e enfermarias, entre outros. A legislação portuguesa define trabalhadores expostos à radiação ionizante, através da transposição da Diretiva 2013/59/EURATOM no Decreto-Lei (DL) nº 108/2018, de 3 de dezembro, como: *“As pessoas submetidas durante o trabalho, por conta própria ou de outrem, a uma exposição”* decorrente de atividades laborais *“suscetível de produzir doses superiores a qualquer dos níveis iguais aos limites de dose fixados para os membros do público”* (46,55).

Assim, este DL, publicado em Diário da República, estabelece o regime jurídico da proteção radiológica, transpondo a Diretiva 2013/59/EURATOM, do Conselho de 5 de dezembro de 2013. Fixa as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes. Esta diretiva revoga as Diretivas 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM E 2003/122/EURATOM (55).

De acordo com o DL nº 102/2009, de 10 de setembro, as *“atividades que impliquem a exposição a radiações ionizantes”* são consideradas de *“risco elevado”* e *“suscetíveis de implicar risco para o património genético”* (56). O mesmo DL estabelece ainda que cabe à entidade empregadora e, consequentemente, ao respetivo Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional, assegurar uma proteção eficaz dos trabalhadores expostos a fatores de risco profissionais, como a radiação ionizante, de forma a reduzir até ao nível mais baixo possível a exposição profissional e assim garantir a segurança, saúde e bem estar dos trabalhadores expostos (51,55).

1.2.3.1. Dose efetiva e dose equivalente

A dose efetiva é definida como a soma de doses equivalentes de tecido, cada uma delas multiplicada pelo fator de peso do tecido apropriado. A dose efetiva é baseada nas doses médias em órgãos ou tecidos do corpo humano e a sua medida fornece um valor que tem em consideração a situação da exposição, mas não as características de um indivíduo específico. O seu uso manifesta-se na avaliação da dose para planeamento e otimização da proteção radiológica e demonstração do cumprimento dos limites de dose para fins regulatórios (7).

No âmbito das tabelas expostas em baixo (Tabela 3 e 4), considera-se que a dose efetiva deve ser empregue como uma medida de quantidade de proteção. Para exposições ocupacionais os seus valores são expressos na grandeza *Sievert* (Sv). As grandezas de proteção avaliadas, como a dose efetiva, são utilizadas para avaliar efeitos estocásticos e a dose equivalente da pele, cristalino e extremidades para avaliar efeitos determinísticos. Assim, o limite de dose efetiva é o valor que não deve ser ultrapassado e o qual após este, ocorrerão efeitos determinísticos na saúde do trabalhador, para os órgãos e tecidos incluídos na definição de dose efetiva (57).

O trabalhador exposto à radiação ionizante tem estabelecidos níveis de referência para situações de exposição de emergência e para situações de exposição existentes, assegurados pelos Estados-Membros. Estes valores referência são estabelecidos de acordo com o tipo de exposição (55). De acordo com o Artigo 67.º, presente no DL 108/2018, de 3 de dezembro, os limites de dose para os trabalhadores expostos efetivam-se em: *“O limite de dose efetiva para a exposição profissional é fixado em 20 mSv num mesmo ano. No entanto, em circunstâncias especiais ou em certas situações de exposição identificadas na legislação nacional, a autoridade competente pode autorizar uma dose efetiva superior que pode atingir 50 mSv num mesmo ano, desde que a dose média anual ao longo de cinco anos consecutivos, incluindo os anos em que o limite foi excedido, não seja superior a 20 mSv”*, conforme apresentado na Tabela 3 (55). A *Publication 103* (ICRP) recomenda os mesmos valores de limites de dose para trabalhadores expostos (7).

Tabela 3: Limites de dose recomendados para trabalhadores expostos à radiação ionizante (55).

Tipo de limite	Limite Ocupacional
Dose efetiva	20 mSv por ano (pode atingir 50 mSv por ano)
Cristalino	20 mSv por ano ou 100 mSv por 5 anos consecutivos, sem que a dose máxima ultrapasse os 50 mSv
Pele	500 mSv por ano (média numa superfície de 1 cm ² de pele, independentemente da superfície exposta)
Extremidades (mãos e pés)	500 mSv por ano

No entanto, e para efeito de controlo e monitorização, os trabalhadores expostos são classificados pelo titular em duas categorias, categoria A e categoria B, alvos de controlo dosimétrico. A Tabela 4 apresenta os limites de dose efetiva na categoria A e onde se encontram “os trabalhadores expostos suscetíveis de receberem uma dose efetiva superior a 6 mSv por ano, ou uma dose equivalente superior a 15 mSv por ano para o cristalino do olho ou superior a 150 mSv por ano para a pele e as extremidades dos membros”. Os restantes trabalhadores expostos integram a categoria B (55).

Para trabalhadores pertencentes à categoria A, a monitorização por dosimetria individual deve ter uma periodicidade mensal e para trabalhadores de categoria B, uma periodicidade, no máximo, trimestral.

Tabela 4: Limites de dose efetiva para trabalhadores expostos à radiação ionizante, pertencentes à categoria A (55).

Tipo de limite	Limites de dose efetiva
Dose efetiva	6 mSv/ano
Cristalino do olho	15 mSv/ano
Pele e extremidades dos membros	150 mSv/ano

O técnico de RT enquadra-se na categoria A dos trabalhadores expostos à radiação. Assim, deve ser sistematicamente monitorizado com base em medições individuais efetuadas por um serviço de dosimetria responsável (55).

1.2.4. Dosimetria individual

Um dos aspetos mais importantes e que integra qualquer programa de proteção radiológica passa pela monitorização dosimétrica individual, seguindo as normas e limites de dose efetiva presentes na legislação nacional e *guidelines* internacionais. A monitorização individual avalia a dose para um determinado indivíduo/trabalhador através de medições individuais realizadas por um dosímetro, com o objetivo de estimar a quantidade de radiação com razoável precisão para o campo de radiação do local de trabalho. Em princípio, este pode ser distribuído por todos os ângulos de incidência e para energias de partículas, na ordem dos MeV próximos de AL de alta energia. A dosimetria do mesmo permite, através de medições e/ou cálculos, estimar a dose de radiação ionizantes num ponto, ou recebida pelo trabalhador (57).

De acordo com os artigos 9º e 10º do DL n.º 222/2008 de 17 de novembro e com o Manual de Boas Práticas de Monitorização de Profissionais, criado pela Direção-Geral de Saúde (DGS), todos os profissionais considerados como trabalhadores expostos a radiação ionizante devem ser alvo de controlo dosimétrico com uma frequência definida em função da sua classificação em categoria A ou categoria B. No caso da RT e dos técnicos de RT, é de particular importância avaliar a dosimetria individual para monitorização da exposição a radiação ionizante. A utilização de dosímetros individuais mostra-se como uma eficiente forma de estimar a dose efetiva recebida, de forma a estimar a dose devido a radiação externa (50,51).

Com dosímetros individuais, é possível avaliar os equivalentes de dose individuais à profundidade de 10 mm e 0,07 mm, respetivamente, $H_p(10)$ e $H_p(0,07)$ (58). O equivalente de dose individual é o Sv, e desta forma:

- A *Operational quantity* $H_p(10)$ pode ser estimada para fótons e eletrões com um único detetor, cuja dependência de energia do sinal de saída é aceitavelmente proporcional à dose absorvida no tecido, que é coberta com material de espessura igual a 10 mm. Esta grandeza é utilizada para avaliação da dose efetiva;

- A *Operational quantity* $H_p(0,07)$ pode ser estimada para fótons e eletrões e é usada para a avaliação de dose equivalente na pele, quando a exposição à radiação provém de campos não uniformes e relaciona-se com a grandeza referida acima (57).

Os dosímetros de monitorização individual apresentam-se em várias categorias: de corpo inteiro, de extremidades (punho ou anel) ou de cristalino e devem ser adaptados e apropriados ao campo de radiação que o local de trabalho detém e às características do trabalho de manuseamento das fontes de radiação. Assim, considera-se que:

- Com o dosímetro individual de corpo inteiro executa-se a avaliação dos equivalentes de dose individuais à profundidade de 10 mm e 0,07 mm, respetivamente, $H_p(10)$ e o $H_p(0,07)$;

- Com o dosímetro individual de extremidade (e.g.) avalia-se o equivalente de dose à profundidade de 0,07 mm, o $H_p(0,07)$ (57).



Figura 2: Exemplo de um dosímetro individual de corpo inteiro. Adaptado de https://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/personal_protective_equipment/tld_film_badges, visitado em Novembro de 2021.

O técnico de RT, independentemente da função que executa dentro de um serviço de RT (TC-planeamento/RTE/Dosimetria/BT) possui um dosímetro individual de corpo inteiro, requisito legal obrigatório (59). Os dosímetros usados como dosímetros de corpo inteiro são dosímetros Termoluminescentes (TLD) que medem níveis de exposição à radiação ionizante. Devem ser utilizados e colocados ao nível do tronco, sobre a roupa do trabalhador, pois este local representa o local principal de massa corporal e dos órgãos. Permitem uma leitura rápida e precisa (57). A utilização de dosímetro pessoal é obrigatória para os trabalhadores de zonas controladas e a escolha do mesmo deve ter em conta as grandezas que se pretende determinar, assim como as características da radiação presentes no local de trabalho (45,57).

1.2.5. Blindagem e Barreiras em Radioterapia

A exposição ocupacional dos profissionais à radiação deve contemplar a proteção da saúde destes contra os perigos que possam surgir da sua atividade. Em RT, esta deve contemplar uma avaliação qualitativa e quantitativa da radiação ionizante no posto de trabalho, que percebe a monitorização dos níveis de radiação primária, secundária (dispersa) e radiação de fuga existentes num determinado local. Pode ainda aprovar a adequação das barreiras de proteção existentes, assim como reconhecer quais os equipamentos de proteção coletiva e individual que os profissionais devem utilizar (59).

Os requisitos de proteção para a radiação ionizante utilizado em RT surgem com a necessidade de acompanhar o desenvolvimento de novas técnicas de irradiação e de atuais AL, adaptando mecanismos de blindagem e barreiras de proteção (60).

De acordo com a IAEA e seguindo as suas recomendações, as barreiras das salas de tratamento com MV em RT devem ser compostas por barreiras primárias e secundárias. O que permite determinar as barreiras necessárias e a sua espessura ideal são o tipo de equipamento e respetiva taxa de dose, presentes na sala de tratamento. As barreiras primárias são as barreiras que travam diretamente os feixes de radiação, como as paredes, o piso e o teto da sala de tratamento. Como usualmente, os serviços de RT são situados ao nível do solo, a blindagem do piso neste caso não é necessária e relevante. As barreiras secundárias são barreiras que não estão diretamente a travar a linha direta dos feixes de radiação, no entanto são precisas para proteger contra radiação dispersa que possa advir da *gantry* do AL e das paredes da sala de tratamento (60). A legislação nacional que atenta nas barreiras de proteção e nos seus cálculos apresenta-se no DL nº 180/2002, de 8 de agosto (61).

1.2.6. Áreas Controladas e Áreas Vigiadas em Radioterapia

Na área que contempla um serviço ou unidade de RT, deve manter-se o controlo sobre as fontes de exposição, sobre a proteção dos trabalhadores que estão expostos e devem tomar-se medidas nos locais de trabalho. A ICRP recomenda a classificação das áreas de trabalho em vez da classificação dos trabalhadores. Assim, surge a classificação de zona/área controlada e zona/área vigiada.

Uma área controlada é uma área definida, em que medidas de proteção específicas e disposições de segurança são, ou podem ser, necessárias para controlar exposições normais ou

prevenir a propagação de contaminação durante condições normais de trabalho (7). O DL nº 108/2018 refere que nesta área, por força do contexto laboral, seja possível que a exposição a que os trabalhadores estão sujeitos durante um ano possa ultrapassar uma dose efetiva de 6 mSv por ano, ou três décimas de um dos limites de dose fixados no artigo 67º do mesmo DL (55). Uma área vigiada é aquela em que as condições de trabalho são mantidas sob retificação, mas normalmente não são precisas ações especiais. Uma área controlada geralmente está dentro de uma área vigiada (7). Através do DL nº 108/2018 é possível corroborar que as áreas vigiadas possam ultrapassar uma dose efetiva de 1 mSv por ano, para exposição ocupacional (55).

Em RT, e na sua prática clínica diária as zonas controladas e as zonas vigiadas são bem delimitadas e definidas. As zonas controladas incluem as salas de tratamento, as salas/blocos de BT que administram LDR e/ou HDR e todas as salas onde são armazenadas e/ou manipuladas fontes radioativas. Estas zonas devem estar limitadas por barreiras físicas ou paredes, sinalizadas com o símbolo internacional de radiação ionizante. O acesso à sala deve ser controlado e os trabalhadores que nestas trabalham devem possuir monitorização individual. Uma zona vigiada em RT integra o espaço que inclui as consolas de comandos dos equipamentos de RTE e/ou BT, bem como o espaço envolvente às salas de tratamento e/ou armazenamento de fontes radioativas, se os níveis de dose forem suficientemente baixos. Em resumo, as áreas controladas e as áreas vigiadas em RT devem conter controlo de acessos, sinalética adequada, *interlocks* de emergência e devem ser controladas por dosimetria individual de cada trabalhador. Nestes serviços, para além das áreas vigiadas e áreas controladas, devidamente definidas e delimitadas, existem as áreas livres/públicas que contemplam gabinetes de consulta, salas de espera, entre outros, onde não existem limitações e controlo de exposição à radiação (62).

Existem quadros legislativos e administrativos que devem ser seguidos no que diz respeito à formação nesta matéria. O trabalhador responsável pela proteção radiológica de um serviço e/ou o trabalhador que possua do cargo de dirigir, avaliar e monitorizar esta divisão deve também ser detentor de formação específica na área (59). A proteção radiológica quer do trabalhador quer nas instalações tem sido desenvolvida por via de várias inovações da ciência. Futuras inovações na RT exigirão um compromisso de pesquisa e de formação multidisciplinar, que contemplem qualidade e segurança laborais, sempre com o objetivo de melhorar o dia a dia hospitalar.

Capítulo 1.3. Níveis de Referência de Diagnóstico em exames de TC-planeamento em tumores da mama e da próstata

A realização de exames imagiológicos através da utilização de radiação ionizante, quer para fins diagnósticos quer para fins de planeamento em RT, representa uma exposição artificial de dose para a população. Esta tem de ser uma preocupação por parte de quem a prescreve e/ou administra, independentemente do fim. Para tal, sempre que possível, deve reduzir-se os níveis de exposição do doente à radiação, visto que a população em geral se apresenta vulnerável aos efeitos biológicos desta. Por mais justificada que seja a sua utilização em procedimentos médicos, as técnicas de proteção radiológica não devem ser descuradas.

Cada vez mais existe uma preocupação crescente com os níveis de exposição a que os doentes que passam pelo serviço de RT estão sujeitos. São várias as etapas que completam este processo e às quais a radiação ionizante está presente. Desde a TC-planeamento, ao tratamento e à aquisição de imagens de verificação no tratamento, são vários os momentos em que este se encontra exposto.

Os tumores da mama, segundo *Global Cancer Observatory*, encontram-se posicionados como os mais diagnosticados mundialmente, representados com os valores percentuais de 11,7% e o cancro da próstata com 7,3% (2). A RT é uma componente importante em Oncologia e é visível quando se fala nas patologias de mama e de próstata. Mais de um terço dos homens com cancro da próstata localizado são tratados com RTE e a irradiação da mama continua a ser o padrão terapêutico após cirurgia de conservação (62).

Neste capítulo serão abordados os temas relacionados com a exposição à radiação em exames de TC-planeamento nas patologias de mama e da próstata.

1.3.1. TC para Planeamento em Radioterapia

A utilidade da TC para aquisição de imagens em RT tem o principal objetivo de fornecer imagens 3D do doente, nomeadamente do tumor e dos OARs. As imagens são incorporadas e enviadas para o sistema de planeamento e fornecem a densidade eletrónica dos tecidos com vista ao planeamento do tratamento e aos cálculos de dose (63). A TC é uma etapa de extrema importância em RT, pois determina a posição e a extensão da lesão que será tratada e fornece uma imagem de posicionamento do doente, que permanecerá ao longo do tratamento. A

precisão e a reprodutibilidade são elementos essenciais quando falamos na escolha do posicionamento de um doente. Este requer sistemas de imobilização específicos que devem atravessar a *gantry* da TC durante a aquisição das imagens (14).

A qualidade das imagens de TC que são adquiridas em RT não pode comprometer a delineação, o planeamento e verificação de tratamento. Os objetivos da realização de uma TC com intuito diagnóstico ou intuito de planeamento em RT são distintos. Em RT, a imagem tem de possuir qualidade suficiente que permita identificar as densidades eletrónicas dos tecidos e realizar os cálculos de dose com base nestas (64). Por exemplo, é necessário adquirir imagens com a mesma *tensão* (kV) para garantir a conversão exata de unidades de *Hounsfield* (HU) para a densidade eletrónica dos tecidos (65). As delineações dos volumes alvo e dos órgãos de risco são realizadas nestas imagens e qualquer incerteza na delineação pode afetar a própria delineação de órgãos saudáveis e causar incertezas no momento de verificação do tratamento por falha na delineação inicial. Assim, um aumento de dose em TC para aumento da qualidade de imagem pode ser justificado em RT, de acordo com a patologia a tratar e técnica de irradiação definida (64).

Em RT, as *ranges* adquiridas em cada TC-planeamento incluem o volume alvo e os OARs de acordo com a patologia em questão, incluindo margens superior e inferiormente aos volumes. Estas *ranges* não tem em atenção limites anatómicos rígidos, mas sim margens que por vezes são alargadas devido às técnicas de irradiação que são colocadas em prática aquando do tratamento. A dose associada à realização de TC-planeamento é mínima e irrelevante quando comparada com a dose terapêutica que é aplicada no tratamento, no entanto, a TC continua a ser uma modalidade imagiológica que utiliza doses de radiação relativamente altas e é necessário ter as mesmas em consideração, principalmente no que se refere à exposição dos órgãos radiosensíveis. Um doente que seja proposto para realização de RT é exposto inúmeras vezes a radiação pela modalidade de TC, desde o diagnóstico, ao pré-tratamento e ao *follow-up*. Assim, consegue reforçar-se a importância da dose ser sempre tão baixa quanto possível (66).

As aquisições de imagem por TC estão associadas a doses de radiação relativamente altas, com um correspondente risco de carcinogénese. Assim, a emprego desta modalidade deve ter em consideração os princípios básicos para a proteção radiológica – justificação, otimização e limites de dose – garantindo que o risco para cada doente submetido à realização de uma TC não supere o benefício (67). Mesmo em RT, as doses de radiação devem ser consideradas em todas as fases do percurso do doente nesta especialidade.

A otimização de dose na TC-planeamento em RT tem como objetivo a diminuição da dose nos protocolos de aquisição, enquanto se obtém boa qualidade nas imagens adquiridas, parâmetro que não pode ser descurado. Os quatro elementos fundamentais que definem a qualidade de imagem são o ruído presente na imagem, o contraste da imagem, a resolução espacial e os artefactos (15). Atualmente, equipamentos de TC estão dedicados aos serviços de RT porque possuem particularidades que não são utilizadas em radiologia de diagnóstico. Assim, todas as exigências clínicas que os protocolos de TC-planeamento têm de incorporar, fazem com que esta tenha de possuir técnicas, instrumentos e configurações adicionais (63).

1.3.2. TC para Planeamento de Mama e de Próstata

Devido à exigência do posicionamento para qualquer patologia em RT, este dever ser o mais reprodutível possível ao longo do tratamento, terá de ser o mais estável e terá que ter em conta as comorbidades e o conforto do doente. De acordo com cada serviço e com os protocolos estabelecidos, os posicionamentos pouco variam para as patologias da mama e da próstata e encontram-se bem estabelecidos, variando os sistemas de imobilização utilizados, de acordo com a gama de dispositivos disponíveis no mercado. As ilustrações do posicionamento para a patologia de mama (A) e de próstata (B) podem ser observadas na Figura 3. Usualmente, estes são posicionados em decúbito dorsal e em *headfirst*.

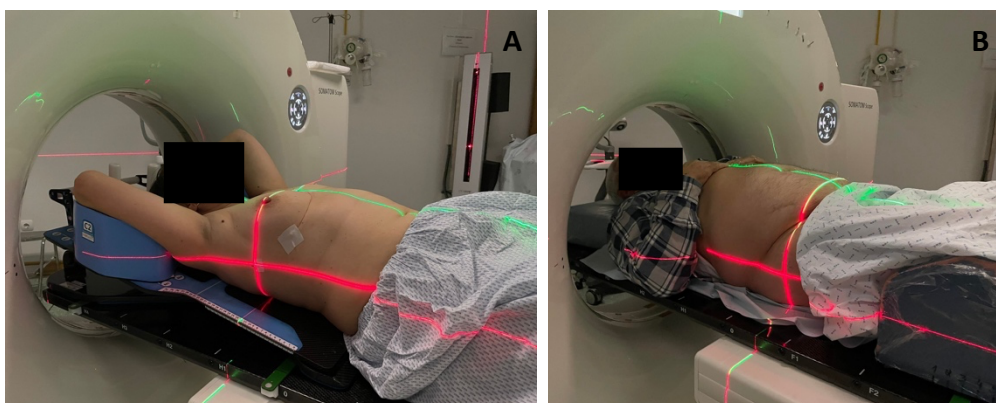


Figura 3: Exemplo de posicionamento TC-planeamento. A - para tumores da mama e B - para tumores da próstata. Fonte própria com autorização dos envolvidos.

No que diz respeito às regiões do tórax e da pélvis, traduzindo a aquisição de imagens para tratamento da mama e da próstata, respetivamente, a *range* adquirida abrange sempre o tumor, com um volume de tecido normal superior e inferior. As aquisições não são limitadas e

podem abranger mais ou menos cortes axiais, ou seja, qualquer que seja a patologia devem incluir 5-10 cm supra e inferiormente ao volume alvo (66). A *range* para aquisição de imagens na patologia de mama inclui o volume mamário completo, sem incorporação de gânglios, e os OARs considerados necessários para delimitação nesta patologia, desde meio do pescoço até meio dos rins. Para a próstata, as imagens incluem também os volumes alvo e os OARs, desde a região de L3-L4 até abaixo do *ísquion* (66).

1.3.3. Níveis de Referência de Diagnóstico

O DL nº 180/2002 define os Níveis de Referência de Diagnóstico (NRD) como: *“níveis de dose na prática médica de radiodiagnóstico ou, no caso de produtos radiofármacos, níveis de atividade para exames típicos em grupos de pacientes de tamanho médio ou em modelos-padrão para tipos de equipamento de definição alargada. Estes níveis não devem ser ultrapassados nos procedimentos habituais quando são aplicadas as boas práticas correntes relativas ao diagnóstico e à qualidade técnica”* (61). Deseja-se que não sejam ultrapassados em procedimentos padrão, quando existe uma prática adequada e regular no diagnóstico e procedimento técnico. Os NRDs têm como objetivo contribuir para a otimização da proteção radiológica a nível local e a identificação de doses elevadas, sendo um ponto de Percentil 75 (P75) na distribuição de radiação observada nos doentes (68). O P75 de uma distribuição de dose é frequentemente usado como Níveis de Referência de Diagnóstico Nacionais (NRDN), quando é estabelecido a partir de uma pesquisa de descritores de dose ou registos de dose, numa ampla região geográfica, com diferentes parâmetros práticos e diferentes equipamentos. A média ou Percentil 50 (P50) dentro de uma instituição é mais usada como NRDs locais e não deve exceder, teoricamente, os NRDN (69).

A medição e utilização de NRDs na prática médica tem-se mostrado um instrumento de suporte para procedimentos de diagnóstico por imagem. Estes devem ser elaborados tendo em conta um grupo de doentes padrão, podendo sofrer alterações, caso existam doentes fora deste e não devem ser excedidos em práticas clínicas comuns (65). A ICRP afirma que o seu uso permite identificar situações em que a exposição do doente é desadequada. Não são considerados como a dose sugerida ou ideal para um procedimento específico ou um limite máximo absoluto por dose, ou seja, não tem qualquer ligação com limites de dose ou restrições e não podem ser aplicados a doentes individuais (69).

Os princípios da proteção radiológica recomendados pela ICRP devem ser conhecidos por todos os profissionais do serviço de RT, nos quais se integram a justificação clínica, a otimização das práticas e a aplicação dos limites de dose. As *guidelines* devem ser usadas como referência, adequando a técnica radiológica a cada doente, tendo em conta a sua história clínica, as dimensões e as condições do doente, de forma a adquirir uma imagem com qualidade diagnóstica ideal e com a mínima exposição de radiação (69).

No que diz respeito aos NRDs na prática clínica diária em RT, estes podem ser considerados, na aquisição de imagens na TC-planeamento, na simulação de tratamentos, incluindo a verificação do posicionamento do doente nos tratamentos através da aquisição de imagens. Valores de NRDs para modalidades de TC de diagnóstico já existem e atualmente são valores de referência em muitos países, todavia em RT, os diferentes requisitos de qualidade de imagem requeridos e os volumes das *ranges* para cada patologia impedem a sua aplicação. Atualmente, existe uma crescente preocupação com os níveis de dose e muitos estudos já publicaram valores de NRDs para TC-planeamento em RT (66).

Os protocolos utilizados em radiologia e em diagnóstico estão constantemente a ser alvo de otimizações, inclusive por parte da indústria, e cada vez mais as entidades responsáveis pelos países publicam e estabelecem NRDs para estes exames. Quanto à RT, o panorama da otimização de protocolos de TC-planeamento ainda não é uma prática comum, mas já é possível acompanhar melhorias nesse aspeto em alguns países (64).

A TC-planeamento é um elemento essencial e indispensável ao planeamento do tratamento dos doentes e por isso, e de acordo com a legislação, os níveis de dose de radiação ionizante devem ser mantidos tão baixos quanto razoavelmente possíveis, mesmo nos centros de RT (70). Os equipamentos TC apresentam valores de dose para cada exame que neles é realizado. Assim, encontram-se os valores de dose relativos aos descritores de dose, *Volume Computed Tomography Dose Index* ($CTDI_{vol}$) e *Dose-Length Product* (DLP) em cada exame. O $CTDI_{vol}$ revela e compara *radiation output levels* e o DLP é o produto do $CTDI_{vol}$ pela *range* adquirida (cm). O parâmetro que pode ser avaliado e que tem em conta o tamanho do doente é a *Size Specific Dose Estimate* (SSDE). Considerando o tamanho do doente, e tendo em conta o tamanho deste, é possível incorporá-lo e relacioná-lo com as doses recebidas. A SSDE representa a dose de radiação considerando o diâmetro efetivo de cada doente, parâmetro não corrigido no descritor $CTDI_{vol}$ (71).

Capítulo 2. Objetivos do estudo

O presente estudo divide-se em três momentos totalmente relacionados com a RT. Deteve por objetivo contactar todos os centros de RT existentes em PT, em funcionamento à data do estudo. De cada centro participante, pretendeu-se recolher dados sobre os seus recursos e a sua organização; os dados dosimétricos relativos à exposição ocupacional dos técnicos de RT e valores de dose de TC-planeamento realizadas a doentes com tumores da mama e da próstata. Assim, encontram-se explicitados em baixo os objetivos.

2.1. Caracterização Nacional da Organização dos Serviços de Radioterapia

Pretendeu-se, em primeira instância, caracterizar todos os serviços de RT portugueses públicos, privados e convencionados, em funcionamento, realizando uma caracterização dos equipamentos existentes nestes serviços, designadamente, equipamentos de TC-planeamento dedicados à realização de imagens para planeamento e para realização dos tratamentos de RTE; as técnicas de irradiação executadas na prática clínica diária e presença na modalidade de BT, entre outros. Esta temática do estudo objetiva-se também em realizar um levantamento do número de profissionais técnicos de RT, por setor de atividade e se a sua distribuição cumpre os rácios legalmente estabelecidos. Visa caracterizar e avaliar a RT nacional e compará-la internacionalmente. Atualmente, não existe nenhum documento referência que caracterize e defina o número de técnicos de RT em PT a exercer funções e em que categorias de setor de atividade. Pretende-se com estes dados melhorar as condições de trabalho dos profissionais, apresentando sugestões de recomendação e diminuindo a possibilidade de ocorrências de incidentes.

2.2. Levantamento e Avaliação de Valores de Exposição Ocupacional

Este ponto abrangeu o levantamento da exposição profissional dos técnicos de RT à radiação ionizante e pretendeu-se estabelecer uma avaliação quantitativa da radiação no posto de trabalho. Avaliou-se retrospectivamente a dose de radiação recebida pelos trabalhadores expostos, de acordo com os valores de dose presentes em dosímetros de corpo inteiro individuais. A informação disponibilizada consistiu na análise das doses ocupacionais, dos trabalhadores monitorizados, das respetivas instalações, organizados por setores de atividade.

O objetivo passou por avaliar se os valores recolhidos estavam de acordo com o preconizado para esta categoria profissional, tentando relacionar os diferentes postos de trabalho com os valores de exposição ocupacionais mensais.

2.3. Estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico

Com este ponto do estudo pretendeu-se o estabelecimento de NRDs em contexto hospitalar, a partir de valores de descritores de dose, recolhidos em exames das regiões anatómicas da mama e da próstata, em TC-planeamento em RT. Tenciona-se estabelecer valores de referência nacionais em exames de doentes submetidos a TC-planeamento nas unidades de RT Portuguesas, a fim de comparar os NRDs dos exames nas patologias descritas acima, com diferentes dados descritos na literatura. Através dos resultados obtidos pretende-se promover as boas práticas entre serviços de acordo com as recomendações europeias. Uma vez que os doentes com tumores da mama ou tumores da próstata correspondem a uma percentagem significativa de todos os doentes tratados com RTE, torna-se relevante tomar como ponto de partida para avaliação de NRDs estes doentes, obtendo o impacto clínico mais significativo possível. Este objetivo do estudo visa propor NRDs nacionais na área da RT, nomeadamente na modalidade de TC-planeamento, neste caso, para as regiões anatómicas da mama e da próstata. Após a apresentação deste trabalho, serão enviados a todos os centros participantes os valores de NRDs locais correspondentes.

Capítulo 3. Materiais e Métodos

Após aprovação do presente estudo por parte Comissão de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, procedeu-se ao início do mesmo, com a revisão da literatura acerca do estado atual dos centros de RT europeus e mundiais e a sua caracterização; acerca da exposição ocupacional de profissionais nos serviços de RT e acerca dos NRDs existentes para TC-planeamento referentes às patologias da mama e da próstata. As palavras chave utilizadas para a pesquisa já foram apresentadas. A revisão da literatura foi realizada a partir da base de dados da *PubMed*.

Neste estudo, para atingir os objetivos propostos, primeiramente foi efetuada uma base de dados com todos os centros que possuem RT em PT Continental e Ilhas, e foram estabelecidos os primeiros contactos. Foram enviados os pedidos de autorização a todos os centros para participação no estudo. Dos centros contactados, não foram incluídos no estudo os centros que não se encontravam disponíveis para participar, à data da realização do pedido de autorização, e os centros que não responderam em tempo útil, quer ao pedido de autorização para a sua realização, quer devido ao atraso nas autorizações das respetivas Comissões de Ética e Departamento de Proteção de Dados. Foram também excluídos os serviços que não se encontravam em funcionamento e/ou os que os equipamentos de MV se encontravam inativos.

Procedeu-se ao envio do formulário aos centros em que a autorização foi devidamente aprovada pelos organismos competentes. Para cada serviço que aceitou participar, foi endereçado ao técnico coordenador e/ou à pessoa responsável pela recolha dos dados, via correio eletrónico institucional, um *link Google Forms* que continha o protocolo do estudo, a informação ao participante e o formulário de consentimento informado e os três questionários que correspondiam aos três objetivos do estudo (documentos em ANEXO). O documento relativo à informação ao participante e o formulário de consentimento informado sofreram algumas adaptações exigidas pelos organismos competentes de cada instituição que aceitou participar no estudo. Assim, na primeira parte do formulário encontrava-se o protocolo do estudo, a informação do participante e o formulário de consentimento informado, com o objetivo de o estudo ser consentido pelo elemento selecionado para a recolha e para o preenchimento dos questionários. O indivíduo incumbido para a recolha dos dados, em cada instituição, ficou responsável pela veracidade dos mesmos, pela sua anonimização e aleatoriedade da amostra. A segunda parte do formulário integrava o questionário online e a

terceira e quarta parte um campo para carregamento de um ficheiro em formato de folha de cálculo *Microsoft Excel®*, no mesmo formulário.

O formulário de recolha dos dados recebeu respostas durante 9 meses, de fevereiro a dezembro de 2021. Após este período, o formulário foi encerrado.

Assim, o estudo foi dividido em três momentos com a respetiva recolha de dados para cada um. Numa primeira instância foram recolhidos os dados relativos à caracterização dos serviços de RT, em segundo lugar, a recolha de dados dosimétricos relativos à exposição ocupacional dos técnicos de RT e em terceiro os valores de dose relativos a TC-planeamento de mama e de próstata, dos serviços e unidades participantes no estudo, como podemos verificar nos pontos seguintes.

3.1. Caracterização Nacional da Organização dos Serviços de Radioterapia

Por cada serviço participante recolheram-se 19 questões fechadas acerca: do número de AL em funcionamento à data do preenchimento; do número de AL com 10 ou mais anos de funcionamento; do número de TC dedicadas à RT (presentes no serviço); do número total de técnicos de RT a exercer funções; do número de técnicos por turno em AL; do número de técnicos por turno na TC-planeamento; do número de técnicos que não trabalham nos AL ou na TC-planeamento (p.e. dosimetria ou BT); do número de horas que contempla um turno num AL; do número de horas que contempla um turno na TC-planeamento; se existe rotatividade dos técnicos de RT entre os turnos na TC-planeamento e nos AL; se a rotatividade se verificasse, qual a periodicidade da rotatividade entre turnos em AL e TC-planeamento; do número de técnicos que exercem funções nos dois postos de trabalho (TC-planeamento e AL); do número de técnicos que apenas realiza turnos nos AL; do número de técnicos que apenas realizam turnos na TC-planeamento; das técnicas de irradiação que estão implementadas no serviço e da(s) modalidade(s) de BT. Para todos os itens recolhidos de cada serviço, foi realizada estatística descritiva e análise de medidas de tendência central e foi elaborada uma comparação descritiva de acordo com o que as referências internacionais e *guidelines* referem.

3.2. Levantamento e Avaliação de Valores de Exposição Ocupacional

Este ponto objetivou-se com o levantamento de valores de exposição ocupacional de 10 técnicos de RT, de cada serviço que participou no estudo, escolhidos aleatoriamente de acordo com o(s) seu(s) posto(s) de trabalho. Assim, foram recolhidos os valores de dose de 10 dosímetros individuais de corpo inteiro, bem como o mês correspondente ao valor recolhido; o setor de atividade (TC-planeamento ou AL) que desempenharam nesse respetivo mês e a categoria do dosímetro correspondente. As doses pessoais relatadas neste estudo são baseadas na leitura Hp(10), considerada a dose equivalente à dose administrada em todo o corpo, observada como dose de corpo inteiro no relatório dosimétrico pessoal. Por meio de análise retrospectiva, foram avaliados através de estatística descritiva todos os itens acima descritos e comparados valores de exposição ocupacional para trabalhadores com risco ocupacional por exposição à radiação ionizante no capítulo de discussão.

3.3. Estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico

Em cada serviço que participou na recolha de dados, foram recolhidos 20 exames no total, 10 exames de TC-planeamento realizados para a patologia de mama sem regiões ganglionares envolvidas e 10 exames de TC-planeamento realizados para a patologia de próstata, independentemente da estratégia terapêutica. Foram escolhidos aleatoriamente os 10 últimos exames de cada patologia, disponíveis no sistema e foi necessário aceder também aos ficheiros de dose de cada exame recolhido. Assim, recolheram-se os seguintes dados: o género; a idade; o diâmetro antero-posterior (AP); o diâmetro lateral (L); os valores de $CTDI_{vol}$ – mGy e os valores de *Dose Length Product* (DLP – mGy.cm) para a aquisição e os valores totais; as dimensões de *range* utilizadas e as espessuras de corte.

Nesta modalidade, as dimensões anatómicas AP e L foram calculadas através de medições horizontais em corte axiais das TC-planeamento, sendo medidas pele a pele pelo Técnico de RT responsável pela recolha de dados em cada serviço. Para a patologia de mama (A), as medições foram realizadas ao nível do apêndice xifoide e na patologia da próstata (B) ao nível das cristas ilíacas. Estas ilustrações podem ser confirmadas na Figura 4. Mais tarde, realizou-se o cálculo dos diâmetros efetivos (AP+L) para cada amostra e teve como propósito a cálculo do valor de SSDE.

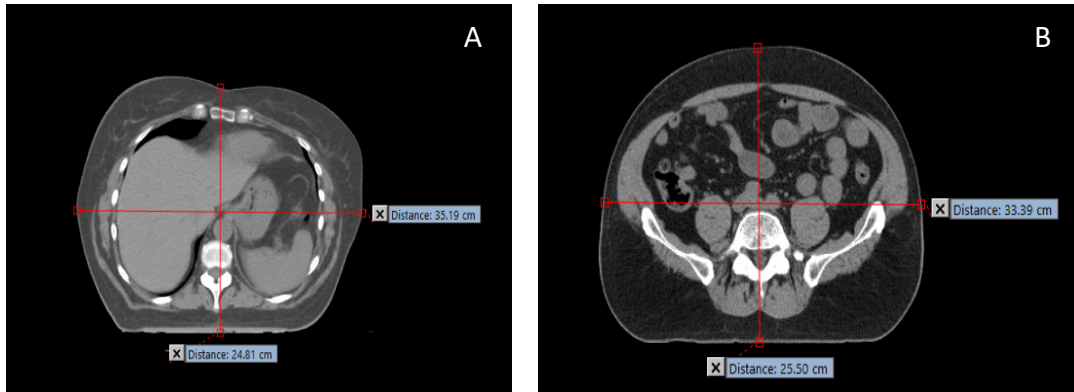


Figura 4: Exemplo de medição AP e L em cortes axiais de TC-planeamento, medida pele a pele.
A – ao nível do apêndice xifóide na TC-planeamento de mama e B – ao nível das cristas ilíacas na TC-planeamento de próstata.

Através da análise retrospectiva dos valores, relativos à modalidade de TC, foi realizada estatística descritiva e análise de medidas de tendência central, foram avaliadas as diferenças significativas através dos testes estatísticos *Student-Newman-Keuls* e ANOVA, entre os valores de diâmetro AP, diâmetro L, espessura de corte, *ranges*, $CTDI_{vol}$, DLP, SSDE.

De modo a apresentar uma proposta de valor de referência nacional, de acordo com o RP 185, foi calculado com base nos valores de P50 dos valores de dose por procedimento, o valor do P75 por descritor de dose ($CTDI_{vol}$ e DLP) por região anatómica (72). Este valor foi posteriormente comparado com outros estudos no capítulo de discussão.

Capítulo 4. Resultados

Na totalidade, foram contactados, via correio eletrónico institucional, 26 centros que possuíam serviço/unidade de RT, 8 centros do setor público e 18 centros do setor privado. Desta forma, 2 centros não incorporaram o estudo devido à sua inatividade, refazendo um total de 24 centros ativos em PT, à data da realização do estudo.

Este estudo contou com dados relativos de 6 centros de RT, que aceitaram participar e que responderam ao formulário enviado, 4 centros do setor público e 2 centros do setor privado. Todos eles colaboraram na amostra para os três objetivos do estudo. Cada um deles foi responsável pelo preenchimento dos três pontos a avaliar. Obteve-se um rácio de respostas de 25% (n=6). O setor público engloba na totalidade 8 centros de RT, e para este estudo conseguiu-se um rácio de respostas de 50% neste setor, correspondendo a 4 centros. O setor privado engloba 16 centros de RT e, neste estudo, participaram 2 centros deste setor.

4.1. Caracterização dos Serviços de Radioterapia em Portugal

Para este objetivo do estudo, que visa caracterizar a RT em PT e as suas infraestruturas, obteve-se um rácio de respostas de 6 centros. Assim, e seguindo a divisão por área geográfica, 3 dos centros que participaram no estudo pertencem à região geográfica da ARS Norte, 1 centro pertence à região geográfica da ARS do Centro e 2 centros pertencem à região geográfica da ARS de Lisboa e Vale do Tejo.

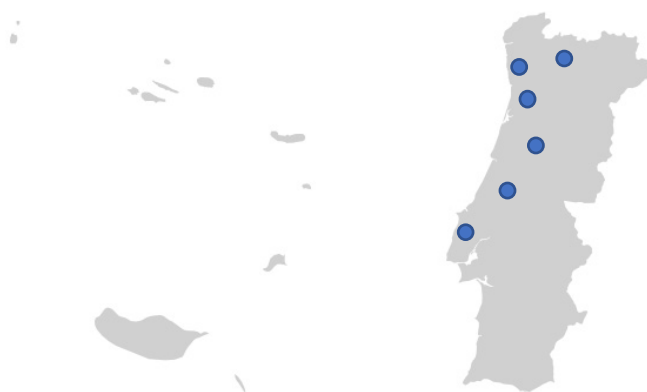


Figura 5: Distribuição geográfica dos centros de RT participantes no estudo.

Equipamentos de Megavoltagem

No que diz respeito à RTE, nos 6 centros participantes do estudo, existem 12 AL em funcionamento, à data, pelo que se obteve uma média de 2 AL por centro [Mín. 1-4 Máx.]. Como todos os centros possuem AL, como equipamento de RTE, pode-se categorizar e nomear os equipamentos de MV em AL. Destes 12 AL em funcionamento, 7 AL possuem 10 ou mais anos de funcionamento, o que resulta numa média de 1,17 AL por centro [Mín. 0-3 Máx.].

TC-Planeamento

Nos 6 centros participantes no estudo, o número total de TC-planeamento dedicadas à RT é de 7, o que resulta numa média de 1,17 TC-planeamento por centro [Mín. 1-2 Máx.].

Técnicos de Radioterapia

O número total de técnicos dos 6 centros é de 103, o que corresponde a uma média de 17,17 técnicos por centro [Mín. 4-44 Máx.]. O número de técnicos que exerce funções quer na TC-planeamento quer nos AL é de 40, correspondendo a uma percentagem de 39%. O número de técnicos que apenas exerce funções em AL é de 43, correspondendo a uma percentagem de 42%. Nenhum dos centros apresenta técnicos dedicados exclusivamente a exercer funções na TC-planeamento. O número de técnicos a exercer outras funções, para além da TC-planeamento e AL, concretiza-se nas funções de coordenação e dosimetria. O número total de técnicos na dosimetria é de 16, correspondendo a uma percentagem de 15% e por cada centro o seu número varia de 0 a 7. No que diz respeito às funções de coordenação, 2 dos centros apresentam técnicos a exercer função exclusivas de coordenação, o que na totalidade se concretiza em 4 técnicos no total, correspondendo a uma percentagem de 4%. Todos estes valores estão representados no Gráfico 1.

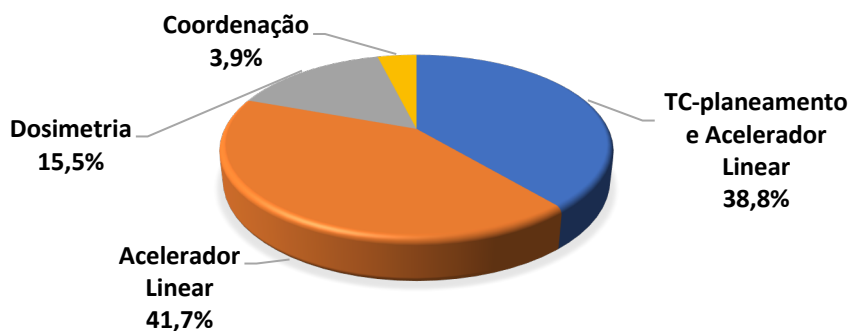


Gráfico 1: Gráfico representativo dos valores percentuais das funções desempenhadas pelo número total de técnicos da amostra.

O número de técnicos de RT por turno por AL varia entre 2 a 4, enquanto que o número de técnicos por turno em TC-planeamento varia entre 1 a 3. A média de técnicos de RT por turno por AL é de 2,5 enquanto que por turno por TC-planeamento é de 1,8.

No que diz respeito ao número de horas num turno, num AL, este valor varia entre 4 e 12 horas apresentando uma média de 7,3 horas/turno/AL. Quanto aos turnos na TC-planeamento, número de horas num turno em TC-planeamento varia entre 4 e 8 horas apresentando uma média de 6,5 horas/turno/TC-planeamento.

Existe rotatividade dos técnicos de RT entre os turnos de TC-planeamento e AL em todos os centros. A periodicidade de rotatividade destes técnicos é semanal em 4 centros, trimestral em 1 dos centros e num dos centros não existe periodicidade definida, como se pode verificar no Gráfico 2. Nenhum centro apresenta periodicidade mensal na rotatividade dos técnicos. Todos os valores relativos às percentagens da periodicidade de rotatividade dos técnicos estão expressos no Gráfico 2.

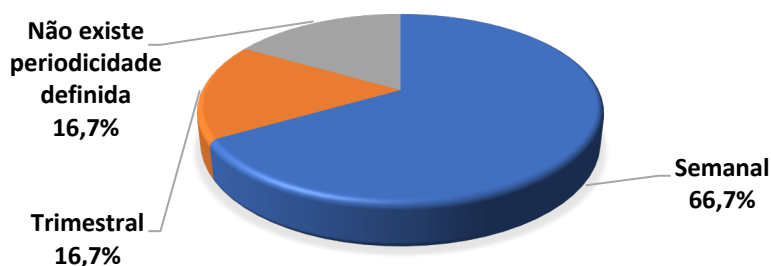


Gráfico 2: Gráfico representativo da periodicidade de rotatividade do número total de técnicos da amostra, nas modalidades de AL e TC-planeamento.

Técnicas de Irradiação

Quanto às técnicas de irradiação utilizadas nos tratamentos, todos os centros realizam tratamento com a técnica 3D-CRT e contemplam pelo menos uma técnica especial de irradiação na sua prática clínica diária. Dos 6 centros participantes, 6 centros efetuam tratamento com a técnica 3D-CRT (100%), 5 centros efetuam tratamento com a técnica IMRT (83,3%), 5 com a técnica VMAT (83,3%) e 4 realizam tratamentos com recurso a SBRT (66,7%). Estes valores podem ser observados no Gráfico 3.

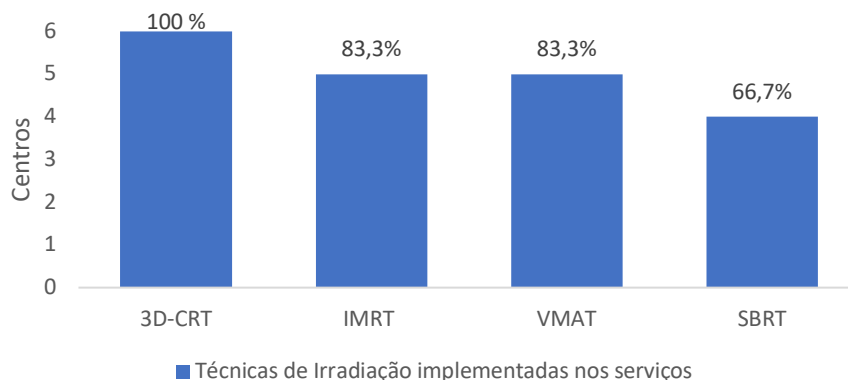


Gráfico 3: Gráfico representativo da frequência de realização das técnicas de irradiação implementadas nos centros participantes no estudo.

Braquiterapia

Dos 6 centros participantes, 3 possuem a modalidade de BT e 3 não possuem esta modalidade. Assim, 1 centro utiliza apenas HDR nesta modalidade, 1 centro utiliza apenas LDR e 1 utiliza as duas modalidades de HDR e LDR. Estes valores podem ser observados no Gráfico 4.

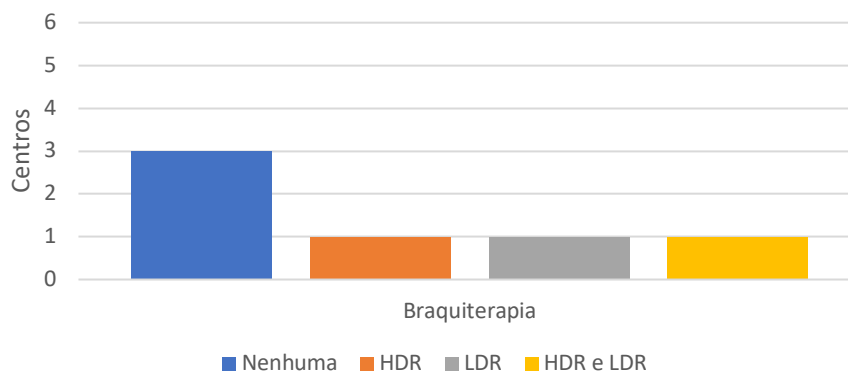


Gráfico 4: Gráfico representativo da frequência das modalidades de BT implementadas nos centros participantes no estudo.

4.2. Exposição Ocupacional

No que diz respeito à exposição ocupacional dos técnicos de RT, a exercer funções à data da resposta do questionário, foram recolhidos dados de 54 profissionais, que correspondem a 54 dosímetros individuais de corpo inteiro. Estes dados foram recolhidos dos 6 centros participantes no estudo, 4 centros do setor público e 2 do setor privado. Todos os centros participaram com amostras de 10 dosímetros, exceto um centro que apenas participou com uma amostra de 4 dosímetros.

Na totalidade, 74% da amostra corresponde ao setor público e 26% da amostra ao setor privado.

Face à morosidade de respostas das autorizações das respetivas Comissões de Ética de cada centro, os dados recolhidos da dosimetria individual de cada participante, correspondem ao período entre os meses de Junho e Outubro de 2021.

Quanto ao setor de atividade correspondente a cada dosímetro/técnico de RT, é possível observar que 63% dos técnicos desempenha atividades nos postos de AL e na TC-planeamento; 29,6% desempenha funções apenas em AL e 7,4% apenas desempenha funções na TC-planeamento.

Toda a dosimetria ocupacional registada e recolhida dos 54 dosímetros é 0 mSv, independentemente do setor de atividade associado, nomeadamente TC-planeamento e/ou AL.

Quanto à categoria dos dosímetros, apenas 1 centro privado apresenta dosímetro com leitura trimestral, que se integra na categoria B. Todos os restantes, 4 centros públicos e 1 centro privado, apresentam dosímetros de leitura mensal, integrando-se na categoria A.

4.3. Níveis de Referência de Diagnóstico

Na totalidade, foram analisados 119 exames, recolhidos dos 6 centros que participaram no estudo, 4 do setor público e 2 do setor privado, com 79 e com 40 exames de TC-planeamento, respetivamente. O setor público com uma percentagem de 66,4% e o setor privado com uma percentagem de 33,6% de exames de TC-planeamento recolhidos.

De acordo com a divisão da amostra por região anatómica, 60 exames correspondem a TC-planeamento da mama e 59 exames correspondem a TC-planeamento da próstata.

A média de idades da amostra foi de 67 anos (± 11). A média de idades por região anatómica foi de 62 anos ($\pm 11,7$) para a patologia de mama e 71 anos ($\pm 8,2$) para a patologia da próstata.

Relativamente aos diâmetros recolhidos de cada TC-planeamento foram medidos os diâmetros AP e L, e posteriormente calculados os diâmetros efetivos (AP+L). De todos os parâmetros recolhidos para cada exame de TC-planeamento, não foram recolhidos diâmetros AP e L do centro 2. Assim, na totalidade foram examinados 99 diâmetros AP e L.

Na região anatómica da mama, no parâmetro diâmetro AP, verifica-se que não existe diferença estatisticamente significativa entre centros. Quanto ao diâmetro L, há diferença estatisticamente significativa no centro 5. Na região anatómica da próstata, quando se analisa o diâmetro AP não existe diferença estatisticamente significativa entre centros. Quanto ao diâmetro L, existe diferença estatisticamente significativa no centro 6 e no centro 4. Estes valores estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5: Valores de diâmetro AP, diâmetro L e diâmetro efetivo para exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 5 centros.

		Centro 1	Centro 3	Centro 4	Centro 5	Centro 6
Valores de Diâmetro (mm)		Média (Desvio- padrão)	Média (Desvio- padrão)	Média (Desvio- padrão)	Média (Desvio- padrão)	Média (Desvio- padrão)
Mama	AP	226,20 (±26,30)	235,20 (±19,91)	232,30 (±24,20)	209,60 (±23,09)	225,90 (±15,79)
	L	328,10 (±30,45)	342,90 (±39,62)	337,40 (±43,35)	293,70 * (±19,78)	344,30 (±49,80)
	Efetivo	554,30 (±54,51)	578,10 (±56,78)	569,70 (±63,26)	503,30 (±37,56)	570,20 (±64,66)
Próstata	AP	236,40 (±21,80)	244,10 (±34,44)	252,30 (±42,06)	253,70 (±28,30)	261,00 (±21,53)
	L	349,60 (±22,55)	345,90 (±20,63)	374,80 * (±42,72)	348,40 (±32,85)	318,00 * (±11,99)
	Efetivo	586,00 (±35,32)	590,00 (±53,23)	627,10 (±81,79)	602,10 (±59,20)	580,00 (±28,28)

* $p \leq 0,05$

Os valores referentes à espessura de corte e aos valores de *range* foram recolhidos dos 6 centros. Assim, calculou-se a média e o desvio-padrão para valores de espessura de corte e *range* de 119 TC-planeamento.

No que concerne a espessura de corte e a *range* para cada região anatómica, elas apresentam alguma variabilidade. Na espessura de corte das TC-planeamento de mama, existe diferença estatisticamente significativa para os centros 2, 5 e 1, enquanto que nos centros 3, 4 e 6 não existem diferenças estatisticamente significativas e varia entre 2,20 mm e 5 mm. Na espessura de corte da região anatómica da próstata, não existem diferenças estatisticamente significativas, no entanto, a mesma varia entre 2 e 3 mm. Dos 6 centros, 4 usam a espessura de 3mm para as TC-planeamento da próstata.

Quanto às *ranges*, na região anatómica da mama, não existem diferenças estatisticamente significativas entre os centros 3, 4, 5 e 6 mas existem diferenças entre os centros 1 e 2. O centro 1 tem o valor mais baixo da média das *ranges*, enquanto que o centro 2 tem o valor médio das *ranges* mais alto. Na região anatómica da próstata, o centro 1 não apresenta diferença estatisticamente significativa em relação ao centro 4, sendo os valores da *range* semelhantes aos valores dos centros 3, 5 e 6. O centro 4 apresenta diferenças estatisticamente significativas, e valores de *range* semelhantes aos valores do centro 2. Estes valores estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6: Valores de espessura de corte e valores de range para exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 6 centros.

Parâmetros por centro	Centro 1	Centro 2	Centro 3	Centro 4	Centro 5	Centro 6	
	Média (Desvio-padrão)	Média (Desvio-padrão)	Média (Desvio-padrão)	Média (Desvio-padrão)	Média (Desvio-padrão)	Média (Desvio-padrão)	
Mama	Espessura (mm)	5,00 * (±0,00)	2,20 * (±0,42)	3,00 (±0,00)	3,00 (±0,00)	2,50 * (±0,00)	3,00 (±0,00)
	Range (cm)	26,90 * (±2,85)	43,10 * (±3,31)	37,70 (±3,06)	39,10 (±2,85)	36,60 (±5,64)	36,00 (±2,26)
	Próstata	3,00 (±0,00)	3,00 (±0,00)	2,00 (±34,44)	3,00 (±0,00)	2,50 (±0,00)	3,00 (±0,00)
	Range (cm)	35,00 (±4,57)	41,30 (±1,77)	35,80 (±4,85)	43,00 * (±4,29)	36,70 (±3,06)	36,67 (±7,50)

* $p \leq 0,05$

No que se refere à análise dos 60 exames de TC-planeamento de mama e dos 59 exames de TC-planeamento de próstata, observaram-se os dois descritores de dose, o DLP e o CTDI_{vol} e ainda o SSDE, que consiste num método de estimativa de dose de radiação que tem em consideração o tamanho do doente. Estes valores estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7: Valores de $CTDI_{vol}$, DLP e SSDE em exames de TC-planeamento de mama e de próstata em 6 centros.

Valores de dose por centro	Mama		Próstata	
		Média (desvio-padrão)		Média (desvio-padrão)
$CTDI_{vol}$ (mGy)	1	16,89 ($\pm 0,00$)	12,85 ($\pm 1,72$)	
	2	11,27 ($\pm 1,55$)	12,67 ($\pm 2,26$)	
	3	15,87 ($\pm 4,29$)	17,98* ($\pm 4,64$)	
	4	7,84 ($\pm 0,00$)	11,76 ($\pm 0,00$)	
	5	8,87 ($\pm 0,00$)	13,94 ($\pm 0,00$)	
	6	10,60 ($\pm 0,00$)	21,00* ($\pm 0,00$)	
SSDE (mGy)	1	23,04* ($\pm 2,42$)	16,50 ($\pm 2,01$)	
	2	-	-	
	3	20,03 ($\pm 4,03$)	22,79 ($\pm 5,07$)	
	4	10,40* ($\pm 1,22$)	14,14 ($\pm 2,33$)	
	5	13,32 ($\pm 0,84$)	17,37 ($\pm 1,87$)	
	6	14,10 ($\pm 1,58$)	27,23 ($\pm 1,46$)	
DLP (mGy.cm)	1	484,43 ($\pm 47,81$)	472,53 ($\pm 91,52$)	
	2	548,61 ($\pm 81,72$)	577,83 ($\pm 111,29$)	
	3	628,41* ($\pm 190,33$)	678,69 ($\pm 201,69$)	
	4	346,53 ($\pm 21,14$)	546,14 ($\pm 49,35$)	
	5	377,37 ($\pm 76,36$)	574,60 ($\pm 39,74$)	
	6	409,41* ($\pm 34,47$)	877,63* ($\pm 68,69$)	

* $p \leq 0,05$

Para o descritor de dose $CTDI_{vol}$, na região anatómica da mama, o centro 4 e o centro 5 não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si, mas com os centros 6 e 2. Os

centros 2 e 6 apresentam valores intermédios deste descritor e não diferenças estatisticamente significativas entre si. Os centros 3 e 1 apresentam os valores mais altos deste descritor.

No descritor de dose $CTDI_{vol}$ na região anatómica da próstata, não há diferenças estatisticamente significativas entre os centros 4, 2, 1 e 5, que contemplam os valores mais baixos. Existem diferenças estatisticamente significativas no centro 3 e no centro 6.

Para os valores de SSDE calculados, existem diferenças estatisticamente significativas no centro 1 e no centro 4, na região anatómica da mama. Entre os centros 5 e 6 também não existem diferenças estatisticamente significativas. Na região anatómica da próstata, os valores de SSDE, apresentam-se sem diferenças entre os centros 4 e 1.

Para o descritor de dose DLP, na região anatómica da mama, não há diferenças estatisticamente significativas entre os centros 4, 5 e 6; entre os centros 6 e 1 e entre os centros 1 e 2. O valor mais alto deste descritor encontra-se no centro 3 e o valor mais baixo no centro 4.

No mesmo descritor de dose, o DLP, na região anatómica da próstata, não há diferenças estatisticamente significativas entre os centros 1, 4, 5 e 2 e entre os centros 5, 2 e 3. Existe diferenças estatisticamente significativas no centro 6, que contempla o valor mais elevado de DLP.

Quando os valores de $CTDI_{vol}$ e SSDE são colocados lado a lado, verifica-se que na região anatómica da mama (A), o centro 1 apresenta os valores mais altos e na região anatómica da próstata (B), os valores mais altos surgem no centro 6. A SSDE representa a dose de radiação considerando o diâmetro efetivo de cada doente, parâmetro não corrigido no descritor $CTDI_{vol}$. O Gráfico 5 demonstra estes valores, para a região anatómica da mama e para a região anatómica da próstata.

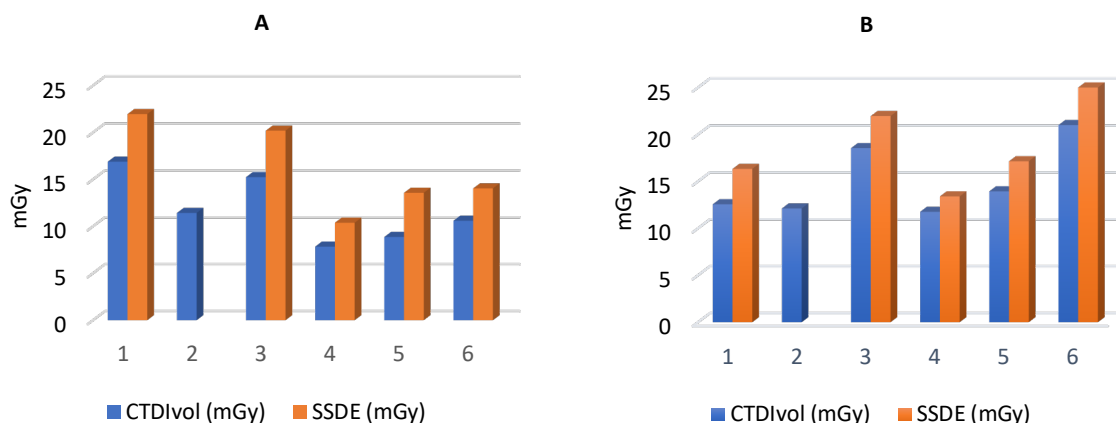


Gráfico 5: Gráfico representativo dos valores $CTDI_{vol}$ e SSDE. A - para a região anatómica da mama e B - para a região anatómica da próstata nos centros participantes no estudo.

Com base no RP 185, calculou-se o P75 com base nos valores de P50 e obteve-se os valores dos descritores de dose para as duas regiões anatómicas, em cada centro participante.

Na região anatómica da mama, o valor de P75 mais baixo no descritor de dose CTDI_{vol} e DLP apresentam-se no centro 4. Na região anatómica da próstata, o valor de P75 mais baixo para o descritor de dose CTDI_{vol} revela-se no centro 4 e para o DLP no centro 1. Estes valores estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8: Tabela representativa dos valores de P75 para as patologias de mama e de próstata em 6 centros.

Centros	Percentil	Mama		Próstata	
		CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	P50	16,89	475,15	12,57	464,15
	P75	16,89	508,92	14,74	549,89
2	P50	11,43	544,29	12,12	572,19
	P75	12,88	637,19	13,67	623,57
3	P50	15,24	608,50	18,54	671,30
	P75	18,37	734,05	19,54	867,23
4	P50	7,84	349,28	11,76	549,49
	P75	7,84	360,64	11,76	587,71
5	P50	8,87	353,65	13,94	576,69
	P75	8,87	397,43	13,94	606,30
6	P50	10,6	423,00	21,00	851,10
	P75	10,60	432,98	21,00	897,24

Capítulo 5. Discussão

5.1. Caracterização dos Serviços de Radioterapia em Portugal

Face ao parque tecnológico existente em PT, segundo a base de dados da DIRAC, a última mais atualizada mundialmente, PT possui na sua totalidade 24 centros ativos que possuem RT, 56 equipamentos de MV e 17 valências de BT, no continente e nas ilhas.

Segundo os fatores determinantes que permitem comparar internacionalmente os serviços de RT e avaliar as suas necessidades intra e inter-serviços podemos avaliar: o número de equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes; a média de equipamentos de MV por centro e o uso de técnicas especiais de irradiação em RTE. Assim, PT possui 5,4 AL por 1 milhão de habitantes, valor que se vai de encontro ao do estudo realizado pela IAEA-DIRAC em 2013, que apresentou a média de equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes na Europa, e esse valor foi de 5,3 (34). Segundo as recomendações da ESTRO, PT insere-se nos *High Resource Countries*, e para este grupo o valor estabelecido encontra-se em 5,5 equipamentos de MV por 1 milhão de habitantes (37). Assim, neste momento, concluiu-se que PT se encontra dentro dos valores preconizados pela DIRAC-IAEA e abaixo dos valores recomendados pela ESTRO. O presente estudo não recolheu dados de todos os centros que possuem RT e equipamentos de MV, no entanto, é importante classificar e avaliar o parque tecnológico atual, de forma a criar infraestruturas e pensar em recursos que possam no futuro fazer chegar a RT a todos os locais e regiões onde esta ainda se encontra distante e que abranjam toda a população que dela necessite. No que diz respeito às técnicas de irradiação, dos centros apresentados, todos realizam pelo menos uma técnica especial em RTE. Dos 6 centros participantes, 6 centros efetuam tratamento com a técnica 3D-CRT, 5 centros efetuam tratamento com a técnica IMRT (83,3%), 5 com a técnica VMAT (83,3%) e 4 realizam tratamentos com recurso a SBRT (66,7%). Estes valores apresentam-se na mesma linha do estudo que foi realizado pela IAEA, que refere que 93% dos serviços recorrem à técnica 3D-CRT, 72% recorrem à técnica especial de irradiação IMRT e 37% utiliza SRS/SRT nos seus tratamentos (38).

A média de equipamentos de RTE nos 6 centros foi de 2 equipamentos de MV por centro, valor inferior ao recomendado pela DIRAC – IAEA, que estabelece a média em 2,5 equipamentos por centro, em 33 países da Europa. Mesmo analisando os dados que correspondem à totalidade dos 24 centros de RT em PT e dos 56 equipamentos de MV correspondentes, a média de equipamentos é de 2,3, valor também inferior ao recomendado pela IAEA (34).

Quanto à idade dos equipamentos de MV, não existe nenhuma norma ou regulamento em que eles tenham de ser desmantelados, no entanto, a sua idade é categorizada por cada 10 anos em funcionamento. Na amostra recolhida verificamos que nos 12 equipamentos de MV, 7 possuem 10 ou mais anos de funcionamento, ou seja, mais de metade da amostra. Este indicador pode ser um fator relevante no que concerne à modernização do parque tecnológico em PT.

Segundo a base de dados da DIRAC, presente no seu *website*, e contemplando todos os equipamentos de MV em PT, 30 equipamentos de MV encontram-se atualmente entre os 10 e os 15 anos em funcionamento. Este valor reforça a ideia de que os centros de RT portugueses devem seguir as linhas da modernização e atualizar com novos e recentes equipamentos de MV (44).

No que diz respeito às TC-planeamento dedicadas à RT, a média destes equipamentos no presente estudo foi de 1,17 TC-planeamento por centro, com o mínimo de 1 TC-planeamento e o máximo de 2 TC-planeamento. Segundo as recomendações da ESTRO, a presença de TC dedicadas aos serviços de RT deve ser de 1 por cada 2 equipamentos de RTE, o que se verificou na amostra recolhida. A IAEA relata que a grande percentagem de centros de RT possui uma TC dedicada, no entanto, existem estudos que também referem acesso às modalidades de PET-CT e de RM, mas não tão frequente quando comparado com o uso de TC dedicadas à RT. Assim, os dados recolhidos quanto ao número de TC-planeamento dedicadas à RT, vão de encontro às preconizadas por *guidelines* internacionais (37,38).

Quanto ao número de técnicos de RT, este objetivo do estudo recolheu dados referentes a 103 postos de trabalho. Embora não existam *guidelines* que categorizem o número rigoroso de técnicos por equipamento de MV e por TC-planeamento e o número de técnicos presentes num turno em qualquer dos equipamentos, estes podem variar com alguns fatores. Existem referências que se baseiam nos números de doentes tratados por ano e por centro, outras que se baseiam nas complexidades das técnicas especiais de irradiação e outras no número de equipamentos presentes em cada serviço. Assim, é possível resumir que o número expresso por várias entidades é o de 2 técnicos por cada equipamento de MV e/ou 2 a 5, de acordo com a técnica de irradiação utilizada. No entanto, no presente estudo não foram recolhidos dados acerca do número de doentes tratados anualmente em cada serviço (11,37).

O presente estudo apresenta uma média que varia entre 2 a 4 técnicos por cada turno em AL, o que se vai de encontro aos valores referência internacionais. Mesmo existindo técnicos que

dividem as suas tarefas e turnos entre AL e a TC-planeamento, nos valores recolhidos, todos os turnos em AL contemplam 2 ou mais técnicos. No último estudo feito pela IAEA em 2020, a média de técnicos por AL foi de 3,4, enquanto que neste estudo foi de 2,5. Pode-se afirmar que o dado recolhido neste campo nos 6 centros participantes, se encontra abaixo da média do estudo da IAEA, no entanto, o número de técnicos por AL encontra-se de acordo com o preconizado. No mesmo estudo realizado pela IAEA, a média de técnicos na dosimetria foi de 0,7 por unidade de tratamento. Neste estudo, os valores verificaram-se acima deste valor, com a média de 1,33 por unidade de tratamento (38). Este fator poderá estar relacionado com o facto de em PT, à semelhança de muitos países Europeus, estar definido no referencial de competências a área de dosimetria o que não acontece mundialmente (73,74).

Quanto à valência de BT, neste estudo verificou-se a sua presença em 50% dos centros. Embora em diferentes modalidades, subsiste em metade dos serviços dos quais foram recolhidos dados para este objetivo. Já no estudo feito pela DIRAC em 2013, 52% dos centros que participaram, continham a BT como opção terapêutica. No que diz respeito às valências de HDR e LDR presentes em cada serviço, não existem *guidelines* definidas para tal, embora a presença mais comum seja a BT de alta taxa de dose, a HDR (38). No presente estudo, as duas valências estão em pé de igualdade.

Quanto à presença de técnicos de RT na modalidade de BT, presume-se que este esteja presente durante todas as aquisições de imagem realizadas ao longo do procedimento e aquando do tratamento em tempo real, o que não se verifica em nenhum serviço que aceitou participar no estudo (40).

A importância de caracterizar a RT a nível nacional prende-se com o facto de esta ser uma recém-especialidade terapêutica em crescente evolução. Verificamos que não existem *guidelines* e referências lineares, no que diz respeito à forma de constituir um serviço com recursos materiais e humanos, e que esta edificação depende de variados fatores. No futuro seria importante criar mais informação sobre o estado atual das infraestruturas para se conseguirem identificar lacunas e para que se possam completá-las com profissionalismo, educação e avanço tecnológico.

Como trabalho de investigação futuro, seria interessante desenvolver e caracterizar os recursos humanos em vários aspetos já falados anteriormente, e em novas linhas orientadoras, como por exemplo o número de horas que deve contemplar um turno num AL e/ou na TC-planeamento, bem como a rotatividade nas funções desempenhadas pelo técnico de RT.

5.2. Exposição Ocupacional

No que diz respeito à caracterização da amostra, o estudo demonstra que 100% dos técnicos que participaram tem na sua dosimetria individual o valor de 0 mSv, num mês de trabalho, independentemente do setor de atividade dentro do serviço de RT. No mesmo mês de trabalho verificou-se que existem técnicos que trabalham em mais do que um setor de atividade e a sua dosimetria manteve-se no valor de 0 mSv.

Relativamente aos valores de dose efetiva, que são categorizados em valores anuais que não devem ser ultrapassados, como dita o DL nº 108/2018, verifica-se que mesmo com valores mensais recolhidos de um mês aleatório, pode-se pressupor que são cumpridos com segurança os limites máximos anuais legalmente estabelecidos, quer para dosímetros de categoria A quer de categoria B. Consegue-se perceber que dificilmente o número de *staff* monitorizado, irá exceder os 20 mSv, limite máximo de dose anual, recomendado pela ICRP (7).

Nos serviços de RT, a exposição à radiação é tão ou mais controlada do que em outra especialidade que trabalhe com radiação ionizante e possui blindagens e barreiras que mais nenhum possui, devido à radiação ionizante de alta energia que engloba nos tratamentos. Num estudo realizado em 2018 que englobou serviços de radiologia, RT e medicina nuclear e os comparou com o *report* da UNSCEAR de 2008 e que estudou os valores de dosimetria individual dos técnicos durante 5 anos, obteve como resultado o valor médio de 0,5 mSv para os técnicos de RT (75). Assim, é possível afirmar que os serviços de RT, mesmo com trabalho diário com altas energias de radiação X, estão atualmente bem regularizados e controlados por programas de proteção radiológica.

Neste estudo, em todos os centros de onde foram retirados dados dosimétricos, nenhum dos técnicos realiza funções na BT, quer na modalidade de HDR quer na modalidade de LDR. Em perspetiva futura poderá ser interessante englobar centros, nos quais o técnico execute funções no setor de BT, principalmente na modalidade de LDR, afim a de avaliar estes valores e compará-los com os restantes setores onde executam funções, na RTE e na TC-planeamento e com as *guidelines* e recomendações internacionais.

5.3. Níveis de Referência de Diagnóstico

Face à amostra dos 119 exames de TC-planeamento que foram analisados das regiões anatómicas da mama e da próstata, foram analisados os parâmetros já referidos anteriormente.

As *ranges* em TC-planeamento em RT representam uma realidade diferente do que se verifica com exames de TC de diagnóstico. Não são limites rígidos supra e inferiormente ao volume alvo e são vários os fatores que intervêm na sua extensão. Através da Tabela 9 consegue-se verificar que neste estudo a média das *ranges* na patologia da mama foi inferior ao estudo Irlandês. Quando se avalia o valor das medianas das *ranges*, neste estudo, quer para a patologia da mama quer para a próstata, os valores foram superiores aos apresentados na literatura.

A variação dos valores de *range* em RT é geralmente satisfatoriamente aceite devido à diversidade de protocolos para uma mesma patologia e/ou doente. Existem valores referência e limites anatómicos por definição, mas a todo o momento, na prática clínica diária estes podem ser limitados e estendidos.

Tabela 9: Comparação de *ranges* (cm) para aquisições de TC-planeamento das regiões anatómicas da mama e da próstata.

TC-planeamento	Range	Irlanda (2016) (70)	UK (2019) (65)	Neste estudo (2021)
Mama	Média (cm)	37,00	-	36,57
	Mediana (cm)	-	33,20	37,00
Próstata	Média (cm)	-	-	38,10
	Mediana (cm)	-	30,50	39,00

Na Tabela 10 estão apresentados os valores de P75, calculados através dos valores de P50, para as TC-Planeamento das regiões anatómicas da mama e da próstata. Quanto à região anatómica da mama o presente estudo revelou o segundo valor de DLP mais baixo, em comparação a maioria de outros estudos Europeus. Na região anatómica da próstata, este estudo apresentou os valores mais baixos do descritor de dose de CTDI_{vol}.

Pela comparação dos valores dos valores obtidos de P75, com os restantes estudos presentes na Tabela 10, verifica-se cerca de 50% dos parâmetros estudados estão abaixo dos valores dos

restantes estudos Europeus. Desta forma, considera-se que existiu uma correta adequação de parâmetros aquando da realização destes exames, nos centros que participaram no estudo, existindo no entanto espaço para a otimização de procedimentos.

Tabela 10: Comparação dos NRDs obtidos para aquisições de TC-planeamento das regiões anatómicas da mama e da próstata.

Região anatómica	Descritor de dose	Irlanda (2016) (70)	UK (2019) (65)	Eslovénia (2020) (66)	P75 Neste estudo (2021)
Mama	CTDI _{vol} (mGy)	26,0	10,0	13,3	12,6
	DLP (mGy.cm)	732,0	390,0	606,6	511,9
Próstata	CTDI _{vol} (mGy)	-	16,0	17,9	15,8
	DLP (mGy.cm)	-	570,0	677,1	688,7

Apesar dos valores propostos é importante replicar este objetivo do estudo, tentando aumentar o rácio de respostas. Este não foi superior face as dificuldades de obtenção de dados junto do sector privado e ao atraso nas autorizações das Comissões de Ética.

5.4. Considerações finais

A RT é uma área que requer peculiar atenção por diversos fatores. O doente é o alvo principal de todas as ações, passando pelos profissionais que o acompanham e que possuem um risco profissional associado ao seu trabalho com radiações e a exposição que esta acarreta quer para os doentes quer para os profissionais.

A caracterização das condições de trabalho dos Técnicos de RT alerta para as diferentes variáveis a serem apresentadas e discutidas em sede de reunião nacional de Técnicos Coordenadores, promovendo assim uma harmonização de práticas e diminuição do risco para os profissionais e doente. Para uma melhor caracterização nacional, poderá ser interessante a realização de um estudo em que para além de descrever apenas os recursos existentes nesta modalidade, o realize em termos de acessibilidade a todas as regiões, especialmente locais onde a RT nos dias de hoje ainda se encontra a longos caminhos de distância.

Como foi abordado no estudo, os serviços estão totalmente controlados pelos serviços competentes no que diz respeito à exposição ocupacional, no entanto, é necessário estudar as doses de radiação recebidas em todos os setores de atividade dentro de um serviço e com que efeitos na saúde humana estão relacionados. Quanto ao doente, é necessário estudar as doses de radiação que este está sujeito desde a TC-planeamento, durante a aquisição de imagens de verificação ao longo do tratamento, TC de replaneamento do tratamento e avaliação durante o *follow-up* do mesmo.

Capítulo 6. Conclusões

Este estudo permitiu concluir que os serviços de RT portugueses na sua totalidade e os que participaram neste estudo se encontram dentro do preconizado em alguns aspetos abordados, quando comparados com referências internacionais e recomendações sobre infraestruturas e recursos humanos. Numa perspetiva futura será interessante atualizar normas sobre os anos de funcionamento dos equipamentos de RTE, entre outros.

Quanto à exposição ocupacional dos técnicos de RT, os valores encontrados foram de 0 mSv face às condições de proteção radiológica do serviço de RT, no entanto é essencial a monitorização assertiva e rigorosa face a possibilidade de ocorrência de incidentes.

Propõe-se como primeira abordagem aos NRDs nacionais para TC-planeamento de tumores da mama os valores de 13 mGy e 512 mGy.cm, $CTDI_{vol}$ e DLP, respetivamente. Para a próstata os valores de 16 mGy e 689 mGy.cm, $CTDI_{vol}$ e DLP, respetivamente.

Esta primeira caracterização do panorama nacional da RT é de extrema importância para a análise do contexto de trabalho e prevenção de riscos; para avaliação da exposição ocupacional e perceção da implementação das práticas de monitorização e proteção radiológica; e para caracterização da exposição dos doentes nos procedimentos mais frequentemente realizados em TC de planeamento, promovendo a otimização da exposição de doentes e profissionais.

Capítulo 7. Bibliografia

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2021 May 4;71(3):209–49. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21660>
2. Observatory GC. Portugal Global Cancer Observatory [Internet]. Vol. 501, Globocan 2020. 2020. Available from: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/620-portugal-fact-sheets.pdf>
3. Lievens Y, Ricardi U, Poortmans P, Verellen D, Gasparotto C, Verfaillie C, et al. Radiation Oncology. Optimal Health for All, Together. ESTRO vision, 2030. *Radiother Oncol* [Internet]. 2019 Jul;136:86–97. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167814019301537>
4. Borrás JM, Lievens Y, Barton M, Corral J, Ferlay J, Bray F, et al. How many new cancer patients in Europe will require radiotherapy by 2025? An ESTRO-HERO analysis. *Radiother Oncol* [Internet]. 2016 Apr;119(1):5–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2016.02.016>
5. Purkayastha A. Occupational Hazards for Radiotherapy Technicians in a Radiation Oncology Unit. *Occup Med Heal Aff* [Internet]. 2018;06(02). Available from: <https://www.omicsonline.org/open-access/occupational-hazards-for-radiotherapy-technicians-in-a-radiation-oncology-unit-2329-6879-1000e115-101004.html>
6. Clerkin C, Brennan S, Mullaney LM. Establishment of national diagnostic reference levels (DRLs) for radiotherapy localisation computer tomography of the head and neck. *Reports Pract Oncol Radiother* [Internet]. 2018;23(5):407–12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2018.07.012>
7. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP* [Internet]. 2007 Apr 17;37(2–4):9–34. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.icrp.2007.10.003>
8. Allen C, Her S, Jaffray DA. Radiotherapy for Cancer: Present and Future. *Adv Drug Deliv Rev* [Internet]. 2017;109:1–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2017.01.004>
9. Magrini SM, Pasinetti N, Belgioia L, Triggiani L, Levis M, Ricardi U, et al. Applying radiation protection and safety in radiotherapy. *Radiol Med* [Internet]. 2019 Aug 18;124(8):777–

82. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11547-019-01043-7>
10. Halperin E, Wazer D, Perez C, Luther B. Principles and Practice of Radiation Oncology. Seventh Ed. Wolters Kluwer. 2019.
 11. Physics M. Setting Up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. Int At Energy Agency [Internet]. 2008; Available from: <https://www.iaea.org/publications/7694/setting-up-a-radiotherapy-programme>
 12. Coffey M, Leech M. The European Society of Radiotherapy and Oncology (ESTRO) European Higher Education Area levels 7 and 8 postgraduate benchmarking document for Radiation Therapists (RTTs). Tech Innov Patient Support Radiat Oncol [Internet]. 2018 Dec;8:22–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tipsro.2018.09.009>
 13. Baker GR. Localization: conventional and CT simulation. Br J Radiol [Internet]. 2006 Sep;79:S36–49. Available from: <http://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr/17748030>
 14. Tomic N, Papaconstadopoulos P, Aldelaijan S, Rajala J, Seuntjens J, Devic S. Image quality for radiotherapy CT simulators with different scanner bore size. Phys Med [Internet]. 2018 Jan;45(July 2017):65–71. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1120179717306129>
 15. Bolsi A, Placidi L. Optimal CT Protocols for CT-Guided Planning Preparation in Radiotherapy. In: Medical Radiology [Internet]. 2020. p. 27–45. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-38261-2_3
 16. IAEA&WHO. Technical specifications of radiotherapy equipment for cancer treatment [Internet]. 2021. 160 p. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/339912>
 17. International Atomic Energy Agency (IAEA). Introduction of Image Guided Radiotherapy into Clinical Practice. IAEA Hum Heal reports [Internet]. 2019;16:5–56. Available from: <http://www.iaea.org/Publications/index.html>
 18. Desai R, Rich KM. Therapeutic Role of Gamma Knife Stereotactic Radiosurgery in Neuro-Oncology. Mo Med [Internet]. 2020;117(1):33–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32158047>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC7023953>
 19. Liney GP, Whelan B, Oborn B, Barton M, Keall P. MRI-Linear Accelerator Radiotherapy Systems. Clin Oncol [Internet]. 2018;30(11):686–91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.clon.2018.08.003>
 20. Ding C, Saw CB, Timmerman RD. Cyberknife stereotactic radiosurgery and radiation

- therapy treatment planning system. *Med Dosim* [Internet]. 2018;43(2):129–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.meddos.2018.02.006>
21. Netherton T, Li Y, Gao S, Klopp A, Balter P, Court LE, et al. Experience in commissioning the halcyon linac. *Med Phys* [Internet]. 2019 Oct 27;46(10):4304–13. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mp.13723>
 22. Malajovich I, Teo B-KK, Petroccia H, Metz JM, Dong L, Li T. Characterization of the Megavoltage Cone-Beam Computed Tomography (MV-CBCT) System on Halcyon™ for IGRT: Image Quality Benchmark, Clinical Performance, and Organ Doses. *Front Oncol* [Internet]. 2019 Jun 12;9(JUN):1–9. Available from: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fonc.2019.00496/full>
 23. Nickoloff JA. Photon, light ion, and heavy ion cancer radiotherapy: paths from physics and biology to clinical practice. *Ann Transl Med* [Internet]. 2015 Dec;3(21):336. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26734646>
 24. Jäkel O. Physical advantages of particles: protons and light ions. *Br J Radiol* [Internet]. 2020 Mar;93(1107):20190428. Available from: <https://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr.20190428>
 25. Rehman J ur, Zahra, Ahmad N, Khalid M, Noor ul Huda Khan Asghar HM, Gilani ZA, et al. Intensity modulated radiation therapy: A review of current practice and future outlooks. *J Radiat Res Appl Sci* [Internet]. 2018;11(4):361–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2018.07.006>
 26. International Atomic Energy Agency: Transition from 2-D Radiotherapy to 3-D Conformal and Intensity Modulated Radiotherapy [Internet]. IAEA-Tecdoc-1588. 2008. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1588_web.pdf
 27. Citrin DE. Recent Developments in Radiotherapy. Longo DL, editor. *N Engl J Med* [Internet]. 2017 Sep 14;377(11):1065–75. Available from: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1608986>
 28. Wills C, Cherian S, Yousef J, Wang K, Mackley HB. Total body irradiation : A practical review. *Appl Radiat Oncol* [Internet]. 2016;(June):11–7. Available from: https://www.researchgate.net/publication/306591720_Total_body_irradiation_A_practical_review
 29. Pilar A, Gupta M, Ghosh Laskar S, Laskar S. Intraoperative radiotherapy: review of techniques and results. *Ecancermedicalscience* [Internet]. 2017 Jun 29;11:1–33. Available from: <http://www.ecancer.org/journal/11/full/750-intraoperative->

radiotherapy-review-of-techniques-and-results.php

30. Chargari C, Deutsch E, Blanchard P, Gouy S, Martelli H, Guérin F, et al. Brachytherapy: An overview for clinicians. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2019;69(5):386–401. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31361333>
31. Suntharalingam N, Podgorsak EB, Tolli H. Brachytherapy: Physical and Clinical Aspects. *Int Energy agency* [Internet]. 13:451–84. Available from: http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/documents/slides/Chapter_13_Brachytherapy.pdf
32. ICRU Report 38. Dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynecology [Internet]. *Journal of the ICRU*. 1985. Available from: <https://www.icru.org/report/dose-and-volume-specification-for-reporting-intracavitary-therapy-in-gynecology-report-38/>
33. Borrás JM, Lievens Y, Dunscombe P, Coffey M, Malicki J, Corral J, et al. The optimal utilization proportion of external beam radiotherapy in European countries: An ESTRO-HERO analysis. *Radiother Oncol* [Internet]. 2015;116(1):38–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2015.04.018>
34. Rosenblatt E, Izewska J, Anacak Y, Pynda Y, Scalliet P, Boniol M, et al. Radiotherapy capacity in European countries: An analysis of the Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) database. *Lancet Oncol* [Internet]. 2013;14(2):e79–86. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(12\)70556-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70556-9)
35. Grau C, Defourny N, Malicki J, Dunscombe P, Borrás JM, Coffey M, et al. Radiotherapy equipment and departments in the European countries: Final results from the ESTRO-HERO survey. *Radiother Oncol* [Internet]. 2014 Aug;112(2):155–64. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167814014003594>
36. Lievens Y, Defourny N, Coffey M, Borrás JM, Dunscombe P, Slotman B, et al. Radiotherapy staffing in the European countries: final results from the ESTRO-HERO survey. *Radiother Oncol* [Internet]. 2014 Aug;112(2):178–86. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167814014003648>
37. Slotman BJ, Cottier B, Bentzen SM, Heeren G, Lievens Y, van den Bogaert W. Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy. ESTRO-QUARTS: work package 1. *Radiother Oncol* [Internet]. 2005 Jun;75(3):349–54. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167814004005705>
38. Healy BJ, Budanec M, Ourdane B, Peace T, Petrovic B, Sanz DE, et al. An IAEA survey of radiotherapy practice including quality assurance extent and depth. *Acta Oncol (Madr)*

- [Internet]. 2020;59(5):503–10. Available from: <https://doi.org/10.1080/0284186X.2020.1714721>
39. Palazzi MF, Soatti C, Jereczek-Fossa BA, Cazzaniga LF, Antognoni P, Gardani G, et al. Equipment, staffing, and provision of radiotherapy in Lombardy, Italy: Results of three surveys performed between 2012 and 2016. *Tumori* [Internet]. 2018 Oct 9;104(5):352–60. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0300891618784800>
 40. International Atomic Energy Agency (IAEA). Staffing in radiotherapy: an activity based approach [Internet]. 2015. Available from: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10800/Staffing-in-Radiotherapy-An-Activity-Based-Approach>
 41. American Society for Radiation Oncology (ASTRO). Safety is No Accident: A Framework for Quality Radiation Oncology and Care [Internet]. 2019. Available from: https://www.astro.org/ASTRO/media/ASTRO/Patient_Care_and_Research/PDFs/Safety_is_No_Accident.pdf
 42. Entidade Reguladora da Saúde (ERS). Acesso, Concorrência E Qualidade No Setor Da Prestação De Cuidados De Saúde De Radioterapia Externa [Internet]. 2012. p. 1–168. Available from: https://www.ers.pt/uploads/writer_file/document/726/Relatorio_Radioterapia_.pdf
 43. Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS). Segunda Revisão: Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referenciação de Radioterapia. 2014;1–74. Available from: <http://www.acss.min-saude.pt/Portals/0/RelatorioFinalRadioterapia.pdf>
 44. Division for Human Health: DIRAC (Directory of RAdiotherapy Centres) [Internet]. IAEA human health reports. 2021 [cited 2021 Aug 25]. Available from: <https://dirac.iaea.org/Query/Countries>
 45. E.B. Podgorsak. Radiation Oncology Physics: a Handbook for Teachers and Students. In: Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students [Internet]. 2005. Available from: <http://www.iaea.org/books>
 46. DIRETIVA 2013/59/EURATOM DO CONSELHO de 5 de dezembro de 2013 [Internet]. 2019 p. 1–104. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059&from=IT>
 47. International Atomic Energy Agency (IAEA). IAEA Safety Standards Series: Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides [Internet]. General Safety Guides; 1999. 85 p. Available from: <https://www.iaea.org/publications/5743/assessment-of->

occupational-exposure-due-to-intakes-of-radionuclides

48. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation [Internet]. Vol. 1 UNITED N, Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York; 2010. Available from: https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_Report_Vol.I-CORR.pdf
49. Mortazavi SMJ. Comments on “Radiological protection for pregnant women at a large academic medical Cancer Center.” *Phys Medica* [Internet]. 2018 Mar;47:144. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1120179717304726>
50. Decreto-Lei nº 222/2008 de 17 de Novembro do Ministério da Saúde [Internet]. *Diário da República: Série I de 2008 Portugal*; 2008 p. 8000–76. Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/222-2008-439846>
51. Direção-Geral da Saúde. Guia Técnico N.º 1 - Vigilância Da Saúde Dos Trabalhadores Expostos A Radiação Ionizante. In: Junho. Lisboa; 2016. p. 68. Available from: http://projects.itn.pt/JGAlves/DGS_Guia_Tec_01.pdf
52. Sowby FD. Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation. *Int Comm Radiol Prot - ICRP Publ 41* [Internet]. 1984;14:10010. Available from: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP Publication 41>
53. ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *ICRP Publ 118* [Internet]. 2012 Jan 1;41(1–2):1–322. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2012.02.001>
54. Sutlief SG. Protection and measurement in radiation therapy. *Health Phys* [Internet]. 2015 Feb;108(2):224–41. Available from: <https://journals.lww.com/00004032-201502000-00021>
55. Decreto-Lei nº 108/2018 de 3 de dezembro da Presidência do Conselho de Ministros [Internet]. *Diário da República: Série I 2018* p. 5490–543. Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/108-2018-117202785>
56. Decreto-Lei nº102/2009 de 10 de Setembro da Assembleia da República [Internet]. *Diário da República: Série I 2009* p. 6167–92. Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/lei/102-2009-490009>
57. Garcia-Alves, João; Ambrosi, Peter; Bartlett, David; Currivan, Lorraine; Dijk, Janwillem; Fantuzzi, Elena; Kamenopoulou V. Technical Recommendations For Monitoring Individuals Occupationally Exposed To External Radiation [Internet]. Cognetta AB,

- Mendenhall WM, editors. RADIATION PROTECTION NO 160. New York, NY: Springer New York; 2009. 37–44 p. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-6986-5>
58. Calado A., Pereira M., Alves J. Características técnicas do sistema de dosimetria individual do ITN para a medida de Hp (10) e Hp(0,07) com dosímetros de corpo inteiro por termoluminescências. 2011;1–6. Available from: http://www.itn.pt/sec/psr/dr/GDR_DIRE_RT_01_Rev2_Caracteristicas_Tecnicas_CI.pdf
59. Direção-Geral da Saúde. Vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a agentes químicos cancerígenos, mutagénicos ou tóxicos para a reprodução [Internet]. 2018. Available from: <https://www.dgs.pt/saude-ocupacional/referenciais-tecnicos-e-normativos/guias-tecnicos/guia-tecnico-n-2-pdf1.aspx>
60. International Atomic Energy Agency (IAEA). Safety Reports Series No. 47 - Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities [Internet]. 2006. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1223_web.pdf
61. Decreto-Lei nº 180/2002 de 8 de Agosto do Ministério da Saúde [Internet]. Diário da República: Série I-A 2002 p. 5707–45. Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/180-2002-185096>
62. Trone JC, Ollier E, Chapelle C, Mismetti P, Cucherat M, Magné N, et al. Assessment of non-inferiority with meta-analysis: example of hypofractionated radiation therapy in breast and prostate cancer. Sci Rep [Internet]. 2020;10(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72088-2>
63. Public Health England. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs). Webpage [Internet]. 2018;(August):1–6. Available from: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20190610020631/https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl>
64. Chen GP, Noid G, Tai A, Liu F, Lawton C, Erickson B, et al. Improving CT quality with optimized image parameters for radiation treatment planning and delivery guidance. Phys Imaging Radiat Oncol [Internet]. 2017;4(December 2016):6–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.phro.2017.10.003>
65. IPEM topical report: the first UK survey of dose indices from radiotherapy treatment planning computed tomography scans for adult patients [Internet]. Vol. 63, Physics in Medicine & Biology. 2018. Available from:

- <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.188><https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.090><https://doi.org/10.1080/14484846.2018.1432089>
66. Zalokar N, Žager Marciuš V, Mekiš N. Establishment of national diagnostic reference levels for radiotherapy computed tomography simulation procedures in Slovenia. *Eur J Radiol* [Internet]. 2020;127(February):108979. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108979>
 67. Foley SJ, McEntee MF, Rainford LA. Establishment of CT diagnostic reference levels in Ireland. *Br J Radiol* [Internet]. 2012 Oct;85(1018):1390–7. Available from: <http://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr/15839549>
 68. Santos J, Foley S, Paulo G, McEntee MF, Rainford L. The establishment of computed tomography diagnostic reference levels in Portugal. *Radiat Prot Dosimetry* [Internet]. 2014 Feb 1;158(3):307–17. Available from: <http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/rpd/nct226>
 69. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging [Internet]. Vol. 46, 135. 2017. Available from: https://www.icrp.org/publication.asp?id=icrp_publication_135
 70. Connor SO, Mc Ardle O, Mullaney L. Establishment of national diagnostic reference levels for breast cancer CT protocols in radiation therapy. *Br J Radiol* [Internet]. 2016 Oct;89(1066):20160428. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27452267>
 71. Size-specific dose estimates in pediatric and adult body CT examinations [Internet]. AAPM Report No. 204. 2011 [cited 2021 Dec 22]. Available from: https://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_204.pdf
 72. European Commission. European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging [Internet]. Vol. 185, European Commission. 2018. 1–117 p. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e473ff5-bd4b-11e8-99ee-01aa75ed71a1>
 73. Despacho nº 9408/2014 do Decreto-Lei nº 138/2014 de 21 de julho [Internet]. *Diário da República*, 2.ª série 2014 p. 18684–5. Available from: <https://www.dges.gov.pt/en/node/441>
 74. European Federation of Radiographer Societies (EFRS). European Qualifications Framework (EQF) Level 6 Benchmarking Document: Radiographers [Internet]. Second Edi. 2018. Available from:

https://www.radiologietechnologen.at/fileadmin/content/Netzwerk/EFRS/EFRS_EQF_Level_6_Benchmark_Web_version.pdf

75. Soliman K, Alenezi A, Alruwaili T, Altimyat S, Alrushoud A, Alkhorayef M. Five Years Review of Occupational Dosimetry Program at A Tertiary Care Hospital and Comparison With UNSCEAR 2008 Report. *Int J Radiol* [Internet]. 2018;5(1):157–60. Available from: <http://www.ghrnet.org/index.php/ijr/article/view/2268>

Capítulo 8. Anexos

Questionários

Universidade de Coimbra | Faculdade de Medicina | Mestrado em Saúde Ocupacional

Questionário dirigido ao **Coordenador ou Coordenadora dos Técnicos de Radioterapia do Serviço X de Radioterapia** no âmbito da elaboração da Tese de Mestrado: Caracterização nacional da organização dos serviços de Radioterapia e avaliação dos valores de exposição ocupacional e de exame para planeamento em tumores da mama e da próstata

1. Identificação do Participante (Nome e email).
2. Identificação do Hospital/Clinica.
3. Número de aceleradores lineares em funcionamento à data do preenchimento do questionário.
4. Aceleradores lineares com 10 ou mais anos de funcionamento.
5. Número de equipamentos de Tomografia Computorizada (TC) dedicados à radioterapia (presentes no serviço/unidade).
6. Número total de técnicos de radioterapia a exercer funções, atualmente no serviço.
7. Número de técnicos por turno em acelerador linear, à data do preenchimento do formulário.
8. Número de técnicos por turno na TC-planeamento dedicada à radioterapia.
9. Número de técnicos que não trabalham nos aceleradores lineares ou TC-Planeamento (exemplo: dosimetria ou braquiterapia). Se sim, indique o número e a função que desempenham.
10. Número de horas que contempla um turno num acelerador linear.
11. Número de horas que contempla um turno na TC-Planeamento dedicada à radioterapia.
12. Existe rotatividade dos técnicos de radioterapia entre os turnos de TC-planeamento e os turnos nos aceleradores lineares?
13. Qual a periodicidade da rotatividade dos técnicos que realizam turnos na TC-planeamento e nos aceleradores lineares?
14. Número de técnicos que exercem funções nos dois postos de trabalho, nomeadamente TC-Planeamento e acelerador linear.
15. Número técnicos que apenas realizam turno nos aceleradores lineares.
16. Número técnicos que apenas realizam turnos na TC-planeamento dedicada à radioterapia.
17. Seleccione quais as técnicas de irradiação que estão implementadas no serviço/unidade: 3D-CRT/IMRT/VMAT/SBRT.
18. Seleccione qual/quais a(s) modalidade(s) de braquiterapia implementada(s) no serviço/unidade: HDR/LDR/Nenhuma das opções.

Dosímetros	Valores de Dose (mSv)	Mês*	Setor de atividade (TC e/ou AL)**	Categoria Dosímetro (A)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

*Escolher um mês aleatório que seja o mesmo para todos os valores recolhidos

**Escolher aleatoriamente 5 técnicos que realizaram turno apenas na TC e/ou TC e acelerador

**Escolher aleatoriamente 5 técnicos que realizem apenas turno em acelerador no último mês

**TC - turno em TC de planamaneto ou TC/acelerador

**AL - turno apenas em Acelerador Linear

Doente	Região Anatómica	Genero	Idade	Data_ realização	Espessura Corte (mm)	Diâmetro AP (mm)	Diâmetro L (mm)	DLP (mGy.cm)	CTDIvol (mGy)	Corte inicial range	Corte final range
1	Mama sem gg	F									
2	Mama sem gg	F									
3	Mama sem gg	F									
4	Mama sem gg	F									
5	Mama sem gg	F									
6	Mama sem gg	F									
7	Mama sem gg	F									
8	Mama sem gg	F									
9	Mama sem gg	F									
10	Mama sem gg	F									
11	Próstata	M									
12	Próstata	M									
13	Próstata	M									
14	Próstata	M									
15	Próstata	M									
16	Próstata	M									
17	Próstata	M									
18	Próstata	M									
19	Próstata	M									
20	Próstata	M									

*Diâmetro AP mama - medido num corte axial de TC ao nível do apêndice xifoide
 *Diâmetro L mama - medido num corte axial de TC ao nível do apêndice xifoide
 *Diâmetro AP próstata - medido num corte axial de TC ao nível das cristas ilíacas
 *Diâmetro L próstata - medido num corte axial de TC ao nível das cristas ilíacas

Protocolo do Estudo e Consentimento Informado

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

Dissertação de Mestrado em Saúde Ocupacional

Título (Português): Caracterização Nacional da Organização dos Serviços de Radioterapia e Avaliação dos Valores de Exposição Ocupacional e de Exame para Planeamento em Tumores da Mama e da Próstata

Título (Inglês): *Characterisation of the Organization of Radiotherapy Departments and Evaluation of Occupational Exposure and Examination Exposure for Planning in Breast and Prostate Cancer*

Palavras-chave (Português): Serviços de Radioterapia; Exposição Ocupacional; Técnicos de Radioterapia; Níveis de Referência de Diagnóstico

Palavras-chave (Inglês): *Radiotherapy Departments; Occupational Exposure; Radiographers; Diagnostic Reference Levels*

Introdução

Segundo a World Health Organization (WHO) e a Globocan, em Portugal, no ano de 2018 o número de mortes por cancro foi 28960. Existiram 58199 novos casos dos quais os tumores da mama e da próstata representavam 23.4% (1).

O cancro da mama e da próstata são os carcinomas mais comuns na mulher e no homem, respetivamente, sendo a Radioterapia (RT) uma opção terapêutica (2). Na mama, maioritariamente, tem intuito adjuvante após tumorectomia e, na próstata, esta é utilizada a título radical, como tratamento adjuvante ou a título *salvage* após recidiva bioquímica (3,4).

Na última revisão do Serviço Nacional de Saúde (SNS) em 2015, existiam vinte e cinco unidades de RT em Portugal, entre o SNS, o setor privado e convencionado e parcerias público privadas (5). Atualmente, são contabilizados vinte e sete serviços desta especialidade. Estes serviços são constituídos por equipas multidisciplinares, cujos trabalhadores estão expostos à radiação ionizante que é utilizada nos tratamentos de RT. Os profissionais devem estar protegidos por legislação e práticas laborais de forma a reduzir, até ao nível mais baixo possível, a exposição profissional (6). O Decreto-Lei nº 108/2018, de 3 de dezembro, estabelece o regime jurídico da proteção radiológica, fixando as normas de segurança relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes. Os profissionais expostos, como é o caso dos técnicos de RT, são sistematicamente monitorizados com base em medições individuais. Estes trabalhadores pertencem à categoria A e a sua monitorização de dosimetria individual tem uma periodicidade mensal (7).

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

Os tratamentos são realizados através da utilização de RT externa e para que esta aconteça é necessária uma Tomografia Computorizada de planeamento (TC-planeamento). No entanto, não representando umas das maiores exposições artificiais de dose, em comparação com o tratamento, é necessário estabelecer o risco associado à realização deste procedimento, a partir da avaliação dos valores de dose através do estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico (NRDs) (8). A *Internacional Commission on Radiological Protection (ICRP)*, afirma que o uso de NRDs permite identificar situações em que a exposição do doente é desadequada (9,10).

Objetivos

O estudo concentra 3 objetivos:

1. Caracterização da organização dos serviços de RT

Pretende-se, em primeira instância, caracterizar os serviços de RT portugueses públicos, privados e convencionados, realizando um levantamento do número de profissionais técnicos de RT que nestes trabalham, por setor de atividade e se a sua distribuição cumpre os rácios legalmente estabelecidos (11). Realizar-se-á também uma caracterização dos equipamentos existentes nestes serviços, designadamente, equipamentos de tomografia computadorizada dedicados à realização de imagens para planeamento e aceleradores lineares para realização dos tratamentos de RT.

2. Levantamento de valores de exposição ocupacional

Com o levantamento da exposição profissional dos técnicos de RT à radiação ionizante, pretende-se estabelecer uma avaliação quantitativa da radiação no posto de trabalho. Avaliar-se-á retrospectivamente a dose de radiação recebida pelos trabalhadores expostos, de acordo com os valores de dose presentes em dosímetros de corpo inteiro individuais. A informação disponibilizada consistirá na análise das doses ocupacionais, dos trabalhadores monitorizados, das respetivas instalações, organizados por setores de atividade. Pretende-se assim avaliar se os valores recolhidos estão de acordo com o preconizado para esta categoria profissional.

3. Estabelecimento de NRDs

Estabelecimento de NRDs em contexto hospitalar, a partir de valores de descritores de dose, recolhidos em exames das regiões anatómicas da mama e da próstata, em TC-planeamento na RT. Pretende-se estabelecer valor de referência nacional em exames de doentes submetidos a TC-planeamento nas unidades de RT Portuguesas, a fim de comparar os NRDs dos exames nas patologias descritas acima, com diferentes ensaios descritos na literatura.

Através dos resultados obtidos pretende-se promover as boas práticas entre serviços de acordo com as recomendações Europeias.

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

Resumo

A proposta de estudo apresentada concentra-se na área da RT e na sua observação a nível nacional. O estudo estará dividido em três momentos: realizar-se-á uma análise e caracterização da organização dos serviços de RT dos setores público, privado e convencionado e parcerias público-privadas nacionais; efetuar-se-á um levantamento de valores de exposição ocupacional dos técnicos de RT que neles trabalham e posteriormente, calcular-se-ão NRDs em TC-planeamento nas patologias da mama e da próstata. Serão realizados três questionários ao técnico coordenador de cada unidade/ serviço de radioterapia, de acordo com os objetivos do estudo.

Assim, em primeira instância, pretende-se caracterizar individualmente cada serviço, de acordo com os recursos humanos à data do estudo, realizando um levantamento do número de profissionais técnicos de RT por setor de atividade. Realizar-se-á também um levantamento e caracterização dos equipamentos (TC e aceleradores lineares), por serviço de RT.

Seguidamente, procura-se efetuar o levantamento dos valores de exposição ocupacional de dez técnicos de RT, aleatoriamente e por serviço de RT, no mês anterior à data de resposta do questionário. Estes valores serão recolhidos através dos valores indicados em dosímetros de corpo inteiro.

Por último, em cada serviço serão recolhidos os descritores de dose dos últimos dez exames de doentes submetidos a TC-planeamento às patologias da mama e da próstata, à data da resposta ao questionário. Estes dados constam nos ficheiros *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) das imagens adquiridas. No final, com os dados recolhidos calcular-se-ão os NRDs para cada serviço e estabelecer-se-á uma análise e comparação com valores apresentados na literatura.

Metodologia

O estudo apresenta como alvo as unidades/serviços de RT nacionais. Cada instituição, por via interna de autorização superior, decidirá a participação no estudo.

Três questionários serão endereçados ao técnico coordenador de cada serviço. Os três questionários serão: (1) caracterização da organização dos serviços de RT; (2) levantamento de valores de exposição ocupacional e (3) estabelecimento de NRDs. O primeiro questionário será enviado via *Google Forms*, o segundo e terceiro, via *Microsoft Excel* editável e protegido por palavra-passe.

Antes de iniciar o preenchimento do primeiro questionário, o técnico coordenador responsável pela resposta ao mesmo, irá assinar o consentimento informado que estará previamente anexado.

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

O primeiro questionário visa constituir a caracterização dos serviços de RT nacionais e dos seus recursos humanos, à data do estudo. Será enviado ao técnico coordenador para preenchimento, em formato *Google Forms*, e não serão questionados dados pessoais de nenhum profissional. Seguidamente, no segundo questionário, procura-se efetuar o levantamento dos valores de exposição ocupacional de dez técnicos de RT, no mês anterior à data de resposta do questionário. Estes valores serão recolhidos através dos valores indicados em dosímetros de corpo inteiro, sendo o técnico coordenador responsável pelo levantamento, anonimização e preenchimento do questionário. O segundo questionário será enviado ao técnico coordenador em formato *Microsoft Excel* editável e protegido com palavra-passe.

A terceira parte/questionário, pretenderá recolher valores de dose de imagens adquiridas na TC-planeamento das patologias de mama e próstata. Realizar-se-á uma análise da norma DICOM das imagens adquiridas aos últimos dez doentes, à data da resposta do formulário. Serão avaliadas TC à região anatómica do tórax e da bacia e examinar-se-ão os descritores de dose: *Dose Length Product* (DLP - mGy.cm) e *CT dose index* (CTDIvol- mGy). Posteriormente, serão calculados os NRDs para cada região anatómica. O terceiro questionário será enviado ao técnico coordenador em formato *Microsoft Excel* editável e protegido com palavra-passe.

Os dados recolhidos nas bases de dados serão codificados e não serão mencionadas instituições. Serão mantidos pelo período de tempo que se mostre necessário à prossecução ou conclusão da finalidade a que se destinam, findo o qual serão eliminados 6 meses após conclusão do estudo.

Os dados recolhidos serão totalmente anonimizados e cedidos à investigadora pelo técnico coordenador de cada instituição. Não serão recolhidos dados pessoais de nenhum profissional e/ou doente, nem será necessário contacto pessoal com os mesmos. Os Técnicos coordenadores dos Serviços de RT serão os únicos detentores dessa informação institucional.

Protocolo do Estudo no âmbito de Dissertação de Mestrado

Bibliografia

1. Globocan Observatory W. Globocan 2018 - Portugal. Int Agency Res Cancer. 2019;270:2018-2019. <http://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/620-portugal-fact-sheets.pdf>.
2. Ray KJ, Sibson NR, Kiltie AE. Treatment of Breast and Prostate Cancer by Hypofractionated Radiotherapy: Potential Risks and Benefits. Clin Oncol (R Coll Radiol). 2015;27(7):420-426. doi:10.1016/j.clon.2015.02.008
3. Macdonald S, Oncology R, General M. Breast Cancer Breast Cancer. J R Soc Med. 2016;70(8):515-517. <https://www2.tri-kobe.org/nccn/guideline/breast/english/breast.pdf>.
4. Aslam N, Nadeem K, Noreen R JAC. Prostate Cancer Prostate Cancer. Abeloff's Clin Oncol 5/e. 2015;8(2):938-944. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4557-2865-7.00084-9>.
5. Miranda N, Alves P, Oliveira Â, Roldão M, Matias A. Segunda Revisão: Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referência de Radioterapia. 2014:1-74. <http://www.acss.min-saude.pt/Portals/0/RelatorioFinalRadioterapia.pdf>.
6. DGS. Radiações ionizantes. Direção Geral da Saúde.
7. Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei no108/2018 de 3 dezembro. Diário da República, 1a série. 2018;232:5490-5543.
8. Zalokar N, Žager Marciuš V, Mekiš N. Establishment of national diagnostic reference levels for radiotherapy computed tomography simulation procedures in Slovenia. Eur J Radiol. 2020;127(February):108979. doi:10.1016/j.ejrad.2020.108979
9. O'connor S, Ardle OMC, Mullaney L. Establishment of national diagnostic reference levels for breast cancer CT protocols in radiation therapy. Br J Radiol. 2016;89(1066):1-6. doi:10.1259/bjr.20160428
10. Clerkin C, Brennan S, Mullaney LM. Establishment of national diagnostic reference levels (DRLs) for radiotherapy localisation computer tomography of the head and neck. Reports Pract Oncol Radiother. 2018;23(5):407-412. doi:10.1016/j.rpor.2018.07.012
11. International Atomic Energy Agency (IAEA). Planning National Radiotherapy Services: a Practical Tool. IAEA Hum Heal Reports eries No 14. 2010;(14):100. <http://www.iaea.org/Publications/index.html>.
12. Santos J, Foley S, Paulo G, McEntee MF, Rainford L. The establishment of computed tomography diagnostic reference levels in Portugal. Radiat Prot Dosimetry. 2014;158(3):307-317. doi:10.1093/rpd/nct226

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

Título do Projeto de Investigação: Caracterização Nacional dos Serviços de Radioterapia e Avaliação dos Valores de Exposição Ocupacional e de Exame para Planeamento em Tumores da Mama e da Próstata

Promotor: Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Investigador Coordenador/Orientador: Professor Doutor António Jorge Correia de Gouveia Ferreira

Centro de Estudo Clínico: Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Investigador: Rafaela Borlido Guisantes

Morada: Rua do Alecrim nº8 2ºC – 3045-113 Coimbra

Contacto Telefónico: 927248841

Nome do Participante: _____

É convidada a participar voluntariamente neste estudo por ser a **Técnico(a) Coordenador(a) responsável do Serviço de Radioterapia**, inserido no _____.

A sua participação poderá contribuir para melhorar o conhecimento sobre a caracterização dos serviços de radioterapia nacionais, bem como os seus recursos à data; avaliação de doses ocupacionais e estabelecimentos de níveis de referência de diagnóstico na área da Tomografia Computorizada de Planeamento.

As informações que se seguem destinam-se a esclarecê-lo acerca da natureza, alcance, consequências e risco do estudo, de modo a permitir que, depois de esclarecido, se encontre capaz de decidir participar, ou não, neste estudo. Caso não tenha qualquer dúvida acerca do mesmo, deverá tomar a decisão de participar ou não. Se não quiser participar não sofrerá qualquer tipo de penalização. Caso queira participar, ser-lhe-á solicitado que assine e date este formulário.

Após a sua assinatura e a do Investigador, ser-lhe-á entregue uma cópia, que deve guardar.

1. INFORMAÇÃO GERAL E OBJETIVOS DO ESTUDO

Este estudo terá por objetivos:

I. Caracterização da organização dos Serviços de Radioterapia (RT):

Pretende-se, em primeira instância, caracterizar os serviços de radioterapia portugueses públicos, privados e convencionados, realizando um levantamento do número de profissionais técnicos de radioterapia que nestes trabalham, por setor de atividade e se a sua distribuição

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

cumpra os rácios legalmente estabelecidos. Realizar-se-á também uma caracterização dos equipamentos presentes nestes serviços, designadamente de tomografia computadorizada dedicados à realização de imagens para planeamento e aceleradores lineares para realização dos tratamentos de radioterapia.

II. Levantamento de Valores de Exposição Ocupacional

Com o levantamento da exposição profissional dos técnicos de RT à radiação ionizante, pretende-se estabelecer uma avaliação quantitativa da radiação no posto de trabalho. Avaliar-se-á retrospectivamente a dose de radiação recebida pelos trabalhadores expostos, de acordo com os valores de dose presentes em dosímetros de corpo inteiro individuais. A informação disponibilizada consistirá na análise das doses ocupacionais, dos trabalhadores monitorizados, das respetivas instalações, organizados por setores de atividade. Pretende-se assim avaliar se os valores recolhidos estão de acordo com o preconizado para esta categoria profissional.

III. Estabelecimento de Níveis de Referência de Diagnóstico (NRDs)

Estabelecimento de NRDs em contexto hospitalar, a partir de valores de descritores de dose, recolhidos em exames das regiões anatómicas da mama e da próstata, em TC-planeamento na RT. Pretende-se estabelecer valor de referência nacional em exames de doentes submetidos a TC-planeamento nas unidades de RT Portuguesas, a fim de comparar os NRDs dos exames nas patologias descritas acima, com diferentes ensaios descritos na literatura.

Trata-se de um estudo retrospectivo e observacional, uma perspetiva de pura caracterização dos dados recolhidos à data.

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Centro Hospitalar Universitário São João, de modo a garantir a proteção dos direitos, segurança e bem-estar de todos os participantes incluídos e garantir prova pública dessa proteção.

2. PLANO E METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo iniciar-se-á e três questionários serão endereçados ao técnico coordenador do respetivo serviço, que será o responsável pelo preenchimento dos mesmos. Os três questionários serão: (1) caracterização da organização dos serviços de RT; (2) levantamento de valores de exposição ocupacional e (3) estabelecimento de NRDs. O primeiro questionário será enviado via *Google Forms*, o segundo e terceiro, via *Microsoft Excel* editável e protegido por palavra-passe.

O primeiro questionário visa constituir a caracterização dos serviços de RT nacionais e dos seus recursos humanos, à data da resposta ao estudo. Será enviado ao técnico coordenador para

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

preenchimento, em formato *Google Forms*, e não serão questionados dados pessoais de nenhum profissional.

O segundo questionário destina-se ao preenchimento de dados acerca da exposição ocupacional dos técnicos. Serão recolhidos valores de exposição ocupacional de acordo com os valores de dose presentes em dez dosímetros de corpo inteiro individuais, escolhidos aleatoriamente pelo técnico coordenador, por setor de atividade. Serão retirados os valores de dose presentes nos dosímetros correspondentes ao mês anterior à resposta do formulário.

Na terceira parte do estudo, pretenderá recolher valores de dose de imagens adquiridas na TC-planeamento das patologias de mama e de próstata. Realizar-se-á uma análise da norma *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)* das imagens adquiridas aos últimos dez doentes, à data da resposta do formulário. Serão avaliadas TC à região anatómica do tórax e da bacia e examinar-se-ão os descritores de dose: *Dose Length Product (DLP - mGy.cm)* e *CT dose index (CTDI_{vol} - mGy)*. Posteriormente, com estes valores, serão calculados os NRDs para cada patologia/região anatómica.

3. PROTEÇÃO DE DADOS DOS PARTICIPANTES

3.1 Responsável pelos dados

A pessoa responsável pelos dados e pelo seu tratamento é a investigadora principal. A recolha e preenchimento dos questionários com os dados será realizada pelo técnico coordenador de cada instituição presente no estudo e este é responsável pela veracidade dos mesmos e pela sua anonimização. A investigadora principal nunca terá acesso aos nomes dos participantes.

3.2 Recolha de dados

Será realizada a recolha através de três questionários que serão enviados ao técnico responsável pelo seu preenchimento, via e-mail institucional. Um questionário será em formato *Google Forms* (não serão recolhidos dados pessoais) e dois em formato *Microsoft Excel* editáveis e protegidos por palavra-passe.

3.3 Categorias de dados

Os dados serão totalmente informatizados e dizem respeito à caracterização dos serviços de RT portugueses; às doses de exposição ocupacional dos técnicos e a valores de dose de imagens de TC-planeamento.

3.4 Tratamento de dados

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

Os dados recolhidos serão na sua totalidade informatizados, anonimizados e codificados e cedidos à investigadora pelo técnico coordenador responsável. Será garantida a anonimização irreversível dos dados dosimétricos individuais. Não serão recolhidos dados pessoais de nenhum profissional e/ou doente nem será necessário o contacto pessoal com os mesmos. Os técnicos coordenadores dos Serviços de Radioterapia serão os únicos detentores dessa informação institucional.

No texto da dissertação nunca serão mencionados os nomes das instituições.

3.5. Medidas de proteção adotadas

Os dados recolhidos nas bases de dados serão codificados, informatizados e totalmente anonimizados. Os ficheiros serão guardados apenas no computador pessoal da investigadora protegidos por palavra-passe.

3.6. Prazo de conservação dos dados

Os dados presentes nas bases de dados serão mantidos pelo período de tempo que se mostre necessário à prossecução ou conclusão da finalidade a que se destinam, findo o qual serão eliminados 6 meses após conclusão do estudo.

3.7. Informação em caso de publicação

Em caso de publicação dos resultados do estudo, será mantida a confidencialidade e a proteção dos dados está garantida.

4. RISCOS E POTENCIAIS INCONVENIENTES PARA O PARTICIPANTE

Não se aplica.

5. POTENCIAIS BENEFÍCIOS

Não se aplica.

6. NOVAS INFORMAÇÕES

Ser-lhe-á dado conhecimento de qualquer nova informação que possa ser relevante para a sua condição ou que possa influenciar a sua vontade de continuar a participar no estudo.

7. RESPONSABILIDADE CIVIL

Não se aplica.

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

8. PARTICIPAÇÃO/RETIRADA DO CONSENTIMENTO

É inteiramente livre de aceitar ou recusar participar neste estudo. Pode retirar o seu consentimento em qualquer altura, através da notificação ao investigador, sem qualquer consequência, sem precisar de explicar as razões, sem qualquer penalização ou perda de benefícios e sem comprometer a sua relação com o investigador que lhe propõe a participação neste estudo.

O consentimento entretanto retirado não abrange os dados recolhidos e tratados até a essa data.

O investigador do estudo pode decidir terminar a sua participação neste estudo se entender que não é do melhor interesse continuar nele. A sua participação pode também terminar se o plano do estudo não estiver a ser cumprido. O investigador notificará-lo-á se surgir uma dessas circunstâncias.

9. CONFIDENCIALIDADE

Será garantido o respeito pelo direito do participante à sua privacidade e à proteção dos seus dados pessoais; devendo ainda ser assegurado que será cumprido o dever de sigilo e de confidencialidade a que se encontra vinculado, conforme disposto no artigo 29.º da Lei n.º 58/2019, de 08/08.

10. DIREITO DE ACESSO E RETIFICAÇÃO

Pode exercer o direito de acesso, retificação e oposição ao tratamento dos seus dados. Contudo, este direito pode ser sujeito a limitações, de acordo com a Lei.

11. REEMBOLSO E/OU RESSARCIMENTO DO PARTICIPANTE

Não se aplica.

12. COMPENSAÇÃO DO CENTRO DE ESTUDO / INVESTIGADOR

Não se aplica.

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

13. CONTACTOS

Se tiver questões sobre este estudo deve contactar:

Investigador	RAFAELA BORLIDO GUI SANTES
Morada	RUA DO ALECRIM Nº8 2ºC – 3045-113 S. MARTINHO DO BISPO, COIMBRA
Telefone	927248841
Email	RAFAELABGUISANTES@GMAIL.COM

Se tiver dúvidas relativas aos seus direitos como participante deste estudo, poderá contactar:

Presidente da Comissão de Ética da FMUC

Universidade de Coimbra • Faculdade de Medicina

Pólo das Ciências da Saúde • Unidade Central Azinhaga de Santa Comba, Celas

3000-354 COIMBRA • PORTUGAL

Tel.: +351 239 857 708 (Ext. 542708) | Fax: +351 239 823 236

E-mail: comissaoetica@fmed.uc.pt | www.fmed.uc.pt

Informação ao Participante e Formulário de Consentimento Informado

NÃO ASSINE O FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO INFORMADO A MENOS QUE TENHA TIDO A OPORTUNIDADE DE PERGUNTAR E TER RECEBIDO RESPOSTAS SATISFATÓRIAS A TODAS AS SUAS PERGUNTAS.

CONSENTIMENTO INFORMADO

Título do Projeto de Investigação

Nome do Participante:	
BI / CC:	Contactos:
Nome do Investigador: Rafaela Borlido Guisantes	

No âmbito da realização do Projeto de Investigação acima mencionado, declaro que tomei conhecimento:

- a. do conteúdo informativo anexo a este formulário e aceito, de forma voluntária, participar neste estudo;
- b. da natureza, alcance, consequências, potenciais riscos e duração prevista do estudo, assim como do que é esperado da minha parte, enquanto participante;
- c. e compreendi as informações e esclarecimentos que me foram dados. Sei que a qualquer momento poderei colocar novas questões ao investigador responsável pelo estudo;
- d. que o investigador se compromete a prestar qualquer informação relevante que surja durante o estudo e que possa alterar a minha vontade de continuar a participar;
- e. e aceito cumprir o protocolo deste estudo. Comprometo-me ainda a informar o investigador de eventuais alterações do meu estado de saúde que possam ocorrer (*quando aplicável*);
- f. e autorizo a utilização e divulgação dos resultados do estudo para fins exclusivamente científicos e permito a divulgação desses resultados às autoridades competentes;
- g. que posso exercer o meu direito de retificação e/ou oposição, nos limites da Lei;
- h. que sou livre de desistir do estudo a qualquer momento, sem ter de justificar a minha decisão e sem sofrer qualquer penalização. Sei também que os dados recolhidos e tratados até a essa data serão mantidos;
- i. que o investigador tem o direito de decidir sobre a minha eventual saída prematura do estudo e se compromete a informar-me do respetivo motivo;
- j. que o estudo pode ser interrompido por decisão do investigador, do promotor ou das autoridades reguladoras.

<i>Local e data:</i>	<i>Assinaturas</i>
	<i>Participante:</i>
	<i>Representante legal:</i>
	<i>Representante legal:</i>
	<i>Investigador (*):</i>

(*) confirmo que expliquei ao participante acima mencionado a natureza, o alcance e os potenciais riscos do estudo acima mencionado.