

# atarp Radiações

Número 8 - Abril 2022

ISSN N.º 2184-769X | Distribuição quadrimestral gratuita - venda interdita



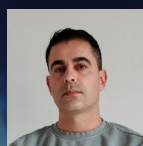
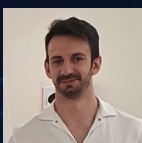
## ENTREVISTA A ISABEL DIEGUES

*"Na escolha do curso, o nome era interessante... Radioterapia? Radioatividade?"*



## DIA-A-DIA COM MICHAEL E SARA

*"...mudar de país, falar outra língua, conhecer uma nova sociedade, nova cultura e formas de pensar."*



## JOÃO AMARO

TC torácia em pacientes com COVID



## ADRIANA GOMES

Avaliação de doses em reirradiação da medula





**OPEN  
CALL**

**ARTIGOS**

Revista **Radiações**

---

**Deadline** 27/06

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| GUIA PARA AUTORES .....   | 4  |
| EDITORIAL.....  | 6  |
| MENSAGEM DO PRESIDENTE.....   | 7  |
| ENTREVISTA A ISABEL DIEGUES .....   | 8  |
| O DIA-A-DIA COM... SARA FIGUEIREDO E MICHAEL DA MOTA .....  | 16 |
| PUBLICAÇÕES .....   | 26 |
| Avaliação radiômica em TC torácica de pacientes com COVID-19.....   | 27 |
| Evaluation of doses in reirradiation of spinal cord: impact of the two different calculation algorithms – Acuros External Beam (AXB) vs Anisotropic Analytical Algorithm (AAA)..... | 36 |
| Biópsias assistidas por vácuo guiadas por Ressonância Magnética .....   | 49 |
| Aprendendo em equipa: metodologia de ensino para promoção da qualidade da prática dos Técnicos de Medicina Nuclear .....  | 55 |
| ESPAÇO ATARP.....   | 60 |
| Save-the-date.....  | 61 |
| Ações promovidas.....   | 63 |
| Formação Online: Highlights from XIX CNATARP .....  | 63 |
| Formação Fibroscan®: Parceria ATARP - Ecodanusa .....   | 64 |
| Webinar: "Técnicos de radiologia à conversa sobre radiologia mamária".....  | 65 |
| Assembleia geral ATARP .....  | 65 |
| Revisão do Catálogo Português de Medicina Nuclear.....  | 66 |
| Consulta Pública da alteração ao Decreto-Lei N.º 108/2018 .....   | 66 |
| Consulta Pública do Projeto de Recomendação no âmbito dos Tempos Máximos de Resposta Garantidos (TMRG).....   | 67 |



**RADIAÇÕES** | NÚMERO 08 | JANEIRO – ABRIL 2022

EDIÇÃO E PROPRIEDADE / Edition and Property  
ATARP – Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia, Radioterapia e Medicina Nuclear  
Torre Arnado  
Rua João de Ruão, 12  
3000-229 Coimbra  
revistaradiacoes@atarp.pt  
[www.atarp.pt](http://www.atarp.pt)

EDITOR CHEFE / Editor-in-Chief  
Edgar Lemos Pereira

EDITORA ADJUNTA / Assistant Editor  
Cláudia Lopes Coelho

COORDENAÇÃO EDITORIAL / Editorial Board

Altino Cunha  
Ana Geão  
Cátia Cunha  
Cláudia Coelho  
Edgar Pereira  
Joana Madureira  
Liliana Veiga

Lisa Olo  
Luís Domingos  
Maria João Rosa  
Rafaela Guisantes  
Rute Santos  
Selma Moreira  
Serafim Pinto

PROJETO GRÁFICO  
Levina Sá

PERIODICIDADE  
Quadrimestral  
ISSN N.º 2184-769X

# GUIA PARA AUTORES

**A** revista **Radiações** é uma publicação quadrimestral promovida pela ATARP - Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia, Radioterapia e Medicina Nuclear, cujo principal objetivo é promover e disseminar a investigação e o conhecimento científico de elevada qualidade realizado por Técnicos de Radiologia, de Radioterapia e de Medicina Nuclear, relacionados com os diversos aspetos das áreas de diagnóstico e terapia levados a cabo pelos colegas.

Publicamos artigos de investigação, artigos de revisão sistemática, por exemplo resultantes de teses de Mestrado ou Doutoramento, ou de dissertações de Título de Especialista, bem como *short papers* de profissionais das tecnologias da saúde, nas áreas de intervenção de Medicina Nuclear, Radiologia e Radioterapia, casos clínicos e notas técnicas. Proporcionamos ainda um espaço dedicado aos estudantes do curso de Licenciatura em Imagem Médica e Radioterapia, onde poderão submeter artigos, resultantes de investigação decorrente da sua formação académica.

---

## Normas de publicação

O conteúdo dos artigos é da exclusiva responsabilidade dos seus autores, aos quais compete respeitar e cumprir as normas e orientações de publicação da Revista **Radiações**. Assim como, caso seja aplicável, garantir a existência de parecer de comissão de ética e/ou autorização institucional.

Todos os textos devem ter a seguinte estrutura:

- Título
- Nome dos autores

- Filiação dos autores
- Instituição, Serviço, Cidade ou País (onde foi desenvolvido o trabalho)
- Financiamento e conflitos de interesses
- E-mail do autor para correspondência (opcional).

### **Investigação original/Revisão Sistemática:**

Os artigos submetidos para esta categoria devem seguir o formato científico *standard*. Resumo com as respetivas palavras-chave, em português e em inglês (até 300 palavras). (1) Introdução (inclui contexto e objetivos), (2) Metodologia (inclui procedimento e análise estatística), (3)



Resultados, (4) Discussão e (5) Conclusão. (Máximo 4000 palavras, excluindo referências bibliográficas e legendas).

### **Short paper:**

Os *Short papers* apresentam algumas conclusões, pertinentes para divulgação, no contexto de investigação ainda em curso (*research in progress*). Ainda que não exija estrutura rígida, deverá incluir, pelo menos, uma (1) introdução (inclui objetivo), (2) metodologia e (3) discussão. (Máximo 1500 palavras, excluindo referências bibliográficas e legendas).

### **Cartas ao editor / Letters to the editor:**

Podem ser consideradas para publicação artigos do tipo comentário crítico acerca de artigos recentemente publicados na **Radiações**. (Máximo 500 palavras).

### **Casos Clínicos:**

Neste formato considera-se para publicação artigos sobre Casos Clínicos de interesse para Técnicos de Radiologia, de Radioterapia e de Medicina Nuclear referentes à sua prática clínica. Estes artigos devem, preferencialmente, ser acompanhados por uma imagem. (Máximo 1000 palavras).

### **Notas Técnicas:**

Notas Técnicas podem incluir artigos sobre equipamentos ou técnicas de imagem ou de abordagem terapêutica de relevo do ponto de vista técnico. (Máximo 1000 palavras).

## **Regras de redação**

Idioma de redação: Português ou Inglês; Texto justificado (exceção para legendas de figuras ou tabelas, que poderão ser centradas na página); No corpo de texto, o tipo de letra deverá ser *Arial*, tamanho 10, espaçamento entre linhas de 1,5; Títulos deverão utilizar o tipo de letra *Arial*, tamanho 14, apresentados a negrito; Subtítulos apresentam também o tipo de letra *Arial*, a negrito, mas com tamanho 12; Para todas as imagens não originais, será

exigida evidência das respetivas provas de *copyright*, o que já não se aplica a imagens originais do(s) autor(es); São consideradas as regras do novo acordo ortográfico pelo que o Editor salvaguarda o seu direito de modificar os termos de Português do Brasil para Português de Portugal; A bibliografia deve ser apresentada de acordo com as normas da *American Psychological Association* (APA 6ª edição, 2011); O documento a submeter terá de ser enviado em formato *word*.

## **Procedimentos de submissão e revisão**

O processo de submissão exige simplesmente o envio do documento via correio eletrónico para [revistaradiacoes@atarp.pt](mailto:revistaradiacoes@atarp.pt), com o assunto "TIPO DE ARTIGO\_NOME".

### **Processo de Revisão**

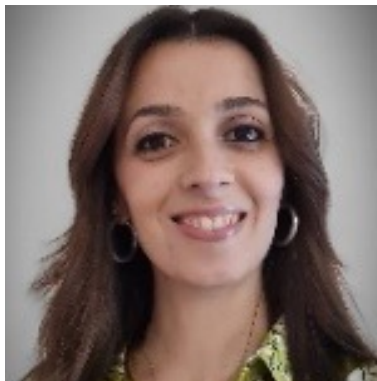
A **Radiações** efetua um tipo de revisão por pares aberta em que, após submissão, a comissão de revisão irá avaliar a proposta submetida, devendo responder no prazo máximo de 30 dias úteis com um dos possíveis resultados:

- 1) aprovado para publicação
- 2) aprovado para publicação condicional (O artigo é considerado aprovado para publicação de forma condicional, quando existir necessidade de um esclarecimento adicional por parte do autor correspondente)
- 3) não aprovado para publicação (O artigo não aprovado para publicação será acompanhado da devida justificação do resultado da revisão)

No caso de necessidade de resposta por parte do(s) autor(es), essa deverá ser submetida no prazo máximo de 10 dias úteis. Após a sua receção pela equipa editora, a resposta definitiva será dada no prazo máximo de 5 dias úteis e incluirá um dos possíveis resultados enumerados no parágrafo anterior.

Uma vez que o artigo seja aceite, a **Radiações** procederá à respetiva publicação, num dos dois números posteriores à data da notificação oficial de aceitação.

# EDITORIAL



*“O amanhã é incerto, mas é a certeza do que fazemos hoje que enfraquece a incerteza do amanhã”*

*por Cláudia Lopes Coelho*

---

## O Desafio

A definição do mundo atual, da realidade que nos ocupa o dia-a-dia, traz ao presente um conceito criado no período da guerra fria – **VUCA** (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*), um mundo volátil, incerto, complexo e ambíguo. Um acrónimo que fica na mente e representa toda a instabilidade mundial, as rápidas transformações, a emergência de adaptação aos cenários que nos surgem. Desde uma conceção empresarial até ao setor da saúde, neste contexto, não se encontram grandes diferenças. Mas tentemos perceber que, afinal, os tempos que vivemos são característicos de um mundo **BANI** (*Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible*) – frágil, ansioso, não linear e (de certa forma) incompreensível, trazendo consigo a evolução marcada por uma pandemia. Esta forma volátil e frágil de viver, pode, por outro lado, gerar valor e fazer crescer as pessoas. É numa união destes dois mundos que uma associação encontra nas pessoas o fortalecimento de que necessita.

Depois de um ano 2021 pleno de sucesso, a **ATARP** está mais próxima dos profissionais que representa. Se a mudança tecnológica é uma realidade, a cultura da **ATARP** segue em consonância, em busca de tornar as pessoas mais resistentes e oferecer ao mundo das **Radiações** a particularidade da inovação. Para esta edição desafiamos os nossos leitores a conhecer o mundo da Radioterapia pelos olhos de Isabel Diegues, assim como a seguir o dia-a-dia de um Técnico de Medicina Nuclear na Suíça pelos colegas Sara e Michael. Esta edição apresenta um ar renovado, leve, com ênfase na partilha da formação contínua promovida pela **Academia ATARP** e na produção científica, que valoriza os profissionais. Apelamos também para que todos os nossos presentes e futuros profissionais se consigam desafiar neste mundo VUCA e BANI e atender a novas demandas, que se sintam capazes e livres para confiar nos seus talentos e, assim, partilhar as suas experiências e apostar na submissão dos seus trabalhos. É a esta realidade que nos queremos adaptar e a **Radiações**, juntamente com as pessoas, está cá para superar **O DESAFIO**.

---



# MENSAGEM DO PRESIDENTE



*"Se não tivesse havido inverno, a chegada da primavera não teria o mesmo encanto."*

*Anne Bradstreet*

---

**Caras e caros Associados ATARP,  
Caras e caros profissionais, estudantes, docentes,  
Caras e caros colegas e futuros colegas,**

Há sensivelmente 3 meses vos escrevi "o ano de 2022 não será mais fácil, nós é que estaremos mais bem preparados"

De facto, não fica mais fácil com o passar do tempo. Para ninguém. Em lado nenhum. Em qualquer luta.

Mas estamos melhor preparados para enfrentar o futuro. Disso não tenho a menor dúvida. Mesmo que todos os dias existam erros, eles levarão a aprendizagens. Mesmo que em todas as situações aconteçam percalços, eles transformar-se-ão em competências reforçadas. Na verdade, num determinado instante, pequeno mas fulcral, o erro e o percalço fundir-se-ão com a aprendizagem e o reforço, e isso significará experiência adquirida.

Diariamente são inúmeras as lutas que temos que travar. Umas obrigatórias, outras opcionais. Umas mais claras, outras nem tanto. Algumas travadas em campo seguro, outras em terreno arenoso.

Caberá a cada um de nós, individualmente, e a todos, enquanto equipa, a luta e defesa pelo nosso papel enquanto Profissionais de Saúde, e será fundamental alavancar a nossa atuação no conhecimento e competência.

Obrigado a todos.

Altino Cunha

tem 2 filhas.

## RADIACÕES Nº8 - Abril 2022





*“O sonho desta equipa era ter um serviço vocacionado para a radioterapia com novas instalações físicas e com a instalação de aceleradores lineares(…)”*

Norte mudei-me com as armas, a bagagem e muitas ideias.

Era um serviço pequeno, com apenas um equipamento de Cobalto, mas com uma equipa coesa e cheia de vontade de fazer mais e melhor.

O sonho desta equipa era ter um serviço vocacionado para a radioterapia com novas instalações físicas e com a instalação de aceleradores lineares, podendo assim prestar cuidados de saúde aos doentes oncológicos, com a nova tecnologia e as técnicas de tratamento adequadas por patologia.

Tenho o privilégio de acompanhar e participar nesta evolução, até aos dias de hoje.

**Radiações:** *O desenho do percurso académico de um Técnico de Radioterapia sofreu, ao longo destes anos, bastantes atualizações. Quais as principais mudanças a que assistiu no processo formativo dos Técnicos de Radioterapia?*

**Isabel:** Assisti a tudo!

Sou do primeiro curso da ESTeSL (à data, Escola Técnica de Serviços de Saúde de Lisboa).

Saí com um curso Técnico de Diagnóstico e Terapêutica – especialidade de Radioterapia.

Na entrega dos diplomas, foi-nos garantido que o futuro próximo, seria o reconhecimento do bacharelato dado o *curriculum* do curso.

Demorou, mas concretizou-se! Aconteceu em 1998, o reconhecimento com o nível de bacharel.

Aspiração/evolução? Licenciatura....

Concluí a licenciatura bietápica em 2002. Desde o primeiro curso da ESTeSL que os alunos saíram com competências e capacidades, iguais ou superiores, às dos países mais desenvolvidos nestas áreas de intervenção.

Provas dadas? O número de profissionais que dignificaram e contribuíram para o desenvolvimento dos serviços de radioterapia públicos e privados nacionais e internacionais.

A evolução do ensino levou-nos à fusão dos três cursos com a radiação em comum, o Curso de Imagem Médica e Radioterapia.

A minha opinião sobre esta evolução/revolução, é de que foi importante, face à evolução que era exigível em paralelo com os outros países. Mas, nós ainda não temos as estruturas a nível do ambiente de trabalho, preparadas para esta mudança estrutural e, sobretudo, não temos o nosso pensamento e forma de transmitir os nossos conhecimentos organizados e focalizados, nesta nova metodologia de ensino.

**Radiações:** *Quais os principais desafios de um Técnico de Radioterapia no século XXI? E neste sentido, o que nos guarda o futuro?*

**Isabel:** Os principais desafios na minha opinião, são:





Integrarmos plenamente a equipa multidisciplinar, evidenciando as nossas competências e capacidades. Promover o reconhecimento dentro destas equipas, na comunidade científica e na sociedade. Como? Uma frase do Professor Constantino Sakellarides que me serve de leme: *“Conhecimento gera conhecimento”*.

***“Não podemos ficar estagnados com um diploma na mão. Temos que estar sempre em constante aprendizagem, progredir em termos académicos e adquirir novas competências, na nossa área de intervenção na prestação de cuidados ao doente.”***

Não podemos ficar estagnados com um diploma na mão. Temos que estar sempre em constante aprendizagem, progredir em termos académicos e adquirir novas competências, na nossa área de intervenção na prestação de cuidados ao doente.

É urgente definirmos um código de conduta, e isso é um trabalho a ser desenvolvido a nível nacional por todos nós.

***Radiações: Obtém a categoria de TSDT Especialista Principal de Radioterapia em julho de 2021. A sua prova obteve a classificação de 19,75 valores, com um excecional reconhecimento pelo júri. A sua já conhecida e invejável capacidade de comunicação, com grande clareza e objetividade, é inata ou pode ser treinada?***

**Isabel:** Peço desculpa, mas a minha indignação tem que ficar aqui refletida. A minha, mas que é comum a muitos Colegas.

Já tinha obtido por concurso a categoria de Técnico Especialista de 1.ª classe.

Fomos como sabem, o único grupo profissional que face a uma reestruturação da carreira fomos “despromovidos”.

Mas como somos resilientes voltamos a submeter-nos a novo concurso e dizer sim, possuo a competência.

A capacidade de comunicação pode, como todos sabemos, ser trabalhada.

Obrigada pelo elogio, mas a minha notoriamente tem que o ser, face às longas respostas...

Comunicar é no meu entender a melhor arma/ferramenta, para o bem-estar do ambiente que nos rodeia, para o nosso bem-estar pessoal e para que o nosso objetivo seja atingido com sucesso.

***Radiações: A Isabel coordena o Serviço de Radioterapia do Centro Hospitalar Universitário de Lisboa Norte. Conte-nos um pouco como é o seu dia-a-dia, na coordenação de um dos maiores Serviços de Radioterapia do país.***

**Isabel:** O meu dia-a-dia é muito bom.

Esta, é por opção, há muitos anos a minha segunda casa.

Tenho uma equipa fantástica, um segundo elemento (Subcoordenadora), que me possibilita dedicar-me a muitos projetos, que contribuem para o nosso desenvolvimento como equipa e do serviço.

Nos projetos, estão sempre envolvidos elementos da equipa, que promovem e concretizam a sua realização.

Sou um dos elementos da equipa de gestão do serviço, o que significa que o Grupo Técnico está sempre envolvido e participante nas tomadas de decisão.

Pertenço ao Gabinete de Risco, à Comissão para Prevenção e Controlo da Bactéria Legionella como membro do Gabinete de Risco e sou Vice-Presidente do Conselho Técnico do CHUNL.



*"Nos projetos, estão sempre envolvidos elementos da equipa, que promovem e concretizam a sua realização.*

*Sou um dos elementos da equipa de gestão do serviço, o que significa que o Grupo Técnico está sempre envolvido e participante nas tomadas de decisão."*

**Radiações:** *Quais os dois ou três aspetos técnicos que considera mais ter alterado a prática da Radioterapia em Portugal nos últimos 20 anos?*

**Isabel:** A evolução tecnológica dos equipamentos de diagnóstico, de planeamento e de terapia, que promoveram a diminuição da toxicidade, um maior controlo da doença e o consequente aumento da sobrevida do doente oncológico.

**Radiações:** *O Serviço que coordena participa em estudos de investigação ou ensaios clínicos? Destaque-nos alguns dos estudos*

*em que teve oportunidade de participar.*

**Isabel:** Sim, a equipa técnica participa. Estes são os ensaios clínicos em curso:

1- *"Papel dos biomarcadores e das técnicas ecográficas no diagnóstico precoce, estratificação de risco e estratégias de lesão cardíaca em doentes com neoplasia da mama submetidas a terapêuticas oncológicas".*

2- Primary Radiation Oncologist do ensaio clínico estudo MK3475-975 da MSD, intitulado *"A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Phase 3 Trial of Pembrolizumab (MK-3475) Versus Placebo in Participants with Esophageal Carcinoma Receiving Concurrent Definitive Chemoradiotherapy"*



(KEYNOTE 975)" do centro 0376 – Hospital de Santa Maria

3- Primary Radiation Oncologist do ensaio clínico MK3475-992 da MSD, intitulado *"A Phase 3, Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Clinical Trial to Study the Efficacy and Safety of Pembrolizumab (MK-3475) in Combination with Chemoradiotherapy (CRT) versus CRT Alone in Participants with Muscle-invasive Bladder Cancer (MIBC)"* do centro 0305 - Hospital de Santa Maria

4- Participação no Ensaio Clínico *"Study of Pembrolizumab Given Prior to Surgery and in Combination with Radiotherapy Given Post-surgery for Advanced Head and Neck Squamous Cell Carcinoma (MK-3475-689)"*, ClinicalTrials.gov Identifier: NCT03765918

5- Participação no Ensaio Clínico *"A Study of Debio 1143 in Combination with Platinum-Based Chemotherapy and Standard Fractionation Intensity-Modulated Radiotherapy in Participants with Locally Advanced Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck, Suitable for Definitive Chemoradiotherapy"*, ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04459715.

Participamos igualmente, nos diferentes estudos (ex. sarcopenia) realizados pela equipa de nutrição do IMM, com vários artigos publicados em conjunto.

O nosso mais recente projeto, que está em curso, é a candidatura à *"Bolsa Capital Humano em Saúde 2022"*, lançada pela Associação Portuguesa dos Administradores Hospitalares (APAH).

**Radiações:** *No ano passado (2021), foi inaugurada a nova ala de Radioterapia do Hospital Santa Maria, com aquisição de dois aceleradores lineares. Pretende-se com esta renovação a retoma das técnicas especiais, como a Radiocirurgia e uma unidade de braquiterapia renovada?*

**Isabel:** Infelizmente, a unidade de braquiterapia não vai poder ser renovada

no imediato, foi realizado um upgrade em 2015.

Com o início da atividade clínica dos aceleradores lineares a Radiocirurgia de que fomos pioneiros no país em 1995, foi retomada dia 23 de fevereiro de 2022.

**Radiações:** *Considera que a ampliação do Serviço o possa tornar "o primeiro centro de responsabilidade de radioterapia" do país?*

**Isabel:** É uma proposta que foi realizada ao Serviço pelo Senhor Presidente do Conselho de Administração, Dr. Daniel Ferro e que está a ser estudada e projetada.

Será uma forma completamente diferente de gestão, com todos os desafios a ela inerentes.

**Radiações:** *A Isabel integra o Gabinete de Risco do CHULN. Qual é o seu papel neste grupo de trabalho? Em que medida a sua presença neste gabinete se reflete no dia-a-dia do Serviço de Radioterapia?*

**Isabel:** Sou elemento do Gabinete de Risco desde 2010. Após a última reestruturação faço parte do grupo *Coore*.

É uma área muito interessante e, que eu considero de extrema importância para as instituições hospitalares, como garantia da segurança na prestação de cuidados de saúde.

Realizei uma pós-graduação na Escola Nacional de Saúde Pública em Segurança do Doente, para poder dar um contributo mais efetivo.

Participo na formação realizada aos profissionais do CHULN.

Infelizmente a adesão é muito fraca em determinados grupos profissionais, onde o nosso se inclui.

O índice de adesão à notificação de incidentes na plataforma disponível para o efeito, é mais uma vez residual nas nossas áreas.



*"Com o início da atividade clínica dos aceleradores lineares a Radiocirurgia de que fomos pioneiros no país em 1995, foi retomada dia 23 de fevereiro de 2022."*

Um dos objetivos do gabinete é continuar a investir na motivação de todos os profissionais.  
O impacto no Serviço de Radioterapia é o mesmo que tem nos restantes serviços do Centro Hospitalar, a nossa atuação e intervenção é transversal.

**Radiações:** *Uma mensagem para os nossos leitores?*

**Isabel:** Sejam Felizes como dizia o grande Batista Bastos.

## **"Pressão no ar" a Isabel Diegues**

### ***A técnica de radioterapia favorita...***

...a que tiver a melhor dose tumoricida e que melhor proteja os órgãos e tecidos sãos adjacentes, onde por exemplo se pode incluir a radioterapia estereotáxica corporal.

### ***Livro de mesa-de-cabeceira:...***

Qualquer livro do Miguel Sousa Tavares, mas refiro com carinho o que lia às minhas filhas para adormecerem "O segredo do Rio".

### ***Adoro...***

...o mar.

### ***Se eu pudesse, metia o pé no "Acelerador" para...***

...uma ilha ou para o Alentejo.

### ***Não suporto...***

...mentira, incompetência e deslealdade.

### ***Orgulho-me de...***

...ser uma pessoa honesta.

### ***O que me tira o sono é...***

a maldade de que o ser humano é capaz.

### ***A minha música favorita é...***

... "Dance me to the end of love" de Leonard Cohen (como diz a minha grande Amiga Céu, música de cortar os pulsos...).

### ***Arrependo-me de...***

...não me ter dedicado mais à Família, perdi momentos importantes do crescimento das minhas filhas.







# O DIA-A-DIA COM... SARA FIGUEIREDO E MICHAEL DA MOTA

*Como é ser Técnico de Medicina Nuclear na  
Suíça.*

## Como tudo começou

### Sara:

Tudo começou com a vontade de fazer um estágio curricular neste hospital tão conceituado, o CHUV (Centre Hospitalier Universitaire Vaudois) em Lausanne. Esta vontade não era “inocente”, dado que não era um hospital desconhecido para mim, passei algum tempo neste hospital durante a minha infância e dizia sempre que “quando fosse grande” queria trabalhar ali para ajudar os outros. A oportunidade surgiu no meu terceiro ano da licenciatura em Medicina Nuclear na ESTeSL-IPL através do programa ERASMUS em colaboração com a HESAV (Haute Ecole de la Santé Vaudoise). Resolvida a burocracia, lá levantei voo para 4 meses de aventura neste hospital.

Foram quatro meses que me permitiram ver e aprender para além das minhas expectativas, conhecer pessoas novas e curiosamente rever algumas já conhecidas. Criaram-se amizades que perduram ainda hoje. Para o CHUV foi também uma aventura, pois foi a primeira vez que receberam estudantes ao abrigo do programa ERASMUS, oriundos de um sistema de ensino nas Tecnologias da Saúde diferente do local. Quatro anos de licenciatura num domínio específico? Isso existe mesmo?

Este destaque e proximidade contribuiu, à data, para o “abrir portas” no mercado de trabalho suíço para os portugueses na área das Tecnologias da Saúde. Com orgulho, ainda hoje destacam o nível dos estudantes portugueses.

Para mim, ainda não tinha terminado a Licenciatura e surgiu a primeira oportunidade de trabalho... Infelizmente tive de recusar para poder acabar o meu último ano de estudo em Portugal. Mas, foram colegas portugueses, recém-licenciados que se alocaram para as vagas existentes. Fiquei contente e com esperança confiante de que novas oportunidades ocorreriam. E assim foi, passados três anos era a minha vez! À data estava a trabalhar no Hospital Particular de Almada, do qual foi difícil partir por

todo o valor acrescido de enriquecimento profissional proporcionado pela excelente equipa de trabalho. Foram dois anos a “forjar” as minhas práticas enquanto Técnica de Medicina Nuclear.

Hoje, um pouco mais de 10 anos passaram...



*“Tudo começou com a vontade de fazer um estágio curricular neste hospital tão conceituado, o CHUV (Centre Hospitalier Universitaire Vaudois) em Lausanne.”*



## Michael:

Para mim a possibilidade de uma mudança para o estrangeiro começou com a conclusão da minha formação (na época uma licenciatura bietápica pré-Bologna) como Técnico de Medicina nuclear na ESTSP-IPP. A vontade de descobrir um novo país e começar a minha carreira fora de portas fez-me iniciar uma procura de emprego no estrangeiro. Também seria uma boa oportunidade de emancipação e "sair debaixo das asas dos pais" uma vez que durante a minha formação académica no Porto e devido à proximidade não se justificou uma mudança de casa.

Num primeiro tempo, a Inglaterra e o Reino Unido eram os destinos de eleição para mim, sobretudo devido à facilidade com a língua inglesa e à presença de alguns colegas que já estavam no mercado de trabalho britânico. Cheguei a ter uma entrevista de emprego no sul de Inglaterra que felizmente (agora sei!) não deu em nada. Entre a entrevista e a resposta tive conhecimento, por meio de um programa televisivo, de um *website* com ofertas de emprego na Suíça. Fiz uma pesquisa, na altura mais por curiosidade, no dito *website* e por acaso encontrei duas propostas de trabalho que se adequavam ao meu perfil. Uma em Lausanne e outra em Zurique.

Numa primeira fase não achei que teria grandes hipóteses de ser selecionado em terras helvéticas. Certo que conhecia muitas pessoas que trabalhavam e viviam na Suíça, mas estavam mais associados a mão de obra pouco qualificada e além disso o meu francês era na época muito básico. Com o conhecimento da resposta negativa vinda de Inglaterra decidi arriscar (também não tinha muito a perder) e concorrer à oferta de emprego para o CHUV em Lausanne. Traduzi o meu curriculum para francês (usei muito o *google translator*, confesso) e escrevi um pequeno texto a dar conta das minhas motivações em relação ao emprego proposto (muito comum nas propostas de emprego na Suíça). Passado, sensivelmente, uma semana depois do envio de toda a documentação entraram em contato comigo e a partir

daí tudo foi muito fácil até obter um contrato de trabalho onde estou há já 14 anos.

De facto, hoje reconheço, que não poderia estar mais errado inicialmente. Desde que estou na Suíça já conheci muitos



*"A vontade de descobrir um novo país e começar a minha carreira fora de portas fez-me iniciar uma procura de emprego no estrangeiro."*



portugueses com bastante qualificação não só na área da saúde (enfermeiros, médicos, fisioterapeutas, etc.) mas também em áreas como a informática, arquitetura, engenharias, enfim de tudo um pouco.

Em relação à língua fui aprendendo naturalmente ao longo de todo este tempo e ainda estou a aperfeiçoar, mas desde cedo ganhei um conhecimento da língua francesa para ser perfeitamente independente a esse nível dentro e fora do trabalho. Os suíços (ou outros estrangeiros já estabelecidos) tinham e ainda têm o hábito de lidar com estrangeiros que numa fase inicial não dominam a língua falada o que cria um ambiente sem pressões imediatas e que leva a uma aprendizagem mais tranquila e natural.

## A experiência e o desafio

### Sara e Michael:

No final vários desafios se impuseram para nós os dois: mudar de país, falar outra língua, conhecer uma nova sociedade, nova cultura e formas de pensar. Mas depressa nos adaptamos. E que paisagens maravilhosas temos a sorte de contemplar todos os dias, entre montanhas, lagos e florestas, não podemos ficar entediados.

Uma das coisas que mais impressiona na Suíça é a presença de inúmeras culturas e cidadãos de países diferentes da Europa e de todos os cantos do mundo. A forte presença portuguesa na Suíça permite-nos matar algumas saudades de casa nomeadamente com o acesso fácil a alguns produtos bem portugueses como os famosos pastéis de bacalhau e claro, não podia deixar de ser, os pastéis de nata.

O CHUV é um hospital universitário com cerca de 12 mil empregados de 94 nacionalidades diferentes. Os portugueses representam 7,5% (todas as profissões incluídas), sendo a terceira

nacionalidade mais representada depois dos Suíços e Franceses.

Existe uma estreita colaboração entre o CHUV e a Faculdade de Biologia e de Medicina da Universidade de Lausanne na formação nas áreas da medicina, biologia, entre outras, assim como com a HESAV na formação dos Técnicos de Radiologia Médica (nome dado ao conjunto formado por Técnicos de Radiologia, de Medicina Nuclear e de Radioterapia), enfermeiros e outras profissões ligadas à saúde.

Em 2015 foi considerado o melhor hospital da Suíça e o 35º melhor do mundo. Em 2019 e 2020, a revista americana *Newsweek*, classificou o CHUV nos 10 melhores do mundo (nono, par ser exato), sendo este ano o 11º.

Sendo um grande centro universitário e com recursos, o CHUV proporciona-nos estar sempre na linha da frente no que diz respeito às novas tecnologias e avanços médico-científicos, primando sempre pela excelência de equipas multidisciplinares variadas.

O CHUV está dividido por departamentos e o serviço de "*Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire*" está associado ao departamento de Radiologia. O nosso serviço é dirigido pelo Professor John Prior e temos como chefe/supervisor técnico o Paulo Ferreira, que tal como nós entrou na aventura da emigração.

Quem poderia imaginar que há 10 anos já faziam exames cardíacos PET com Rb-82 como se fosse algo de usual? Para nós era uma novidade e algo inimaginável. Para além deste radiofármaco e do clássico 18F-FDG, tivemos a possibilidade de trabalhar em PET com diferentes radiofármacos na prática diária do serviço: 18F-FET, 18F-DOPA e 18F-Colina. Com o passar do tempo, surgiram novos radiofármacos PET, destacando-se o 68Ga (PSMA e DOTATOC). Uma particularidade do nosso serviço é que a produção de radiofármacos é feita *in hospitalis* dada a possibilidade de se ter um gerador de 68Ge/68Ga.

O PET representa cerca de dois terços da nossa atividade diagnóstica. Em dez anos tivemos um aumento de cerca de



*“Em 2015 foi considerado o melhor hospital da Suíça e o 35º melhor do mundo. Em 2019 e 2020, a revista americana Newsweek, classificou o CHUV nos 10 melhores do mundo (nono, para ser exacto), sendo este ano o 11º.”*

445% da atividade no PET, o que nos permitiu adquirir um segundo PET/CT. Neste momento temos um PET/CT GE *Discovery* 690 (2011) e um PET/CT Siemens *Vision* (2018). A grande particularidade deste último é que foi o segundo digital a ser instalado no mundo. Este segundo lugar é apenas por diferença inferior a uma semana da data de instalação!

Na Medicina Nuclear, dita convencional, temos um SPECT/CT GE *Discovery* 670 (2013) e um SPECT/CT *Intevo* (2015) com software de quantificação integrado, que, como sabemos, é de extrema importância na Medicina Nuclear. Eliminamos recentemente uma câmara gama GE *Millenium* com um detetor e estamos em plena renovação para acolher um novo SPECT/CT. Crescimento tecnológico no CHUV não falta, o que gabamos com orgulho, pois permite-nos facilmente a atualização de conhecimento e saber. Para além do diagnóstico, as terapêuticas

também ocupam uma grande parte da atividade no CHUV. As terapêuticas desenvolveram-se a uma velocidade considerável graças ao conceito de teragnóstico.

De facto, as radioterapias metabólicas têm ganho um lugar de destaque na atividade do nosso serviço. Nos últimos 10 anos assistimos à crescente e regular prática clínica da técnica de radioembolização, para tratamentos hepáticos, feita em colaboração com a radiologia de intervenção. Esta técnica passou de alguns casos anuais para uma frequência atual de vários tratamentos por semana.

Mais recentemente tivemos a introdução das terapias com  $^{177}\text{Lu}$ -Dotatate e  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA, que implica a hospitalização dos pacientes durante dois dias por questões de radioproteção. A evolução destas terapias tem tido um percurso semelhante ao da radioembolização com a realização

de alguns casos anuais até vários tratamentos por semana, o que acarretou alguns desafios logísticos. Em 2021, a ocupação dos quartos prevista para estas terapias atingiu 93% da capacidade máxima possível de permanência de pacientes nestas estruturas. De referir também que em paralelo a estes tratamentos mais recentes, continuamos a realizar as "clássicas" terapias da tiroide com <sup>131</sup>Iodo.

Ainda em relação às terapias, também assistimos nos últimos anos ao surgimento fulgurante das terapias com <sup>223</sup>Ra (vulgarmente conhecido por Xofigo®) mas atualmente já se fazem em níveis residuais devido ao aparecimento de protocolos mais promissores em termos de resultados para o paciente.

Uma outra vertente do nosso trabalho que mudou bastante desde que aqui chegamos foi a radiofarmácia. De facto, o nosso serviço terá sido um dos primeiros a fazer evoluir o seu conceito de radiofarmácia no surgimento das novas normas europeias de preparação de radiofarmacos e que foram difundidas e aprovadas pela EANM.

Esta mudança implicou um grande investimento (alguns milhões de francos suíços, pelo que sabemos) e se a marcação dos vários kits continuou a ser essencialmente feita de modo igual, o ambiente onde é feito mudou radicalmente bem como a exigência, controlo de qualidade e normas associadas. Isto permitiu que começássemos a preparar na nossa radiofarmácia produtos mais complexos nomeadamente o <sup>68</sup>Ga (PSMA e DOTATOC), o <sup>177</sup>Lu (PSMA-I&T) usado em terapia bem como outros radiofarmacos que não estão presentes no mercado, mas que são usados em ensaios clínicos.

No nosso hospital existe um centro de formação dedicado à preparação, disponibilização e realização de formações que vão desde técnicas de cuidados como o suporte básico de vida, por exemplo, passando pelo conhecimento de várias ferramentas informáticas até formações mais de desenvolvimento pessoal como comunicação em equipa e *leadership*. A

participação dos colaboradores nestas formações é estimulada e ajudada em termos de disponibilização de tempo e algumas ajudas de custo acabando cada colaborador por participar, em média, em duas formações contínuas por ano. Esta é, sem dúvida, uma mais-valia e um fator bem determinante, em conjugação a todas as demais oportunidades inatas proporcionadas, para a permanência no CHUV.

A participação em pós-graduações também é possível e tem sido feita por alguns dos nossos colegas com algum apoio do nosso serviço nomeadamente ao nível dos horários e dias de trabalho adaptados para possibilitar a frequência em aulas que muito raramente se fazem em regime pós-laboral na Suíça.

Em termos de evolução na carreira é importante começar por referir que a experiência é valorizada com uma tradução salarial. Isto é, um colaborador com 10 anos de experiência tem um salário mais elevado que um recém-licenciado, por exemplo, se forem contratados para a mesma função. De facto, todos os colaboradores do nosso hospital, sem exceção, veem o seu salário aumentado todos os anos de modo a refletir o seu ganho em experiência.

Como o nosso serviço é relativamente pequeno, as funções de destaque são limitadas, mas mesmo assim existem várias com ou sem aumento salarial específico.

### Michael :

No meu caso em concreto, em 14 anos, já desempenhei algumas destas funções. No passado já fui responsável técnico da radiofarmácia em coordenação com os radiofarmacêuticos e atualmente sou responsável técnico pelas nossas atividades nas radioterapias metabólicas que muito tem crescido em atividade no nosso serviço como já referimos.

Paralelamente, também desempenho a função de *Praticien Formateur* (ou formador na prática, em português) juntamente com outros colegas onde temos como função a coordenação, organização, seguimento e avaliação de estágios clínicos feitos pelos futuros



*"No passado já fui responsável técnico da radiofarmácia em coordenação com os radiofarmacêuticos e atualmente sou responsável técnico pelas nossas atividades nas radioterapias metabólicas(..)"*



Técnicos de Radiologia Médica da HESAV. Também recebemos com alguma frequência alunos estrangeiros (alunos de Portugal, Bélgica, Holanda e Dinamarca por exemplo) em regime de ERASMUS. Apesar da existência destas funções mais específicas de formador, a formação real dos alunos na prática é assegurada por toda a equipa técnica com o trabalho essencial e de proximidade no dia a dia dos alunos no nosso serviço. Vários Técnicos também têm a oportunidade de dar aulas teóricas na HESAV sobre várias temáticas da Medicina Nuclear.

### **Sara:**

Ao longo destes já 10 anos no CHUV tive a oportunidade de participar em algumas formações que me permitiram desenvolver funções mais específicas. Tal como o Michael, durante alguns anos fui responsável técnica da radiofarmácia, mas infelizmente tive de abandonar este posto por motivos de saúde. Atualmente sou responsável HPCI (Higiene Prevenção e Controlo da Infecção) assim como coordenadora RECI (Recolha Eventos Críticos e Indesejados). A primeira função consiste



*"Atualmente sou responsável HPCI (Higiene Prevenção e Controlo da Infecção) assim como coordenadora RECI (Recolha Eventos Críticos e Indesejados)."*

na coordenação e aplicação das práticas de higiene hospitalar, o que nem sempre é fácil coordenar com a radioproteção. A segunda relaciona-se mais com a qualidade. O objetivo é recolher incidentes e disfunções na atividade do serviço, analisar e encontrar propostas de melhoria juntamente com uma equipa multidisciplinar.

Recentemente, fui nomeada para apoiar o responsável técnico pelos equipamentos de imagem, as câmaras-gama, desafio que aceitei de bom gosto.

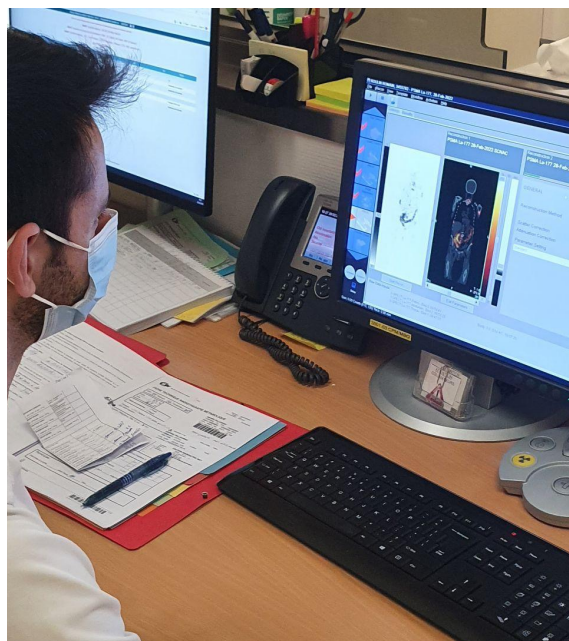
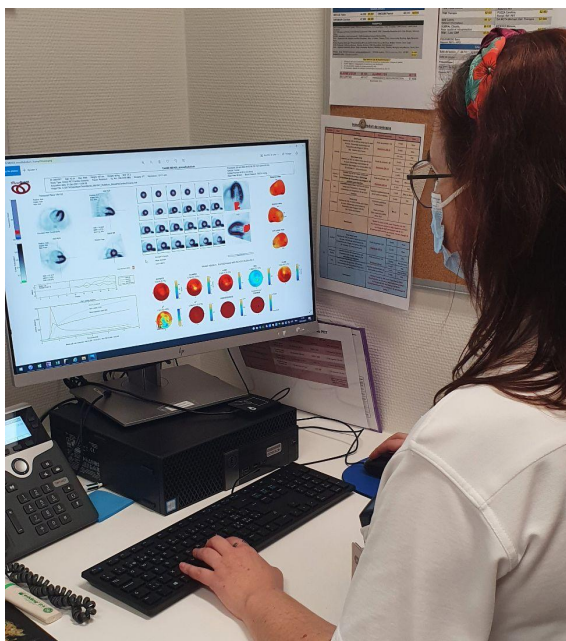
## A Instituição - CHUV

### Sara e Michael :

Sendo um serviço acreditado por várias instâncias:

- SQS (Association Suisse pour Systèmes de Qualité et de Management): ISO 9001:2015

- IQNET (The International Certification Network): ISO 9001:2015



- ENETS (European Neuroendocrine Tumour Society): Center of excellence
- UEMS/EBNM (Union Européenne des Médecins Spécialistes/European Board of Nuclear Medicine): Acreditado enquanto Departamento de Medicina Nuclear e Centro de Formação

A criação e revisão de protocolos é algo constante e temos a sorte de poder participar na sua elaboração, consoante as nossas funções específicas.

O facto de o CHUV ser um hospital universitário, a investigação tem um papel de destaque. Enquanto técnicos temos a possibilidade de participar ativamente nestes avanços médicos. Seja a solo ou em conjunto com outros colegas ou médicos do serviço temos a oportunidade de desenvolver artigos de pesquisa em temas que nos interessem particularmente que, culminam muitas das vezes na sua exposição em congressos nacionais ou até internacionais. Isto é um reflexo, a nível do nosso serviço, da grande aposta do hospital no conhecimento e investigação como uma das suas grandes linhas de orientação e desenvolvimento.

Resumindo, participamos em todas as áreas da Medicina Nuclear, desde a

radiofarmácia, passando pela cintigrafia, o PET, a hematologia nuclear, a terapia e a investigação.

***"Como é o nosso dia à dia enquanto Técnicos?"***

- ***Diversificado***
- ***Académico***
- ***Árduo***
- ***Satisfatório***
- ***Feliz"***



**Canon**

# ***Vantage Orian***

Produtividade. Conforto. Confiança.



Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE)



A close-up, shallow depth-of-field photograph of a stack of newspapers. The papers are white and slightly aged, with some visible text and images on the top pages. The stack is arranged in a way that shows the edges of many pages, creating a sense of thickness and volume. The background is a soft, out-of-focus grey.

# PUBLICAÇÕES

# Avaliação radiômica em TC torácica de pacientes com COVID-19



João Paulo da Fonseca Amaro, MSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Técnico de Radiologia, Hospital Fundação Aurélio Amaro Diniz, Oliveira do Hospital

---

## Abstract

With the emergence of a new disease called COVID-19, it was suggested the application of radiomics to computed tomography (CT) images in the context of this disease. The study aims to test the diagnostic and prognostic capacity of the radiomic characteristics extracted from chest CT scans of patients with COVID-19 and other pneumonia not attributed to SARS-CoV-2, found in pulmonary injury patterns. One of the objectives was to test the ability of the classifier to differentiate the COVID-19 pathology from other type of pneumonia, and to observe which radiomic features are most significant in this differentiation. For the extraction of radiomic data, automatic, semi-automatic and manual segmentation techniques were used. The results obtained were significant, especially about the classification COVID-19 vs. other pneumonia. It was found that the techniques we use should be improved, since they are very time-consuming, especially when it comes to image segmentation.

**Keywords:** COVID-19, Computed Tomography, Pulmonary Segmentation, Radiomics, Machine learning.

## Resumo

O aparecimento de uma nova doença designada COVID-19, sugeriu a aplicação da avaliação radiômica às imagens de Tomografia Computorizada (TC) no contexto desta doença. O objetivo do estudo é, assim, testar a capacidade diagnóstica e prognóstica das características radiômicas extraídas de exames de TC do tórax de pacientes com COVID-19 e com outras pneumonias não atribuídas a SARS-



CoV-2, encontradas nos padrões de lesão pulmonar. Um dos objetivos foi testar a capacidade de o classificador diferenciar a patologia COVID-19 de outras pneumonias, e observar quais as características radiômicas mais significativas nesta diferenciação. Para a extração dos dados radiômicos foram utilizadas técnicas de segmentação automática, semiautomática e manual. Os resultados obtidos foram bastante significativos, sobretudo no que diz respeito à classificação COVID-19 vs. outras pneumonias. Verificou-se que as técnicas utilizadas devem ser objeto de aperfeiçoamento, uma vez que são muito consumidoras de tempo sobretudo no que concerne à segmentação de imagens.

**Palavras-chave:** COVID-19, Tomografia Computorizada, Segmentação Pulmonar, Radiômica, Aprendizagem automática.

## Introdução

Em dezembro de 2019 surge uma pneumonia de causa desconhecida na cidade de *Wuhan* na província de *Hubei* (China). Mais tarde foi identificado o agente patogénico responsável por esta síndrome respiratória aguda severa, o coronavírus designado SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus2* - Coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2) e a síndrome foi designada por COVID-19 (Novo Coronavírus de 2019). A Tomografia Computorizada (TC) tem uma grande importância no diagnóstico e seguimento de doentes com COVID-19 tendo uma elevada sensibilidade, contudo, a confirmação do diagnóstico realiza-se através do teste RT-PCR (*reverse transcription-polymerase chain reaction*, transcrição reversa seguida de reação em cadeia da polimerase). A COVID-19 pode passar despercebida até atingir vários graus de severidade inclusive a falência de vários órgãos e morte. Torna-se assim relevante a criação de ferramentas que auxiliem médicos radiologistas e clínicos na deteção precoce e prognóstico da doença. Neste contexto, é de grande interesse o recurso à radiômica (do inglês *radiomics*), uma área de investigação que pretende explorar o valor de características quantitativas extraídas das imagens médicas, no diagnóstico ou prognóstico de diferentes doenças. Na literatura recente, verifica-se a existência de estudos que, utilizando características radiômicas

extraídas das imagens de TC torácica de pacientes com COVID-19 e tecnologias de *machine learning* (ML), demonstram ser possível acelerar o diagnóstico e até distinguir a doença de outras patologias pulmonares (Chen et al., 2020). O trabalho desenvolvido pretendeu estudar o potencial de diagnóstico e prognóstico das características radiômicas obtidas a partir de TC torácica em casos COVID-19. Foram estudadas as características radiômicas em TC Torácica de doentes com COVID-19, tendo sido utilizada uma amostra de 100 doentes com confirmação positiva para SARS-CoV-2 e de 20 doentes com outras pneumonias não associadas a SARS-CoV-2. O principal objetivo foi a avaliação da capacidade destas características de discriminar a COVID-19 de outras pneumonias, sendo para este fim utilizado um classificador *Random Forest* (RF). Exploramos também o valor das características radiômicas extraídas, no sentido de prever a necessidade de internamento no serviço de cuidados intensivos ou de internamento por um período superior a 12 dias, ou ainda o desfecho do caso clínico (alta ou óbito). Estudos já descritos indicam que o vírus SARS-CoV-2 se transmite entre humanos (provável natureza zoonótica (WHO, 2021)), através de gotículas exaladas por pessoas infetadas, podendo originar uma síndrome respiratória aguda e levar à falência múltipla de órgãos. Os doentes infetados podem ter tosse não produtiva, febre, mialgia e dispneia. Nos casos de infeção severa pode levar a pneumonia, síndrome respiratória aguda severa, falha

renal e morte. Existe uma partilha da sua identidade genómica com o coronavírus existente no morcego de cerca de 99% (BatCoV RaTG13), com o Pangolin-CoV, cerca de 79%, com o vírus SARS-CoV, 55% e com o MERS-CoV (Menezes et al., 2020). Trata-se de um vírus de cadeia simples de RNA (*Ribonucleic Acid*, ácido ribonucleico) pertencendo ao género coronavírus e da família coronaviridae. O seu genoma é idêntico a outros coronavírus, mas, até ao momento é o maior genoma viral identificado. O SARS-CoV-2 codifica 29 proteínas, 9 proteínas acessórias, 16 proteínas não estruturais e 4 proteínas estruturais (S (Spike), E (Envelope), M (Membrana) e N (Nucleocapsídeo)) que são necessárias para a síntese viral e caracterizam uma partícula viral completa (Bai et al., 2021). A proteína S é responsável pela entrada do vírus no recetor da célula alvo no hospedeiro. Pensa-se que a proteína S tenha maior afinidade com a enzima conversora de angiotensina II (ECAII) (Menezes et al., 2020), presente nas células epiteliais alveolares tipo II, como também no coração, rim, endotélio e intestino do hospedeiro (Kumar et al., 2020). O vírus, quando entra no corpo humano, não destrói as células, pois vai necessitar delas para sobreviver, e replicar-se para invadir outras células. (Menezes et al., 2020). A resposta imune do hospedeiro pode vir a ser fatal devido à libertação de citocinas pró-inflamatórias e quimiocinas; isto deve-se a uma resposta exagerada do sistema imunitário, a chamada Síndrome de Tempestade de Citocinas (adaptado) que pode levar a falência multiorgânica devida a libertação descontrolada destes mediadores inflamatórios (Kumar et al., 2020).

A pneumonia por SARS-CoV-2 nas imagens de TC é caracterizada por múltiplas opacidades em "vidro despolido", com ou sem consolidação, em ambos os pulmões, podendo afetar vários lobos pulmonares com maior incidência nos lobos inferiores. Estas características são muito idênticas às encontradas em SARS e MERS uma vez que têm uma patogénese similar (Fu et al., 2020). A presença de envolvimento periférico dos pulmões com aumento dos gânglios linfáticos nos hilos e

mediastino, tal como ausência de derrame pleural, aparenta estar significativamente associada a pneumonia por SARS-CoV-2 (Li et al., 2020). Os achados imagiológicos dependem da fase da doença em que o paciente se encontra. Uma ligeira maioria dos doentes tem uma TC negativa nos primeiros dois dias após surgirem sintomas. (Simpson et al., 2020).

Com a crescente informação veiculada através de imagem tornou-se necessária a aplicação de ferramentas de análise de imagens que pudessem lidar com as características quantitativas extraídas das mesmas, indo além da observação visual das imagens. Os dados radiómicos consistem em dados quantitativos de primeira e segunda ordem, assim como de ordem superior, extraídos das imagens médicas, podendo conjugar-se dados do paciente e, através de ferramentas de bioinformática, desenvolver sistemas que podem auxiliar o diagnóstico e o prognóstico. Pode-se considerar que a radiómica é uma atividade afim dos sistemas de diagnóstico assistido por computador. As características das imagens são extraídas a partir de volumes. A segmentação de imagens/volumes é um processo importante, uma vez que é a partir destes volumes, que as características radiómicas são calculadas. O processo torna-se desafiante, porque a lesão pneumónica é difícil de delimitar devido a densidades teciduais e padrões de lesão muito parecidos. Contudo, tem existido alguns debates sobre a fiabilidade da segmentação manual ou inteiramente automática, sendo de consenso que a melhor estratégia passa por recorrer a métodos interativos assistidos por computador, uma vez que existe uma grande variabilidade interoperador nas segmentações puramente manuais (Gillies et al., 2016).

No processo de quantificação radiómica pode-se extrair características tanto com valor semântico no contexto radiológico, como agnósticas. As características semânticas são comumente usadas pelos radiologistas para a descrição dos achados imagiológicos. As características agnósticas são baseadas em descritores quantitativos, taxonomizados em primeira

ordem, segunda e de ordem superior. Esses descritores são extraídos por processos matemáticos, que geralmente não fazem parte do léxico e das competências dos radiologistas. Os descritores de primeira ordem descrevem a distribuição dos valores de voxels individuais sem a sua relação espacial. São métodos baseados em histogramas que descrevem as regiões de interesse (ROI – *Region of Interest*) através de valores de média, mediana, mínimo, máximo, uniformidade e entropia, tal como assimetria e curtose dos valores do histograma. Os descritores de segunda ordem, geralmente descrevem as características de textura, explorando as relações espaciais entre voxels com intensidades pré-definidas. Existem dezenas de métodos que podem ser usados para calcular estas características. Um exemplo é a matriz de coocorrência de níveis de cinza (*Gray Level Co-occurrence Matrix* - GLCM), proposta por Haralick et al. em 1973 (Martins et al., 2011). A GLCM armazena a probabilidade de que dois valores de intensidade de cinza estejam envolvidos por uma determinada relação espacial. A partir desta matriz de probabilidades, são extraídas diferentes medidas estatísticas a fim de caracterizar a textura presente na imagem.

### Machine Learning e Radiômica

A radiômica oferece um grande potencial para acelerar os processos de decisão clínica e prever *outcomes* (resultados). Neste contexto, faz sentido o desenvolvimento de modelos preditivos com base em processos de ML (Gillies et al., 2016). Estes processos recorrem a modelos computacionais que são otimizados para determinada tarefa através de treino e experiência prévia. Entre estes, destacam-se os modelos supervisionados e não supervisionados de ML. Não sendo conhecida a priori a importância relativa das características de entrada dos modelos de ML, o ideal seria os modelos integrarem características dos pacientes para além da imagem, como marcadores serológicos, biomarcadores ou outros, mas nem sempre estas informações estão disponíveis. Estudos por TC podem servir

para um rápido diagnóstico com o apoio da radiômica, na medida em que existem características que só são acessíveis computacionalmente, contribuindo assim para quantificar a heterogeneidade entre os tecidos. A análise de textura dos tecidos é objetiva e avalia as lesões pelas unidades de *Hounsfield* apresentadas nas imagens, permitindo que seja uma técnica de confiança e objetiva no diagnóstico diferencial (Wei et al., 2020). A qualidade do processo radiômico não depende só da aquisição de imagens (diferentes espessuras de corte, tamanho do pixel, algoritmos de reconstrução, etc. podem influenciar os resultados), mas também de outros, até de natureza clínica, que possam confundir e enviesar os modelos de predição. Por exemplo, a finalidade de muitos estudos é a previsão da sobrevida dos pacientes, que muitas das vezes inclui outras causas de morte que não estão relacionadas com a doença em estudo. Isto implica que estes modelos precisem de ser validados e aceites para que os clínicos possam ter ferramentas diagnósticas e preditivas confiáveis. O RF é um algoritmo introduzido em 2001 por L. Breiman, sendo um método de regressão e classificação muito utilizado nas mais variadas áreas de investigação. Permite trabalhar com um grande número de problemas em que combina várias árvores de decisão, agregando as suas previsões na decisão final e é especialmente adequado em situações em que o número de variáveis é muito maior que as observações. Adapta-se facilmente a várias funções de aprendizagem e devolve *rankings* de importância das características de entrada (Biau & Scornet, 2016). As árvores de decisão constituem um método estatístico de aprendizagem supervisionado no qual, através de um conjunto de dados conhecido, é criado um esquema de decisão em forma de árvore.

---

## Metodologia

Para este estudo utilizou-se uma base



de dados em que estão presentes os dados anonimizados de 2310 pacientes com diagnóstico de COVID-19 nos primeiros meses de 2020. A amostra é constituída por 100 pacientes, no período de 15 de março a 15 de abril de 2020: 71 indivíduos do sexo masculino com idades compreendidas entre os 29 e os 94 anos (média 68,8) e 29 indivíduos do sexo feminino dos 29 aos 94 anos (média 68,5), sendo a média geral de idade de 68,7 anos. Estes pacientes passaram por um período de internamento de 1 a 36 dias (média de 13 dias), 54% por um tempo superior a 12 dias. Deste grupo, 14 % dos pacientes passaram por um período de internamento em unidade de cuidados intensivos (UCI). Destes 100 pacientes, 79 tiveram alta, 2 foram transferidos para outras unidades e 19 viriam a falecer.

Foi necessário um trabalho de escrutínio prévio não trivial para se conseguir extrair da base de dados a informação de interesse (data set) utilizado no nosso estudo. Para o estudo, apenas foram seleccionados pacientes com exames de TC de tórax. Para além disso, foram excluídos todos os exames que não reunissem condições para a extração de características radiômicas, tais como exames com artefactos de movimento respiratório significativo, exames com contraste, artefactos metálicos ou de

outras estruturas que prejudicavam a análise das imagens. Todos os pacientes apresentavam teste RT-PCR positivo independentemente dos achados imagiológicos nas imagens de TC. Os volumes de TC foram segmentados com o intuito de extrairmos as características radiômicas para obtermos valores preditivos da doença com o uso de técnicas de ML. Uma pequena amostra de 20 pacientes com pneumonia não COVID-19 foi usada para treino e validação do modelo de classificação (COVID-19 vs. não COVID-19), numa recolha datada num período compreendido entre janeiro de 2012 e março de 2013. A segmentação das imagens foi realizada no software *MeVisLab* (*MeVis Medical Solution*). As características radiômicas foram extraídas pelo software *LIFEx* (Nioche et al., 2021), e foi usado um classificador RF, implementado em *Python* utilizando a plataforma de desenvolvimento *Anaconda Individual Edition* (Wang et al., 2021).

### Segmentação de imagens

Foram testados métodos de segmentação de imagens automática e semi-automática. No entanto estas não foram bem-sucedidas, uma vez que a tentativa de isolar a região pretendida, ou seja apenas as áreas pulmonares, resultava sempre por abranger áreas não pretendidas, como

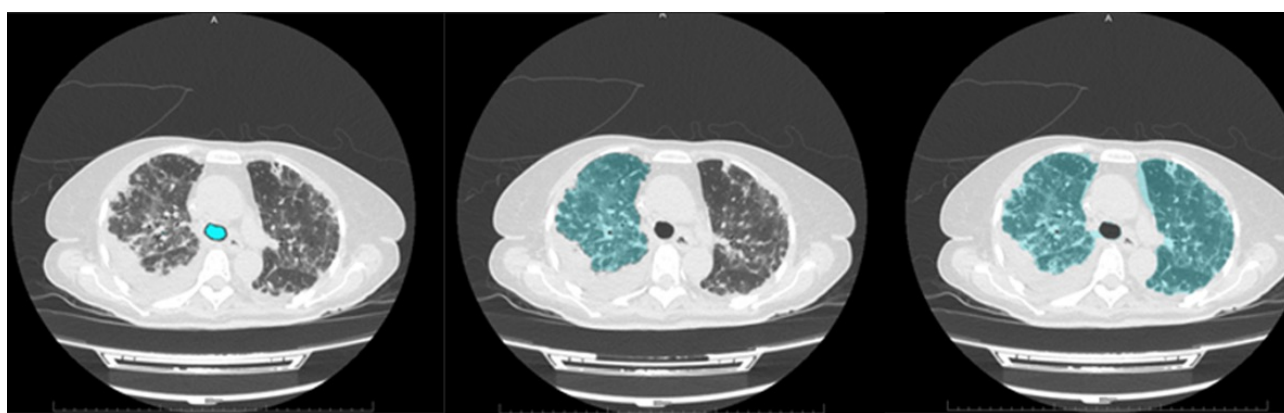


Figura 1: Segmentação automática. Na imagem da esquerda observa-se segmentação isolada da traqueia. Na imagem do centro observa-se o parênquima pulmonar segmentado em que se visualizam os pequenos brônquios livres, no entanto a segmentação não abrange a área de condensação pulmonar. Na imagem à direita, quando se tentou segmentar a área de consolidação outras estruturas são incluídas, inclusive o pulmão contralateral (imagem do autor)

costelas, músculos e áreas do mediastino. Estes modelos demonstraram surtir efeito apenas em exames em que a patologia era reduzida, no entanto em grande parte das imagens incluídas no estudo, a patologia era exuberante. Como se pode visualizar nas imagens da Figura 1, após segmentar a traqueia e os brônquios principais, tentou-se segmentar um pulmão, mas nas tentativas efetuadas acabou por não se obter a segmentação completa

do pulmão, ou então, caso se tentasse incluir as lesões (áreas de consolidação), a segmentação acabava por abranger áreas do mediastino e até extravasar para o pulmão contralateral.

Devido aos problemas levantados pela abordagem pelas técnicas automáticas e semiautomáticas, optou-se por uma abordagem parcialmente manual. Pesaram essencialmente dois fatores, o tempo e a qualidade da segmentação.

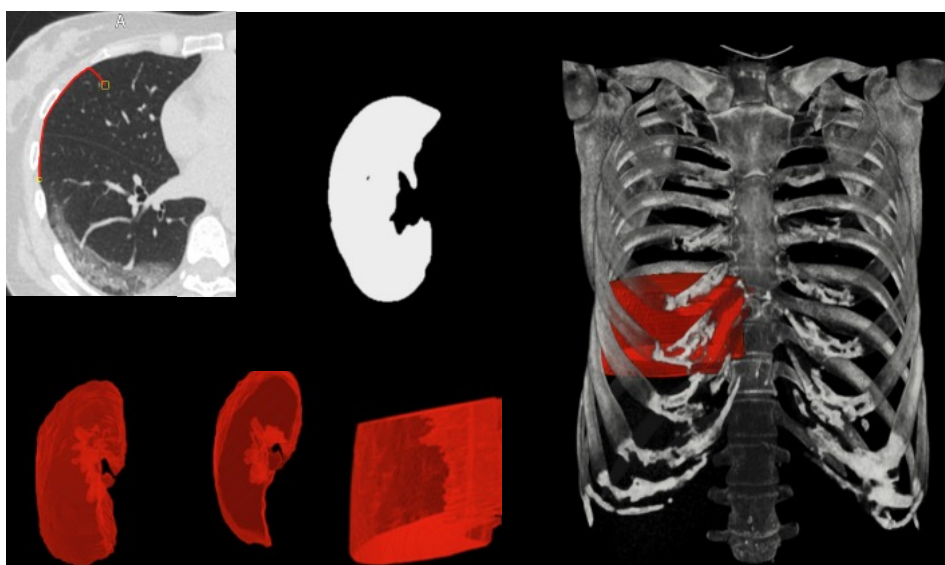


Figura 2: Representação dos processos de segmentação e volume das imagens para posterior extração de características radiômicas (imagem do autor)

O processo de segmentação desenvolveu-se por várias etapas, desde a criação inicial de contornos, à obtenção do volume de interesse até à exportação de características radiômicas destas imagens. Procedeu-se à segmentação de porções pulmonares, onde existiam áreas de maior lesão. Isto porque na realização da segmentação da totalidade do pulmão surgiram constrangimentos computacionais que limitavam o estudo. Assim, optou-se pela utilização de fatias de 50 mm, para pulmão direito e esquerdo. Apesar de resultados promissores da utilização das características radiômicas, a análise de textura ainda não passou

à prática clínica por várias razões, incluindo a compreensão limitada do significado biológico das características texturais medidas, a falta de evidência do significado das características texturais em comparação com os estudos convencionais e o insuficiente controlo de resultados. O uso das características radiômicas na prática clínica tem sido dificultado pela indisponibilidade de modelos radiômicos amplamente validados. A identificação de modelos robustos é também dificultada pela variabilidade das características em função dos dispositivos de aquisição de imagem e dos diversos protocolos de

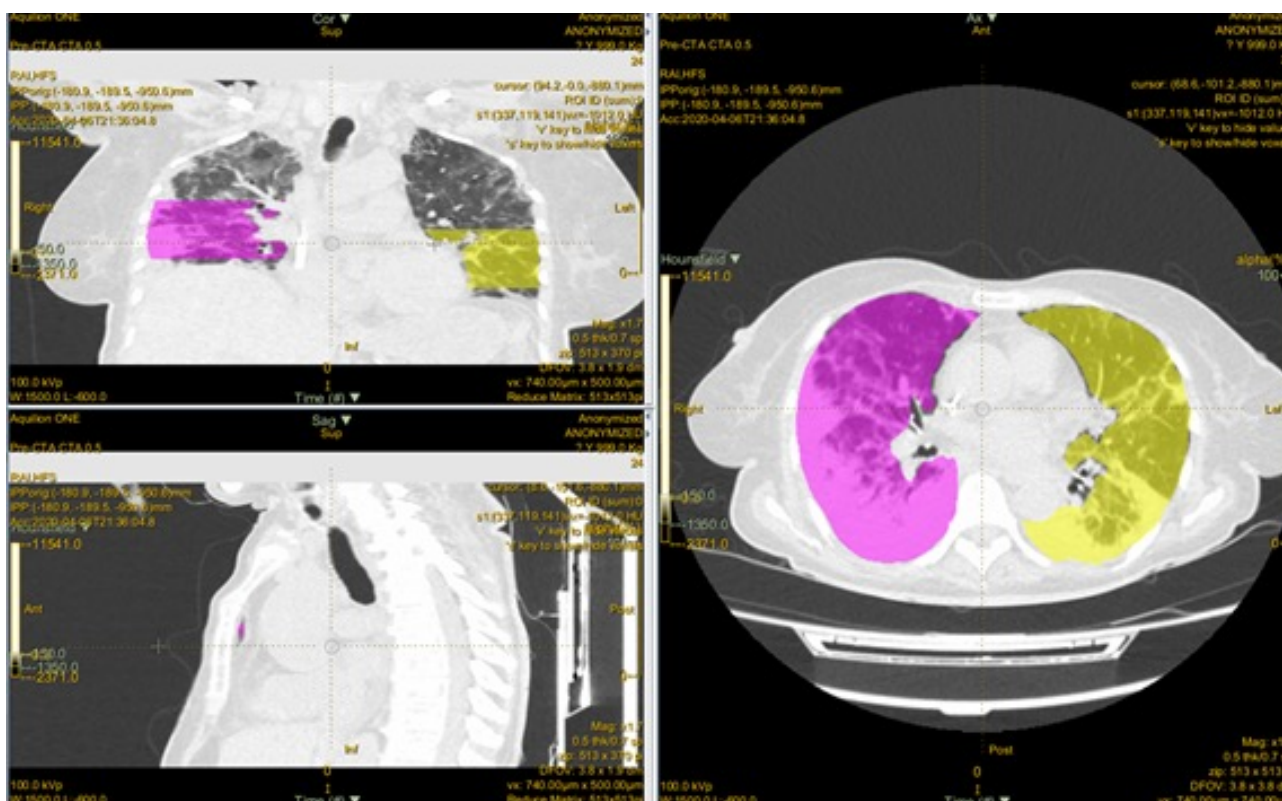


Figura 3: Imagens representativas na aplicação LIFex, onde se visualiza as áreas segmentadas nos campos pulmonares e sua localização. A partir desta aplicação é realizada a análise textural e a extração de características radiômicas (Imagem do autor).

aquisição, contudo, tem-se desenvolvido recentemente métodos de harmonização (Nioche et al., 2018).

## Resultados

É preciso ter em consideração que o data

set utilizado é significativamente não balanceado, havendo um desequilíbrio na amostra em todos os testes de classificação efetuados (por exemplo: 100 doentes com COVID-19 e 20 doentes com outras pneumonias).

São descritos os resultados obtidos no que diz respeito aos objetivos propostos: 1º Capacidade de diferenciação a pneumonia COVID-19 de outras pneumonias.

Tabela1: valores de acurácia, precisão e sensibilidade globais.

|                           | Acurácia (%) | Precisão (%) | Sensibilidade (%) | Característica Principal |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------------|
| COVID-19 vs. Pneumonia    | 99           | 99           | 99                | GLCM_Contrast_Variance   |
| Pacientes em UCI          | 87           | 78           | 87                | GLCM_Contrast_Variance   |
| Internamento mais 12 dias | 58           | 59           | 58                | IDADE                    |
| Desfecho (óbito vs alta)) | 88           | 86           | 88                | IDADE                    |



2º Capacidade de predição de internamento em UCI de doentes com COVID-19.

3º Capacidade de predição de internamento prolongado (>12 dias) para doentes com COVID-19.

4º Capacidade de predição do desfecho do caso clínico (óbito vs. alta) para doentes com COVID-19.

A Tabela 1, reúne os valores de acurácia, precisão e sensibilidade globais (ponderados pelas duas classes) dos testes de classificação realizados.

## Discussão

A *GLCM\_Contrast\_Variance*, apresentou-se como característica mais relevante quer na diferenciação entre COVID-19 e Pneumonia, quer no teste de predição de internamento em UCI, e também foi relevante na previsão do desfecho (2º lugar no ranking), indicando que esta característica radiómica pode ser diferenciadora, no que diz respeito ao diagnóstico da COVID-19. A idade também resulta ser uma característica relevante em todos os testes de classificação preditivos, ficando em primeiro lugar na previsão de internamento prolongado e de óbito, e também foi relevante na previsão de internamento em UCI. O que, naturalmente, não surpreende, uma vez que a probabilidade de existência de outras comorbilidades aumenta com a idade. Apesar do bom resultado no que diz respeito à diferenciação entre COVID-19 e pneumonia não COVID-19, deve ressaltar-se que este resultado poderá em alguma medida estar enviesado, em consequência de se estar perante dois *data sets* (um para cada doença) adquiridos com diferentes protocolos. Encontram-se vários desafios técnicos, essencialmente a nível da segmentação de imagens. O processo de segmentação é moroso, podendo demorar várias horas, o que, naturalmente, não é desejável dado que um dos objetivos da aplicação da radiómica é o de contribuir para um diagnóstico mais célere. Existe ainda um longo caminho

para o estudo desta patologia no sentido de um aperfeiçoamento na segmentação de imagens para a obtenção de resultados de forma automática ou, pelo menos, mais rápida.

Nos resultados obtidos neste estudo, observam-se algumas variações como demonstrado no resumo da Tabela 1, mas com resultados bastante expectáveis. A acurácia dos modelos é extremamente importante, devendo, idealmente, ser o mais elevada possível. Todavia, no caso de *data set* não balanceados o valor da acurácia pode ser elevado sem que o classificador seja particularmente eficaz (por exemplo, a sensibilidade no que diz respeito à previsão de internamento em UCI foi nula). A precisão é útil nos casos em que o falso positivo é uma preocupação maior que o falso negativo. Já no que toca a sensibilidade dos modelos, é relevante ter um valor elevado de sensibilidade quando os falsos negativos são uma preocupação maior, o que é comum na área da saúde, e particularmente no caso de doenças contagiosas, como a COVID-19. Ou seja, pode-se ter um modelo com uma acurácia elevada e uma sensibilidade baixa, o que para estudos radiómicos na área da saúde é preocupante, pois indica existir uma falha na deteção de casos, que são erroneamente classificados como negativos. Por exemplo, no modelo utilizado para classificação entre COVID-19 vs. Pneumonia obteve-se uma acurácia, precisão e sensibilidade de 99%, com zero falsos negativos, permitindo afirmar que este modelo obteve uma excelente classificação.

Quanto aos outros modelos do estudo radiómico estes não obtiveram bons resultados, no entanto é relevante ter em consideração o facto de que o *data set* não era balanceado. No caso da predição de internamento prolongado (amostra balanceada), o classificador não foi eficaz, apresentando baixos níveis de acurácia, precisão e sensibilidade, quer para cada classe, quer globais (valores ponderados). Verificou-se também que o uso de descritores de textura de segunda ordem (GLCM) foi útil na obtenção dos resultados, nos testes de classificação elaborados.

## Conclusão

Na literatura verificou-se que existe um futuro promissor no uso das características radiômicas como suporte à decisão clínica, mas dada a incerteza do seu significado clínico ainda não é devidamente aceite. Parte do estudo desenvolveu-se na segmentação de imagens e extração de características radiômicas, com lesões pulmonares muito significativas, que dificultaram o processo de segmentação. Refira-se que muitos dos estudos apresentados na literatura, apenas expõem os resultados obtidos da população estudada e não o processo usado para a obtenção dos mesmos. Este estudo obteve um resultado muito bom por parte do classificador RF na identificação de pacientes COVID-19 vs. Pneumonia, na sua acurácia, precisão e sensibilidade, mas não tanto para as outras questões propostas no estudo. De qualquer forma, tal como seria de esperar, o modelo de classificação sugere a idade como fator mais relevante, no caso de predição em internamento prolongado e desfecho. Quanto à relevância das características radiômicas obtidas no estudo, mais concretamente as de *GLCM*, estiveram sempre presentes nas cinco mais significativas, tal com a idade, indo ao encontro das expectativas baseadas na clínica. Conclui-se que o desempenho da classificação poderia ser melhorado, se o *data set* de trabalho fosse enriquecido com outras variáveis de índole clínica.

## Referências

Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *Test*, 25(2), 197–227. <https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7>

Chen, H. J., Chen, Y., & Wang, F. (2020). *Machine learning-based CT radiomics model Distinguishes COVID-19 from other viral pneumonia*. 2019. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-32511/v1>

Fu, F., Lou, J., Xi, D., Bai, Y., Ma, G., Zhao, B., Liu, D., Bao, G., Lei, Z., & Wang, M. (2020). Chest computed tomography

findings of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *European Radiology*, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06920-8>

Gillies, R. J., Kinahan, P. E., & Hricak, H. (2016). *Radiomics : Images Are More than Pictures, They Are Data*. 278(2). <https://doi.org/10.1148/radiol.2015151169>

Kumar, S., Nyodu, R., Maurya, V. K., & Saxena, S. K. (2020). *Host Immune Response and Immunobiology of Human SARS-CoV-2 Infection*. 43–53. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4814-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4814-7_5)

Li, X., Fang, X., Bian, Y., & Lu, J. (2020). Comparison of chest CT findings between COVID-19 pneumonia and other types of viral pneumonia: a two-center retrospective study. *European Radiology*, December 2019. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06925-3>

Martins, J. G., Gomes da Costa, Y. M., Gonçalves, D. B., & Oliveira, L. E. S. (2011). Uso de descritores de textura extraídos de GLCM para o reconhecimento de padrões em diferentes domínios de aplicação. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 267(2), 1. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2010.09.013>

Menezes, M. E., Lima, L. M., & Martinello, F. (2020). Diagnóstico laboratorial do SARS-CoV-2 por transcrição reversa seguida de reação em cadeia da polimerase em tempo real (RT-PCR). *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, 52(2). <https://doi.org/10.21877/2448-3877.20200006>

Nioche, C., Orlhac, F., Boughdad, S., Reuzé, S., Goya-Outi, J., Robert, C., Pellot-Barakat, C., Soussan, M., Frouin, F., & Buvat, I. (2018). LIFEx: A Freeware for Radiomic Feature Calculation in Multimodality Imaging to Accelerate Advances in the Characterization of Tumor Heterogeneity. *Cancer Research*, 78(16), 4786–4789. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-18-0125>

Nioche, C., Orlhac, F., Buvat, I., Cottreau, A.-S., Frouin, F., & Wu, M.-T. (2021). *LIFEx - LIFEx*. <https://www.lifexsoft.org/>

Simpson, S., Fernando, K., Suhny, A., Sanjeev, B., Michael, C., Travis, H., Jeffrey, K., Swth, K., Jane, K., & Harold, L. (2020). *Radiological Society of North America Consensus Statement on Reporting Chest CT Finding Related to COVID-19. Endorsed by the Society of Thoracic Radiology, the American College of Radiology, and RSNA. Radiology:Cardiothoracic Imaging*. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200152>

Wang, P., Pierce, A., Goldsmith, K., Reeves, J., Gashi, A., Grant, M., & Nolan, S. (2021). *Anaconda | Individual Edition*. <https://www.anaconda.com/products/individual>

Wei, W., Hu, X., Cheng, Q., Zhao, Y., & Ge, Y. (2020). Identification of common and severe COVID-19: the value of CT texture analysis and correlation with clinical characteristics. *European Radiology*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07012-3>

WHO. (2021). *WHO-convened-global-study-of-origins-of-SARS-CoV-2-China-Part-joint-report*. February.

# Evaluation of doses in reirradiation of spinal cord: impact of the two different calculation algorithms – Acuros External Beam (AXB) vs Anisotropic Analytical Algorithm (AAA)



Adriana Sofia Faria Gomes, Msc<sup>1,3</sup>, Joana Lencart, PhD<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Técnica de Radioterapia, Instituto Português de Oncologia do Porto FG, EPE

<sup>2</sup>Diretora do Serviço de Física Médica, Instituto Português de Oncologia do Porto FG, EPE

<sup>3</sup>Centro de Investigação - Grupo de Física Médica, Radiobiologia e Proteção Radiológica, do Instituto Português de Oncologia do Porto FG, EPE

---

## Abstract

Re-irradiation of common regions in the different treatment courses is an important problem due to the cumulative dose delivered in the organs at risk, which can cause serious effects. The accuracy of dose calculation is crucial for the correct evaluation of doses of target volumes and organs at risk, therefore the comparison of different calculation algorithms is extremely important. Recalculation with the Acuros External Beam (AXB) algorithm in patients where spinal cord or brainstem re-irradiation occurs, in treatment plans previously performed with the Anisotropic Analytical Algorithm (AAA). The principal aim consists in determining whether a clinically relevant difference exists between the two calculation algorithms in this context. In this study, 71 patients were included in which two or more radiotherapy (RT) treatments were administered and there was an overlap of the spinal cord region or brainstem. These patients were treated in IPO-Porto between September 2008 and June 2019. A total of the 149 plans were recalculated with AXB algorithms, in the Eclipse<sup>TM</sup> treatment planning system version 13.5. Three groups were considered, group I and II correspond to the irradiation of the spinal cord and brainstem, respectively, when the target volume is close to these organs. Group III corresponds to the spinal cord irradiation when the target volume is spinal metastases. No side effects on the spinal cord or brainstem have been reported. After recalculation plans, it was found group III obtained more dosimetric parameters



with statistically significant differences when comparing the AXB dose calculation with the AAA algorithm. The maximum spinal dose calculated with AAA and AXB for the first treatment course in group III was 20.84 (8.16 – 47.74) Gy and 21.79 (8.22 – 49.21) Gy, respectively. The AXB algorithm calculates dose values apparently higher than AAA in regions with heterogeneous densities.

**Keywords:** Acuros External Beam; Anisotropic Analytical Algorithm; Dose Calculation; Re-irradiation

## Resumo

A re-irradiação de regiões comuns nos diferentes tratamentos é um problema importante devido à dose cumulativa administrada nos órgãos em risco, podendo causar efeitos graves. A precisão do cálculo da dose é fundamental para a correta avaliação das doses no volume alvo e órgãos em risco, desta forma, a comparação de diferentes algoritmos de cálculo é extremamente importante. O recálculo com o algoritmo Acuros External Beam (AXB) em pacientes sujeitos a re-irradiação da medula espinal ou tronco encefálico ocorre em planos de tratamento previamente realizados com o Algoritmo Analítico Anisotrópico (AAA). O objetivo principal consistiu em determinar se existe alguma diferença clinicamente relevante entre os dois algoritmos de cálculo neste contexto. Neste estudo, foram incluídos 71 pacientes nos quais foram administrados dois ou mais tratamentos de radioterapia (RT) com sobreposição da região da medula espinal ou tronco encefálico. Estes pacientes foram tratados no IPO-Porto entre setembro de 2008 e junho de 2019. Um total de 149 planos foram recalculados com o algoritmo AXB, no sistema de planejamento de tratamento Eclipse™ versão 13.5. Foram considerados três grupos, os grupo I e II correspondem à irradiação da medula espinal e tronco encefálico, respetivamente, quando o volume alvo está próximo a esses órgãos. O grupo III corresponde à irradiação da medula espinal quando o volume alvo são as metástases neste órgão. Não foram relatados efeitos adversos na medula espinal ou no tronco cerebral. Após o recálculo dos planos, verificou-se que o grupo III obteve mais parâmetros dosimétricos com diferenças estatisticamente significativas em comparação com o cálculo da dose de AXB com o algoritmo AAA. A dose máxima na medula calculada com AAA e AXB para o primeiro ciclo de tratamento no grupo III foi de 20,84 (8,16 – 47,74) Gy e 21,79 (8,22 – 49,21) Gy, respetivamente. O algoritmo AXB calcula valores de dose aparentemente superiores em comparação com o algoritmo AAA em regiões com densidades heterogêneas.

**Palavras – Chave:** Acuros External Beam; Algoritmo Analítico Anisotrópico; Cálculo de Dose; Re-irradiação

## Introduction

### Re-Irradiation

Over the past decades, cancer treatments have evolved and consequently improvements in accuracy and efficiency have been observed, resulting in higher survival rates. The increased

survival of cancer patients confronted radiation oncologists with the need of the denominated "re-treatment" or "re-irradiation", in cases of local recurrence, metastases or second tumors located inside or near previously irradiated sites (1). The re-irradiation decision should take into account the location of the target volume to be treated, if is in the previously irradiated region and the

relationship with the surrounding organs at risk that may receive a significant dose again with this treatment. It is also important to consider information about the first treatment, such as the dose and fractionation scheme used, irradiated risk organs and doses administered, reported side effects and time between Radiotherapy (RT) courses. Other treatments administered initially, and their kinetics are also relevant factors for the decision of re-irradiation. Other possible therapeutic options for the cases in question must also be considered (1,2). Re-irradiation assessment is more complex compared to the first treatment. One of the major concerns is the tolerance doses of adjacent organs, which in the case of the second treatment is significantly reduced in re-irradiation when compared to the first treatment. Thus, it is important to consider whether the tolerance dose of an organ has already been reached in the first treatment period, the possible damage caused and the time between treatments, for a realistic assessment of the possible toxicities that may occur (1). The spinal cord and brainstem are important dose-limiting risk organs, receiving significant doses in cases of re-irradiation (2,3). Further studies that assess cases of re-irradiation involving the spinal cord and brainstem are needed in order to clarify cumulative doses and possible damage caused by RT treatments (1,2).

### Dose calculation algorithms

With the evolution of RT treatment techniques over the last few decades, the precision and accuracy of Treatment Planning Systems (TPS) are imperative. To obtain an optimal treatment plan, it is important that the dose distribution is calculated for each irradiated volume, the accuracy of this calculation is essential for the correct evaluation of the plan and the forecast of possible complications (4). One of the main components that plays an important role in dose distribution and in the extent of tumor dose heterogeneity is the dose calculation algorithm. For advanced techniques, it has been found

that the incidence of modulated radiation beams from different directions results in dose heterogeneity within the tumor and small volumes of normal tissues receive high doses. Therefore, the accuracy of the dose calculation becomes relevant for the therapeutic decision and the consideration of possible treatment complications (5, 6).

Calculation algorithms for Megavolts (MV) photon beams can be divided into two groups (4):

1. Analytical algorithms model the transport of radiation in tissues like water and consider heterogeneities such as water of different electron densities. In this way, dose distribution is reported in terms of absorbed dose-to-water ( $D_w$ , w). It includes current standard algorithms such as convolution or convolution-superposition and achieves the necessary precision in water-like media. However, dose distributions may be unreliable and may not meet the precision criteria when tissue heterogeneity exists. Examples of analytical algorithms: pencil beam, Anisotropic Analytic Algorithm (AAA) and Convolution/Superposition (C/S) (4).

2. Model-based or advanced algorithms model the physics of radiation transport in any medium. They include algorithms based on Monte Carlo and Boltzmann's Linear Transport Equation (LTBE). Monte Carlo algorithms simulate the random trajectories of individual particles using knowledge of the probability distributions that govern individual interactions in media to keep track of physical quantities for many events. On the other hand, LBTE models describe the transport of radiation in media macroscopically. In advanced algorithms, voxel doses can be reported depending on whether they are considered as water or medium, choosing between water voxels surrounded by medium ( $D_w$ , m) or voxels in the medium surrounded by medium ( $D_m$ , m). Advanced

algorithms solve most problems of analytical algorithms and represent an evolution in dose calculations in RT. Its use is recommended in situations where its performance is significantly superior, as in the case of stereotaxic treatments involving small fields and / or non-homogeneities, pacemakers, or metallic implants. Examples of model-based algorithms: Acuros XB (AXB) dose calculation algorithm and Monte Carlo (MC) (4).

Currently, most of the TPSs used in oncologic centres convolution-based methods such as AAA in treatment planning (7). Clinical practice is generally based on dosing in water, mainly for historical reasons: first the reference dosimeters are calibrated in water and second the clinical trials were carried out using dose calculation algorithms linked to these reference dosimeters and which score the dose in water (8). The clinical experience based on advanced algorithms has been growing since they are available in commercial planning systems. For several decades, dose comparison means calculated for different media have been the subject of scientific debate and research (9). It is important to note that the literature does not provide consistent information and it is not clear how best to report the dose regarding the biological effect of radiation (10-12). The accuracy of dose calculation is crucial for the correct evaluation of doses of target volumes and Organs at Risk (OARs), so therefore the comparison of different calculation algorithms is extremely important (11). The basis for the development of this study consists in recalculation of treatment plans with the AXB algorithm in patients where spinal cord or brainstem re-irradiation occurs. The principal aim consists in determining whether a clinically relevant difference exists between the two calculation algorithms in this context.

## Material and Methods

This study was developed at the Medical Physics, Radiobiology and Radiation Protection Group of the Research Centre from Portuguese Oncology Institute of Porto (IPO-Porto), (approved by the Ethics Committee of IPO-Porto (CES-IPO: 382/019)).

### Patient population

The institution's radiotherapy service database was used for the retrospective analysis and case selection. Cases defined by radiation oncologists in the internal network as "re-irradiation" were selected. This study included cases that met the following inclusion criteria: patients initially treated with external RT subsequent re-irradiation, whose treatment involved overlapping of the irradiated region of the spinal cord or brainstem, treated at the department of RT of IPO-Porto. Cases were initially excluded according to the following criteria: lack of information on all RT treatments performed in the current internal network of the service, did not finish the second course of treatment, anatomically distant irradiated regions in the several treatments, non-overlapping common irradiated regions of the spinal cord or brainstem. The selection of patients according to the overlapping of irradiated regions of the spinal cord and brainstem was performed considering the isodose distribution of each treatment plan performed and the sum of the distributions. The cases included underwent RT treatments between September 2008 and June 2019. Three analysis groups were created considering the irradiated region. Group I and II correspond to the irradiation of the spinal cord and brainstem, respectively, when they are involved in the treatment of RT of anatomically close tumors. Group III included cases where the target volume of treatment was in the spine itself, involving the spinal cord. Thus, according to the flowchart illustrated in Figure 1, 202 cases were identified as "re-irradiation" in the statistics database. Initially, 30 cases were



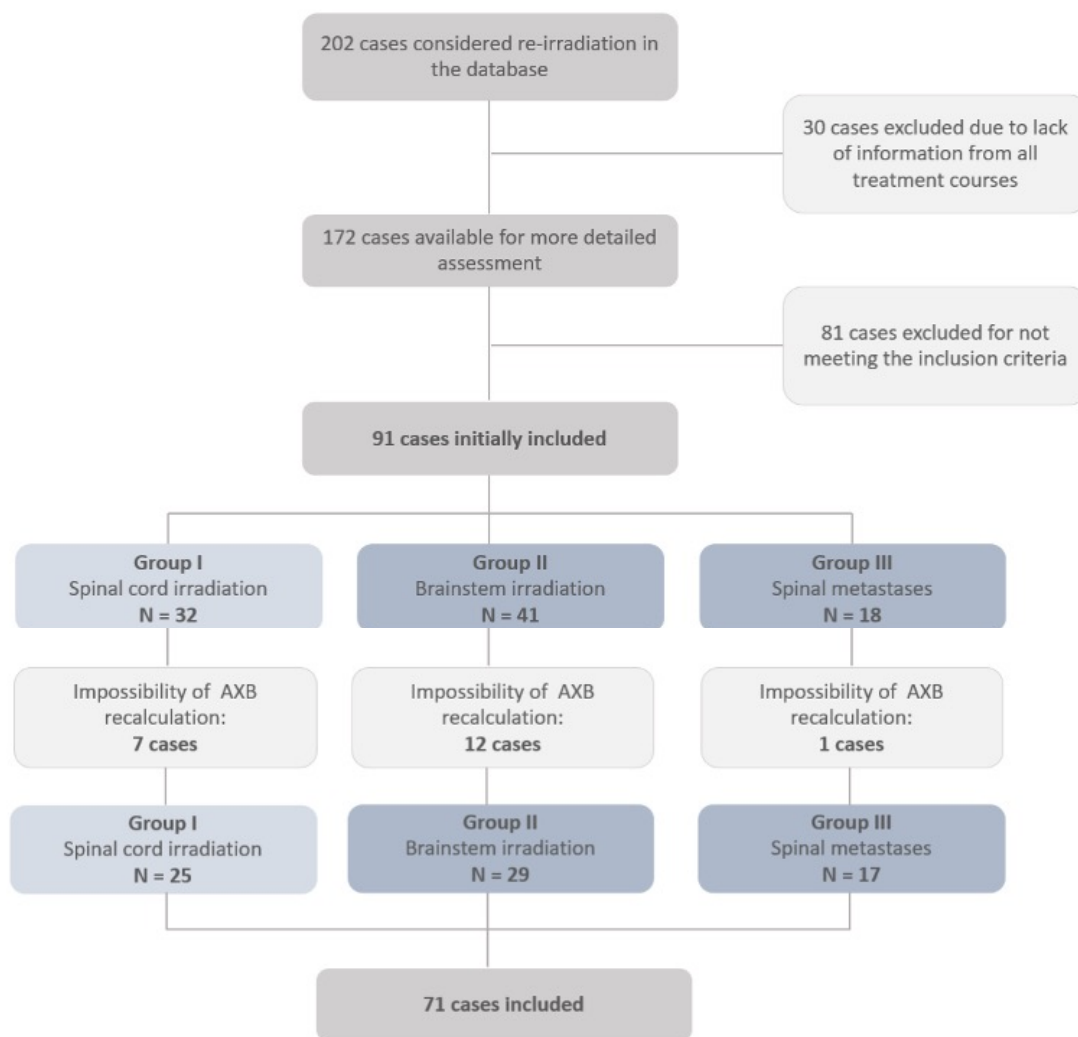


Figure 1 - Illustrative flowchart of patient selection and exclusion criteria.

excluded due to the lack of information from all treatment courses, 172 cases were assessed in more detail. Of these, 81 cases were excluded because they did not meet the inclusion criteria. The 91 cases initially included were considered for evaluation. However, 20 cases were excluded due to the impossibility of recalculating the plan with AXB algorithm (4 MV beam is not commissioned; recalculation of plans of patients with high density artifacts or plans with dynamic conformal arcs would imply full re-plan, leading to large differences to the original plans). Therefore, 71 cases were eligible for recalculation. The number of cases included in groups I, II and III was 25, 29 and 17, respectively.

### Data collection

For the development of this study, it was necessary to collect data for all the cases included in this study. The data consists in patient, pathology, RT treatments, dosimetric and after treatment data. For data collection, multidisciplinary group consultations, radiation oncology and other relevant specialties, clinical history and follow-up medical records were reviewed for all patients, using the institution's internal network. The Varian Radiotherapy Information System ARIA® and the Eclipse™ treatment planning system (Varian Medical Systems, Palo Alto) version 13.5 was used to collect data on the performed treatments and the respective treatment plans. In summary,

for the 71 cases included in this study, a total of 149 treatment plans as well as all associated variables were reviewed. Since these are cases with multiple treatment courses, the sum of dose distributions and the cumulative doses were calculated.

### Recalculation with AXB

The calculation algorithm used in clinical practice at the institution is AAA. As the objective of this study is to evaluate and compare AAA with the AXB algorithm, all case plans included have been recalculated with the new algorithm, maintaining all the geometric characteristics of the original plans, and considering the same normalization method. Of the 71 cases included, 149 plans were recalculated for all treatment courses under evaluation. The treatment techniques for these plans were Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3DCRT), Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT), Volumetric-Modulated Arc Therapy (VMAT) and Stereotactic Body Radiotherapy (SBRT), and the energies beams were 6, 10 and 15 MV. For the recalculation, it was necessary to copy the Computed Tomography's (CTs) corresponding to each treatment course. The outlined structures and the initial treatment plan were also copied and recorded on the corresponding CT. The calculation algorithm was defined from "AcurosXB\_13.5" by recalculating the plans. After the recalculation of the plans of each case, the sum of them was carried out. This procedure was performed in the Eclipse® version 13.5 planning system and the dose reported by AXB was dose-to-medium in medium (D<sub>m</sub>, m). The dosimetric data collected with the AXB algorithm are minimum dose (D<sub>min</sub>), mean dose (D<sub>mean</sub>), maximum dose (D<sub>max</sub>), two percent of the dose (D<sub>2%</sub>) and dose in 2 cm<sup>3</sup> of the volume (D<sub>2cm3</sub>) for OARs. These data were collected through the dose statistics and Dose-Volume Histogram (DVH) for each plan included as well as for the sum of the plans for each case.

### Statistical analysis

Continuous variables are presented as median and sample range (min-max) and categorical variables as frequencies and percentages. In cases where an adverse treatment effect is observed, the time from the last RT treatment to the date of the medical record reporting the effect was calculated. To compare if there were any differences between the median values calculated with the AAA algorithm and the AXB algorithm, the statistical test applied was the Wilcoxon signed-rank test. All tests of statistical significance were two-sided, and a p-value <0.05 was considered significant. Statistical analysis was performed using the SPSS Statistics version 26 (IBM Corporation, Armonk, N.Y., USA).

## Results

Initially, 149 plans were evaluated with the AAA algorithm and the dose variables for the OAR (spinal cord or brainstem) were collected. To evaluate the AXB algorithm, 149 plans were replicated and recalculated. The same variables were collected to compare the algorithms. Comparison between the plans is shown in the Tables 1 and 2. Table 1 summarizes the median values of each dosimetric parameter under evaluation for the OARs of both the AAA and AXB algorithms.

Abbreviations: AAA – Anisotropic Analytic Algorithm, AXB – Acuros XB Dose calculation algorithm, Min – Minimum, Max – Maximum, Gy – Gray, 1st – first, 2nd – second, D<sub>min</sub> – minimum dose, D<sub>max</sub> – maximum dose, D<sub>med</sub> – mean dose, D<sub>2%</sub> – two percent of the dose, D<sub>2cm3</sub> – dose in two cubic centimetres of the organ.

For group I, there were statistically significant differences in the comparison of the two algorithms for the values of minimum dose of the first and second course, mean dose, two percent of the dose and dose in two cubic centimetres

Table 1: Dosimetric parameter results comparisons between AAA and AXB algorithms for the spinal cord and brainstem organ at risk.

| Evaluated dose parameter                 | AAA (Gy)           | AXB (Gy)           | P - value        |
|--|--------------------|--------------------|------------------|
| <b>Group I</b>                           |                    |                    |                  |
| <b>Doses to spinal cord</b>              |                    |                    |                  |
| Dmin 1 <sup>st</sup> course              | 0.18 (0.00-1.05)   | 0.19 (0.00-1.05)   | <b>0.022</b>     |
| Dmax 1 <sup>st</sup> course              | 25.77 (4.11-45.84) | 24.90 (4.58-43.90) | 0.145            |
| Dmed 1 <sup>st</sup> course              | 7.58 (0.54-27.90)  | 8.41 (0.51-26.91)  | 0.242            |
| D2% 1 <sup>st</sup> course               | 24.50 (2.77-43.24) | 23.51 (3.28-42.49) | 0.109            |
| D2cm <sup>3</sup> 1 <sup>st</sup> course | 20.58 (2.64-42.94) | 20.41 (3.12-42.12) | 0.696            |
| Dmin 2 <sup>nd</sup> course              | 0.07 (0.00-1.07)   | 0.09 (0.00-1.13)   | <b>0.017</b>     |
| Dmax 2 <sup>nd</sup> course              | 8.97 (1.83-34.05)  | 8.72 (2.06-34.75)  | 0.051            |
| Dmed 2 <sup>nd</sup> course              | 2.10 (0.56-16.13)  | 2.15 (0.56-16.03)  | <b>0.012</b>     |
| D2% 2 <sup>nd</sup> course               | 7.32 (1.77-29.58)  | 6.85 (1.91-29.35)  | <b>0.012</b>     |
| D2cm <sup>3</sup> 2 <sup>nd</sup> course | 7.28 (1.75-28.12)  | 6.44 (1.83-27.86)  | <b>0.010</b>     |
| <b>Group II</b>                          |                    |                    |                  |
| <b>Doses to brainstem</b>                |                    |                    |                  |
| Dmin 1 <sup>st</sup> course              | 19.03 (0.37-47.53) | 18.88 (0.33-47.98) | <b>0.014</b>     |
| Dmax 1 <sup>st</sup> course              | 30.42 (2.96-58.83) | 30.78 (2.84-59.22) | 0.080            |
| Dmed 1 <sup>st</sup> course              | 25.31 (1.40-55.06) | 24.92 (1.38-55.11) | 0.737            |
| D2% 1 <sup>st</sup> course               | 30.27 (2.66-56.91) | 30.43 (2.58-57.05) | 0.206            |
| D2cm <sup>3</sup> 1 <sup>st</sup> course | 30.10 (2.34-55.73) | 30.27 (2.31-55.73) | 0.854            |
| Dmin 2 <sup>nd</sup> course              | 0.40 (0.04-28.88)  | 0.34 (0.04-28.94)  | 0.125            |
| Dmax 2 <sup>nd</sup> course              | 15.18 (0.33-31.48) | 14.98 (0.33-31.25) | 0.449            |
| Dmed 2 <sup>nd</sup> course              | 3.35 (0.14-29.78)  | 3.47 (0.13-29.96)  | 0.304            |
| D2% 2 <sup>nd</sup> course               | 12.01 (0.27-30.10) | 12.60 (0.27-30.68) | 0.393            |
| D2cm <sup>3</sup> 2 <sup>nd</sup> course | 8.96 (0.24-29.96)  | 9.35 (0.23-30.17)  | 0.336            |
| <b>Group III</b>                         |                    |                    |                  |
| <b>Doses to spinal cord</b>              |                    |                    |                  |
| Dmin 1 <sup>st</sup> course              | 0.59 (0.05-2.29)   | 0.52 (0.05-2.30)   | <b>0.015</b>     |
| Dmax 1 <sup>st</sup> course              | 20.84 (8.16-47.74) | 21.79 (8.22-49.21) | <b>&lt;0.001</b> |
| Dmed 1 <sup>st</sup> course              | 16.85 (2.99-28.87) | 17.12 (2.99-30.40) | 0.096            |
| D2% 1 <sup>st</sup> course               | 20.70 (8.15-47.07) | 21.41 (8.16-48.17) | <b>0.001</b>     |
| D2cm <sup>3</sup> 1 <sup>st</sup> course | 20.61 (8.11-44.85) | 21.19 (8.12-46.40) | <b>0.001</b>     |
| Dmin 2 <sup>nd</sup> course              | 0.49 (0.13-2.06)   | 0.48 (0.13-1.86)   | <b>0.004</b>     |
| Dmax 2 <sup>nd</sup> course              | 8.45 (8.05-21.29)  | 8.76 (8.20-23.14)  | <b>&lt;0.001</b> |
| Dmed 2 <sup>nd</sup> course              | 6.74 (4.83-18.85)  | 6.82 (4.84-20.37)  | 0.221            |
| D2% 2 <sup>nd</sup> course               | 8.40 (7.98-21.19)  | 8.54 (8.02-22.65)  | <b>0.001</b>     |
| D2cm <sup>3</sup> 2 <sup>nd</sup> course | 8.36 (7.91-20.98)  | 8.48 (7.92-22.25)  | <b>0.001</b>     |

Abbreviations: AAA – Anisotropic Analytic Algorithm, AXB – Acuros XB Dose calculation algorithm, Min – Minimum, Max – Maximum, Gy – Gray, 1st – first, 2nd – second, Dmin – minimum dose, Dmax – maximum dose, Dmed – mean dose, D2% – two percent of the dose, D2cm<sup>3</sup> – dose in two cubic centimetres of the organ.

of the spinal cord volume. In group II, only the minimum dose of the first course was statistically significant when comparing the two algorithms. In group III several dosimetric parameters showed statistically significant differences. In the evaluation of the median dose calculated with the two algorithms, it is possible to observe that in this group the dosimetric values calculated with AXB were higher than those calculated with AAA. For example, the median value of the Dmax in the spinal cord in the first course of treatment for the AAA

algorithm was 20.84 (8.16 – 47.74) Gy, while for the AXB algorithm it was 21.79 (8.22 – 49.21) Gy. This evaluation was carried out for each treatment course. However, the statistical comparison was only performed for the parameters of the first and second treatment courses, since all cases received two RT treatments. As only five of the cases included in this phase performed the third course of treatment and only one the fourth course, the statistical comparison for these courses was not performed. For the sum of the dose administered



Table 2: Dosimetric parameters results comparison between AAA and AXB algorithms in the sum of plans delivered.

| Evaluated dose parameter    | AAA (Gy)            | AXB (Gy)            | P - value        |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>Group I</b>              |                     |                     |                  |
| <b>Doses to spinal cord</b> |                     |                     |                  |
| Dmin sum                    | 0.39 (0.00-36.14)   | 0.42 (0.00-35.57)   | 0.097            |
| Dmax sum                    | 32.43 (7.15-53.53)  | 33.09 (7.49-51.93)  | 0.353            |
| Dmed sum                    | 15.28 (1.26-42.53)  | 14.85 (1.25-41.95)  | 0.326            |
| D2% sum                     | 27.69 (5.86-48.68)  | 27.95 (6.59-47.83)  | 0.527            |
| D2cm <sup>3</sup> sum       | 25.59 (5.76-48.21)  | 26.10 (6.49-47.40)  | 0.104            |
| <b>Group II</b>             |                     |                     |                  |
| <b>Doses to brainstem</b>   |                     |                     |                  |
| Dmin sum                    | 23.27 (0.50-57.69)  | 24.25 (0.37-57.72)  | 0.456            |
| Dmax sum                    | 50.78 (3.47-76.95)  | 51.23 (5.99-78.89)  | 0.068            |
| Dmed sum                    | 36.14 (1.72-59.35)  | 35.54 (1.68-59.76)  | 0.897            |
| D2% sum                     | 49.40 (3.15-67.62)  | 49.75 (3.67-68.41)  | 0.157            |
| D2cm <sup>3</sup> sum       | 46.83 (2.83-64.55)  | 46.77 (3.01-65.04)  | 0.705            |
| <b>Group III</b>            |                     |                     |                  |
| <b>Doses to spinal cord</b> |                     |                     |                  |
| Dmin sum                    | 0.66 (0.21-20.94)   | 0.64 (0.21-20.75)   | 0.345            |
| Dmax sum                    | 39.06 (16.18-59.61) | 39.36 (16.56-60.85) | <b>&lt;0.001</b> |
| Dmed sum                    | 22.50 (9.69-39.03)  | 22.80 (9.86-39.71)  | 0.311            |
| D2% sum                     | 38.52 (16.12-58.80) | 38.92 (16.16-59.27) | <b>0.002</b>     |
| D2cm <sup>3</sup> sum       | 38.24 (16.09-57.42) | 38.38 (16.12-57.77) | <b>0.028</b>     |

Abbreviations: AAA – Anisotropic Analytic Algorithm, AXB – Acuros XB Dose calculation algorithm, Min – Minimum, Max – Maximum, Gy – Gray, Dmin – minimum dose, Dmax – maximum dose, Dmed – mean dose, D2% – two percent of the dose, D2cm<sup>3</sup> – dose in two cubic centimetres of the organ.

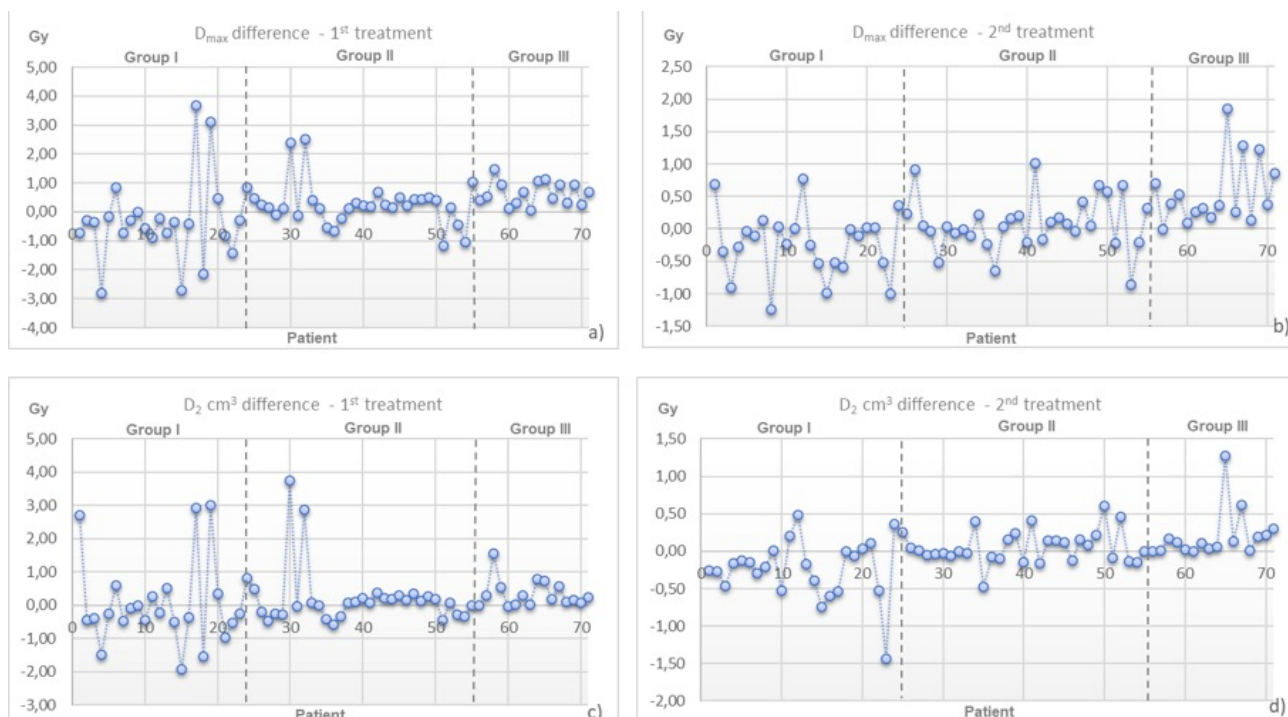


Figure 2: a) and b) graphs of the Dmax difference calculated with the two algorithms for the first and second courses, respectively. c) and d) graphs of the D2cm<sup>3</sup> difference calculated with the two algorithms for the first and second courses, respectively.

Table 3: Dosimetric parameters results comparison between AAA and AXB algorithms – lung and head and neck cases.

| Evaluated dose parameter                 | AAA<br>(Gy)           | AXB<br>(Gy)           | P - value    |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------|
| <b>Group I – Lung Cases</b>              |                       |                       |              |
| <b>Doses to spinal cord</b>              |                       |                       |              |
| Dmin 1 <sup>st</sup> course              | 0.34 (0.01 – 1.05)    | 0.42 (0.01 – 1.05)    | <b>0.009</b> |
| Dmax 1 <sup>st</sup> course              | 26.99 (6.40 – 44.64)  | 26.41 (5.98 – 43.90)  | 0.198        |
| Dmed 1 <sup>st</sup> course              | 8.14 (0.54 – 15.92)   | 8.70 (0.51 – 17.36)   | 0.300        |
| D2% 1 <sup>st</sup> course               | 25.44 (5.40 – 42.93)  | 24.82 (4.88 – 42.49)  | 0.221        |
| D2cm <sup>3</sup> 1 <sup>st</sup> course | 24.96 (3.81 – 42.57)  | 24.36 (3.45 – 42.12)  | 0.594        |
| Dmin 2 <sup>nd</sup> course              | 0.05 (0.01 – 1.07)    | 0.08 (0.01 – 1.06)    | <b>0.036</b> |
| Dmax 2 <sup>nd</sup> course              | 9.63 (2.93 – 19.81)   | 9.58 (2.41 – 19.82)   | <b>0.048</b> |
| Dmed 2 <sup>nd</sup> course              | 2.33 (0.62 – 11.14)   | 2.26 (0.64 – 11.19)   | <b>0.021</b> |
| D2% 2 <sup>nd</sup> course               | 8.05 (2.46 – 19.55)   | 7.86 (1.91 – 19.64)   | 0.064        |
| Dcm <sup>3</sup> 2 <sup>nd</sup> course  | 7.59 (2.36 – 18.69)   | 7.03 (1.83 – 18.89)   | <b>0.041</b> |
| Dmin sum                                 | 0.22 (0.01 – 4.95)    | 0.35 (0.01 – 3.23)    | 0.101        |
| Dmax sum                                 | 32.99 (13.86 – 53.53) | 31.88 (12.66 – 51.93) | 0.124        |
| Dmed sum                                 | 14.53 (2.12 – 27.34)  | 12.98 (2.26 – 26.43)  | 0.594        |
| D2% sum                                  | 29.18 (11.87 – 48.68) | 28.11 (10.76 – 47.83) | 0.158        |
| D2cm <sup>3</sup> sum                    | 26.45 (9.25 – 48.21)  | 26.86 (8.53 – 47.40)  | 0.221        |
| <b>Group I – Head and Neck Cases</b>     |                       |                       |              |
| <b>Doses to spinal cord</b>              |                       |                       |              |
| Dmin 1 <sup>st</sup> course              | 0.16 (0.08 – 0.79)    | 0.15 (0.01 – 0.83)    | 0.689        |
| Dmax 1 <sup>st</sup> course              | 21.87 (4.11 – 45.84)  | 21.59 (4.58 – 43.04)  | 0.575        |
| Dmed 1 <sup>st</sup> course              | 7.07 (1.57 – 27.90)   | 7.51 (1.58 – 26.91)   | 0.424        |
| D2% 1 <sup>st</sup> course               | 20.87 (2.77 – 43.24)  | 20.59 (3.28 – 42.44)  | 0.424        |
| D2cm <sup>3</sup> 1 <sup>st</sup> course | 15.07 (2.64 – 42.94)  | 17.78 (3.12 – 41.45)  | 0.929        |
| Dmin 2 <sup>nd</sup> course              | 0.20 (0.01 – 0.95)    | 0.18 (0.01 – 1.13)    | 0.169        |
| Dmax 2 <sup>nd</sup> course              | 6.69 (1.83 – 34.05)   | 5.77 (2.06 – 34.75)   | 0.594        |
| Dmed 2 <sup>nd</sup> course              | 2.03 (0.56 – 16.13)   | 1.93 (0.56 – 16.03)   | 0.248        |
| D2% 2 <sup>nd</sup> course               | 4.52 (1.78 – 29.58)   | 4.35 (2.02 – 29.35)   | 0.213        |
| Dcm <sup>3</sup> 2 <sup>nd</sup> course  | 3.38 (1.75 – 28.12)   | 3.22 (1.99 – 27.86)   | 0.155        |
| Dmin sum                                 | 0.44 (0.01 – 36.14)   | 0.50 (0.01 – 35.57)   | 0.534        |
| Dmax sum                                 | 32.15 (7.15 – 51.42)  | 33.79 (7.79 – 50.85)  | 0.424        |
| Dmed sum                                 | 15.34 (1.26 – 42.53)  | 15.55 (1.25 – 41.95)  | 0.328        |
| D2% sum                                  | 26.18 (5.86 – 47.24)  | 25.86 (6.59 – 46.39)  | 0.328        |
| D2cm <sup>3</sup> sum                    | 25.59 (5.76 – 45.04)  | 25.15 (6.50 – 44.10)  | 0.328        |

Abbreviations: AAA – Anisotropic Analytic Algorithm, AXB – Acuros XB Dose calculation algorithm, Min – Minimum, Max – Maximum, Gy – Gray, 1<sup>st</sup> – first, 2<sup>nd</sup> – second, Dmin – minimum dose, Dmax – maximum dose, Dmed – mean dose, D2% – two percent of the dose, D2cm<sup>3</sup> – dose in two cubic centimetres of the organ.

in the spinal cord and brainstem, the same parameters were evaluated. Table 2 summarizes the median values of the dose calculated by the two algorithms for each evaluation parameter. Only in group III, statistically significant differences in the doses calculated by the two algorithms were observed. The median values of Dmax in the sum for the AAA algorithm was 39.06 (16.18 – 59.61) Gy whereas in the AXB algorithm it assumes a median value of 39.36 (16.56 – 60.85) Gy. The median dose values in D2% and D2cm<sup>3</sup> were higher in the AXB algorithm compared to AAA.

Two important parameters for dose assessment in the spinal cord and brainstem are the Dmax and D2cm<sup>3</sup>. The differences in Dmax and D2cm<sup>3</sup> for each

case were illustrated in Figure 2. Graph a) and b) correspond to the difference in maximum dose for the first and second courses, respectively. While graphs c) and d) correspond to the difference of D2cm<sup>3</sup> for the first and second treatment courses, respectively. In these graphs it is possible to observe that in group II the difference values are close to 0 Gy for most cases. In Figure 2, is possible observe that in group I, some non-zero values are observed for several cases, supporting the statistically significant differences observed in some of these parameters. However, these values do not assume a pattern, observing values of negative and positive differences within the same group. In group III, the difference values tend to be mostly greater than zero, demonstrating that

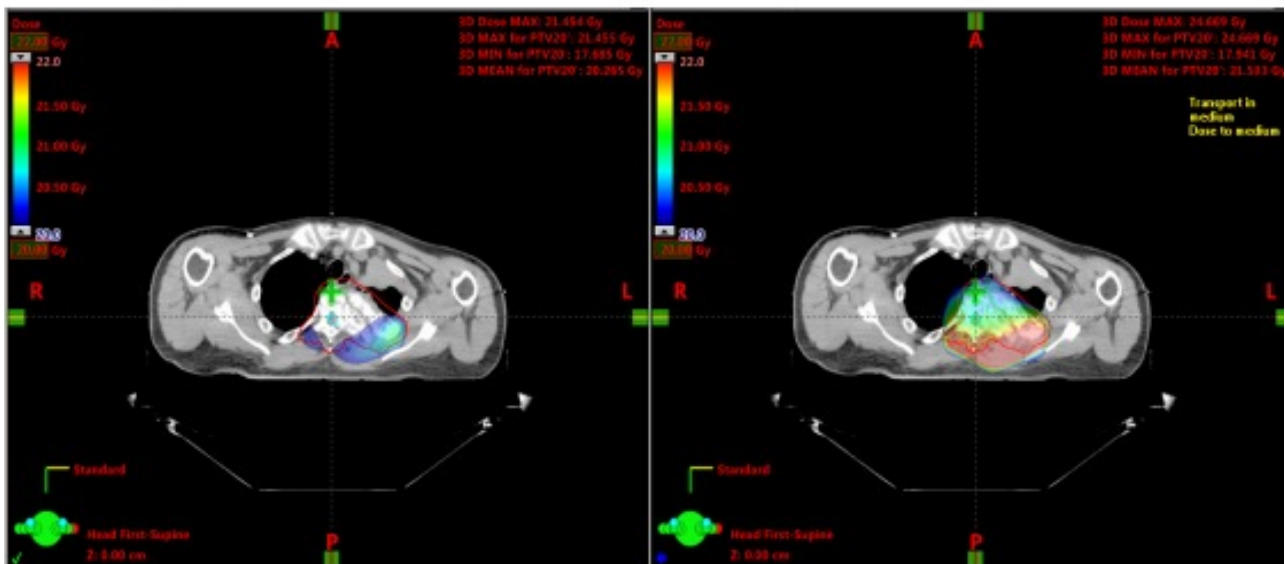


Figure 3: case of group III is shown, where it is possible to observe the differences in the dose distribution of AAA with AXB in the spinal cord region.

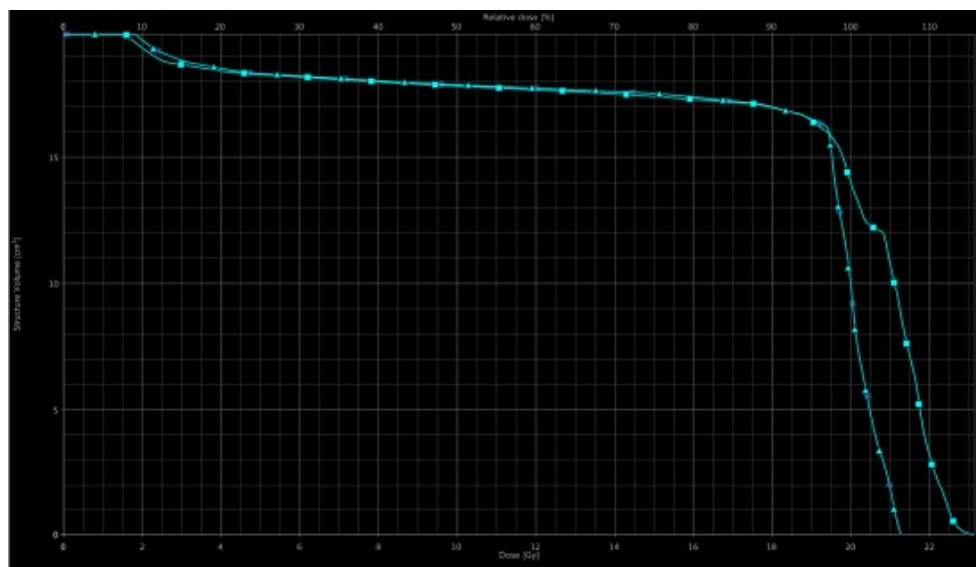


Figure 4: Dose-Volume Histogram of the spinal cord course irradiation of this case. Curve with triangles refer to the AAA and squares to the AXB calculation.

the AXB algorithm for these parameters calculated higher doses compared to AAA.

Group I include cases of target volumes from different anatomical regions, such as head and neck tumors ( $n = 11$ ) and lung tumors ( $n = 14$ ). Table 3 shows the median values calculated by the two algorithms for each dose evaluation

parameter. Head and neck cases do not have any statistically significant dose parameters. On the other hand, the cases of irradiation in the lung region showed statistically significant differences between the calculation of dose of AAA and AXB algorithm for the following parameters, minimum dose in both courses, maximum dose, average



and D2cm3 of the second course.

As an example, in Figure 3, course two of case of group III is shown, where it is possible to observe the differences in the dose distribution of AAA with AXB in the spinal cord region. AXB dose distributions justify the higher values calculated for Dmax and D2cm3 for the spinal cord.

For the same patient, Figure 4 shows the DVH of the same course of treatment for the spinal cord. The triangle curve corresponds to the dose calculated with AAA, while the curve with squares corresponds to the dose calculated with AXB. It is possible to observe the differences mentioned above, the AXB algorithm calculates higher doses for the spinal cord for group III cases.

## Discussion

In the second phase of this study, we investigated the dosimetric differences between the AXB and AAA algorithms for the 71 patients included in the three groups. Initially, dosimetric parameters for the spinal cord and brainstem were compared. For group I, where the spinal cord is irradiated in the treatment of anatomically close target volumes, statistically significant differences were observed. We point out that in parameter D2% of spinal cord volume and D2cm3 of the second course of treatment, the AXB algorithm calculated, apparently lower dose values. However, with the observation of the graphs in Figure 2, it is possible to observe that there is no difference pattern below 0 Gy of values calculated between the two planes, which would be expected considering only the calculated median values. One possible reason for this event is in the different regions irradiated in this group, such as cases of irradiation of the lung and head and neck. Therefore, we evaluated the same parameters taking into account the irradiated region, lung and head and neck. As can be seen in Table 3, no statistically significant differences were observed

in the irradiation of the spinal cord in the head and neck region. However, for cases in which radiation to the lung region occurs, differences between the calculations of the two algorithms were found.

These results can be justified by the density of the structures surrounding the spinal cord. In the head and neck region, the difference in density between the soft tissues and the spine surrounding the spinal cord is smaller than the difference between the densities of lung and spine in the cases of lung irradiation. In the former there is soft tissue – bone – soft tissue interface, whereas at the later there is lung – bone – soft tissue interface. Since the AXB algorithm considers the dose in the medium, it is expected that it calculates different doses from those of the AAA for regions with different densities. However, it is important to note that according to Bassi et al. (2020) the interface regions of very different densities can induce errors in the calculation of the AXB algorithm since there are voxels with large differences in densities (13). Therefore, improved studies are needed to correctly assess the differences observed between these regions. In group III, corresponding to the spinal cord irradiation in the treatment of spinal metastases, there were more statistically significant differences in the evaluated parameters. We emphasize the parameters of Dmax and D2cm3 since they are important for the evaluation of plans and important for the development of possible side effects. These parameters were statistically significant in the two treatment courses. In the graphs of Figure 2, it is possible to verify that the difference in dose calculation between AXB and AAA tends to have positive values, which means that AXB calculates statistically significant higher doses compared to AAA. For cases in which spinal cord re-irradiation occurs, the possible underestimation of the dose in this organ can be problematic since high cumulative doses are administered. For group II, corresponding to irradiated brainstem as OAR, no statistically significant results were found between

the doses calculated with the two algorithms, for the two treatment courses under evaluation (except the minimum dose value of the first course). Kamaleldin et al. (2018) for the same risk organ did not find statistically significant differences when comparing the doses calculated by AXB and AAA for different RT techniques (14). Since brain structures, such as the brainstem, have densities close to that of water when compared to other tissues such as bone and air. For this reason, the difference in the calculation with the two algorithms may not be different. Kamaleldin et al. (2018) there were also no significant differences in regions of densities similar to water (14). The comparisons between the algorithms were also performed for the dosimetric parameters corresponding to the sum of the treatment plans carried out for each patient. The difference between the doses calculated with the algorithms were significant for the group III dosimetric parameters. However, the results obtained must be carefully analysed since the sum of the treatment plans implies the overlapping of different computed tomography sets, which causes an inherent error of correct overlapping of the anatomy of each patient especially when substantially different immobilization devices or patient positioning are used in each course. In this way, the calculation with AXB algorithm for cases in which the region to be irradiated there are structures with different densities provides doses considering the differences of that medium, calculating a dose significantly different from the AAA algorithm.

It is important to note that within the same group there are differences in the calculated dose inter-patient for the different dosimetric parameters evaluated. This study suggests that for cases in which the irradiated region has structures of different densities, comparing the doses of the AAA and AXB algorithm is important, since it provides important tools for the evaluation of the treatment plan. In the cases included in this study, no side effects on the spinal cord and brainstem were observed.

However, effects on other OAR have been reported, such as fracture of the tenth costal arch and radiation-induced pneumonitis. Since bone and lung are structures with different densities, it is important to develop studies that compare the doses calculated by the algorithms to assess whether there are differences and possibly correlate with high doses in these OARs that could be underestimated initially.

Concluding, as in all situations where there is a change of the calculation algorithm used clinically, also the transition between the use of the algorithm AAA and AXB should be particularly careful in assessing the situations in which the target volume and / or OAR are in areas or close to the interface between regions of very different densities.

This study had limitations, namely: the low number of patients included in each group under evaluation; within group I there are a low number of head and neck and lung cases; different anatomical locations with different densities and the impossibility of evaluations according to the technique and beam energy used.

---

## Conclusion

With the comparison of the calculation algorithms, it was found that in group III, where treatment is performed on spinal metastases, there are more dosimetric parameters evaluated with significant differences in the calculation of the two algorithms. For cases where irradiation of heterogeneous density structures occurs, the AXB algorithm calculates higher doses compared to AAA, with a benefit in the calculation with this algorithm since doses in the risk organs are important parameters of evaluation to minimize possible side effects. The most real assessment possible of the doses that are administered to the organs at risk is essential considering that some patients may benefit from re-treatments. Considering our findings,

infurther work, a larger number of cases should be included to allow stratification by pathology/anatomical region, treatment technique and beam energy, which would enable the assessment of AXB behaviour in those cases and seeking to correlate administered doses and the adverse effects caused by re-treatments.

## References

1. Nieder C, Langendijk JA. Re-Irradiation: New Frontiers. Medical Radiology Radiation Oncology: Berlin: Springer; 2011. 3-13, 59-94, 191-215.
2. Nieder C, Yobuta R, Mannsåker B. Second Re-irradiation: Clinical Examples of Worthwhile Treatment. *Cureus*. 2018;10(6):1-9.
3. Adamus-Gorka M, Brahme A, Mavroidis P, Lind BK. Variation in radiation sensitivity and repair kinetics in different parts of the spinal cord. *Acta Oncol*. 2008;47(5):928-36.
4. Jurado-Bruggeman D, Muñoz-Montplet C, Vilanova JC. A new dose quantity for evaluation and optimisation of MV photon dose distributions when using advanced algorithms: proof of concept and potential applications. *Physics in medicine and biology*. 2020;1:1-19
5. Rana; S, Rogers K. Radiobiological Impact of Acuros XB Dose Calculation Algorithm on Low-Risk Prostate Cancer Treatment Plans Created by RapidArc Technique. *Austral - Asian Journal of Cancer*. 2012;11(4):261-9.
6. Van Esch A, Tillikainen L, Pyykkonen J, Tenhunen M, Helminen H, Siljamäki S, et al. Testing of the analytical anisotropic algorithm for photon dose calculation. *Med Phys*. 2006;33(11):4130-48.
7. Han T, Followill D, Mikell J, Repchak R, Molineu A, Howell R, et al. Dosimetric impact of Acuros XB deterministic radiation transport algorithm for heterogeneous dose calculation in lung cancer. *Med Phys*. 2013;40(5):051710.
8. Sterpin E. Potential pitfalls of the PTV concept in dose-to-medium planning optimization. *Physica Medica*. 2016;32(9):1103-10.
9. Reynaert N, Crop F, Sterpin E, Kawrakow I, Palmans H. On the conversion of dose to bone to dose to water in radiotherapy treatment planning systems. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*. 2018;5:26-30
10. Muñoz-Montplet C, Marruecos J, Buxó M, Jurado-Bruggeman D, RomeraMartínez I, Bueno M, et al. Dosimetric impact of Acuros XB dose-to-water and dose-to-medium reporting modes on VMAT planning for head and neck cancer. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics*. 2018;55:107-15.
11. Yan C, Combine AG, Bednarz G, Lalonde RJ, Hu B, Dickens K, et al. Clinical implementation and evaluation of the Acuros dose calculation algorithm. *J Appl Clin Med Phys*. 2017;18(5):195-209.
12. Ma CM, Li J. Dose specification for radiation therapy: dose to water or dose to medium? *Phys Med Biol*. 2011;56(10):3073-89.
13. Bassi S, Tyner E. 6X Acuros algorithm validation in the presence of inhomogeneities for VMAT treatment planning. *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*. 2020;25(4):539-47.
14. Kamaleldin M, Elsherbini NA, Elshemey WM. AAA and AXB algorithms for the treatment of nasopharyngeal carcinoma using IMRT and RapidArc techniques. *Medical Dosimetry*. 2018;43(3):224-9.



# Biópsias assistidas por vácuo guiadas por Ressonância Magnética

## - Procedimento e apresentação dos resultados de 2021



Elisabete Baptista <sup>(1)</sup>, Paulo Dias <sup>(2)</sup> Ana Cristina Vicente <sup>(3)</sup>

(1), (2) Técnica/o de Radiologia, Instituto Português de Oncologia de Lisboa Francisco Gentil (IPOLFG)

(3) Técnica Coordenadora da Radiologia, Instituto Português de Oncologia de Lisboa Francisco Gentil (IPOLFG)

### Objetivo

A biópsia por vácuo guiada por Ressonância Magnética (BAV por RM) tem resultados estabelecidos na literatura e consensos internacionais, porém, os dados nacionais ainda são pouco conhecidos. É nosso objetivo desmitificar o procedimento e as características histológicas das lesões nas utentes submetidas a BAV por RM no IPOLFG em 2021.

### Introdução

A ressonância magnética mamária (RMM) é uma técnica de imagem com um papel fundamental na prática clínica,

estabelecido quer no diagnóstico e estadiamento, quer no follow-up do tratamento do cancro da mama. Uma das indicações da RMM que tem revelado adesão crescente, é o estadiamento do cancro da mama recentemente diagnosticado. Apesar da discussão que envolve o tema, a RM tornou-se um método que desempenha um papel fulcral no planeamento cirúrgico. A maior precisão do método na avaliação da extensão tumoral e na identificação de componente de carcinoma *in situ* (CDIS) associado sem tradução mamográfica, mesmo em padrões adiposos, tem contribuído para esse desempenho. A sua alta sensibilidade é outro dos fatores, que permite detetar lesões que não são visíveis no exame clínico, nem na mamografia e ultrassonografia. A RMM apresenta alta sensibilidade e especificidade variável, sendo necessária,

portanto, a confirmação de malignidade de uma lesão quando existe suspeição. O diagnóstico das lesões mamárias por técnicas de biópsia percutânea guiadas por métodos de imagem, é uma prática comum no Serviço de Radiologia do IPOLFG, substituindo atualmente a biópsia cirúrgica. Qualquer cirurgia deve ser precedida de diagnóstico por via percutânea, uma vez que são técnicas com alta precisão e alta taxa de concordância com o diagnóstico histológico final. Nas lesões visíveis unicamente por RM (*MRI-only*), a biópsia será realizada com técnica de vácuo (BAV) de modo a obter uma amostra representativa da lesão, com menor risco de discordância com a histologia final. É uma técnica segura e efetiva no

manuseio de lesões detetáveis somente pela RM e tem excelente acurácia, mesmo em lesões pequenas. Permite ainda, a inserção de marcador radiopaco – clipe de titânio – visualizado também nos demais métodos de imagem, com o objetivo de marcar a região biópsada, facilitando o seguimento terapêutico.

## Metodologia

Os procedimentos de BAV por RM foram realizados num equipamento 3T, com a utente posicionada em decúbito ventral numa bobina dedicada de 16 canais, que permite quer acesso lateral,



Figura 1: a) Bobina dedicada de mama/intervenção; b) posicionamento.

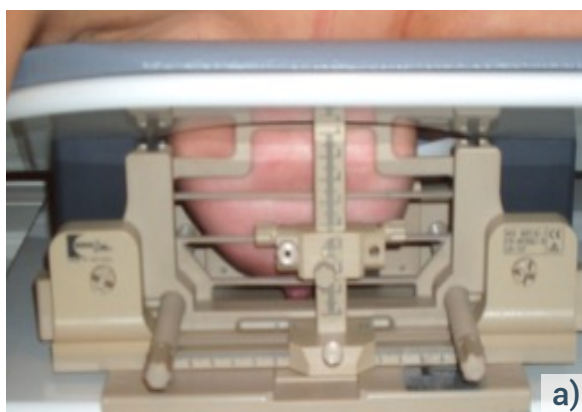


Figura 2: a) Pilar; b) Grelha.

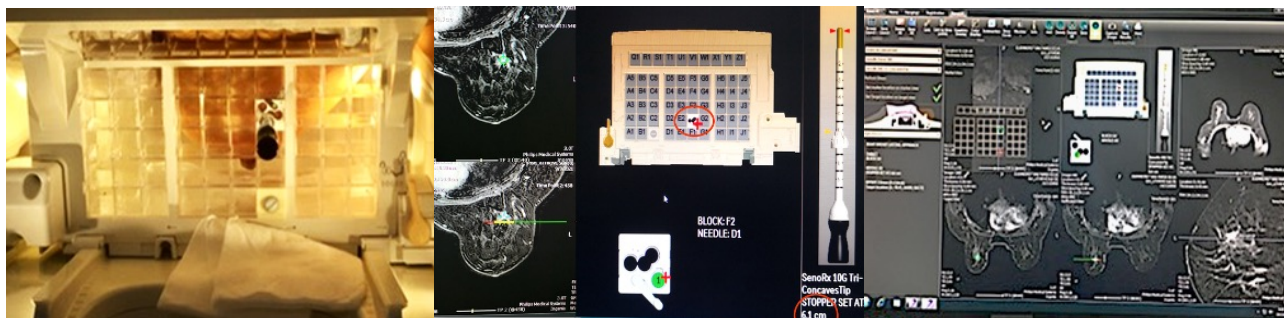


Figura 3: Grelha com Dyncad®.

quer medial. (Fig.1) A mama alvo é imobilizada através de compressão, de forma a facilitar a introdução da agulha e diminuindo a distância pele-lesão. Permite ainda, diminuir o movimento e manter a lesão no mesmo local ao longo de todo o procedimento.

Existem 3 processos de realização, distinguindo-se pela forma como os cálculos das coordenadas da lesão são efetuados. Dois são processos manuais, em que se pode utilizar o pilar ou a grelha (Fig.2), o terceiro é um método automático, utilizado somente com a grelha e com o sistema *Dynacad*, ferramenta de software que permite efetuar os cálculos automaticamente. (Fig.3)

Atualmente no IPOLFG só é utilizado o sistema automático, por ser um método mais fidedigno e rápido.

### Execução

Um marcador é colocado na grelha, para referência dos zeros no plano ortogonal. Este marcador é visível na imagem de RM com hiper-sinal. (Fig.4)

A seguir, é realizado somente um estudo dinâmico no plano axial com espessura de 1 mm, antes e após injeção de contraste endovenoso, uma vez que todas estas utentes já realizaram RMM recentemente. O estudo obtido é enviado para o programa *Dynacad*, por forma a calcular as coordenadas x,y,z, selecionando, quer o marcador com hiper-sinal visível no estudo dinâmico, quer a imagem suspeita, obtendo-se assim a porta de entrada na grelha e a profundidade da lesão. Realiza-se a assepsia cutânea com álcool a 70% e anestesia com 5 ml de cloridrato de lidocaína a 1%, para a

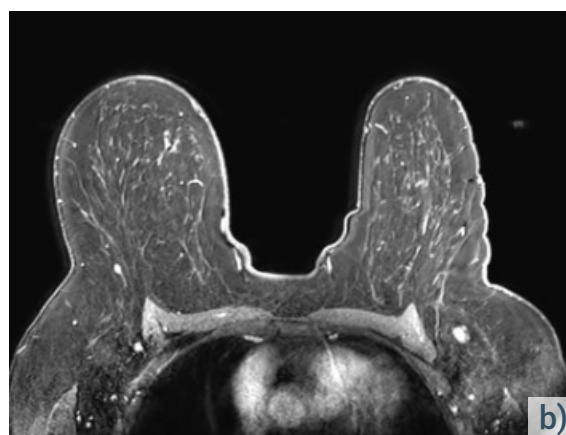
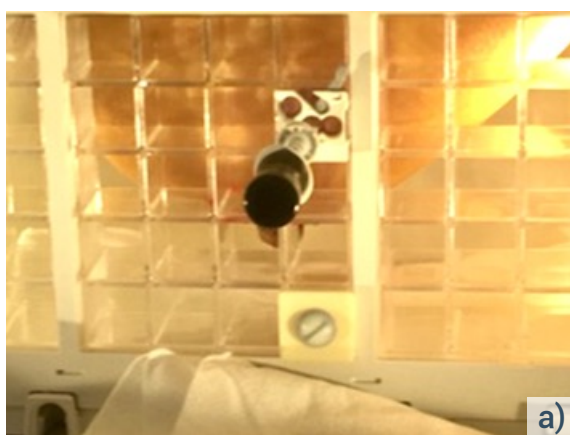


Figura 4: a) Marcador na grelha; b) Marcador na imagem.



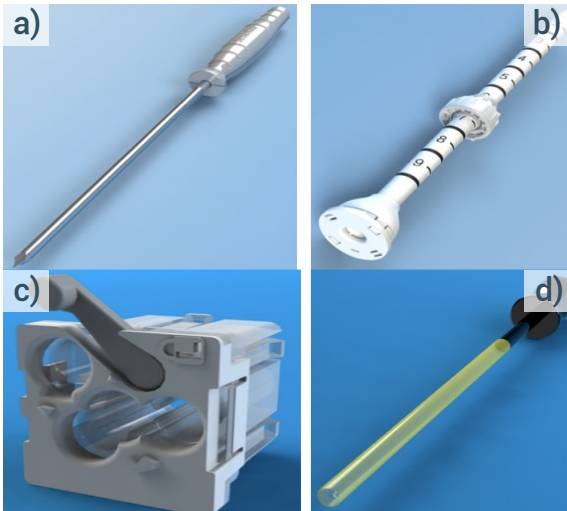


Figura 5: a) Trocarte; b) Cãnula; c) Bloco; d) Visiloc.

superfície cutânea, e para o trajeto da agulha utiliza-se anestesia com 10 ml de cloridrato de lidocaína a 1% com adrenalina, um vasoconstritor cujo objetivo é minimizar a ocorrência de hematomas. Em todo este processo utiliza-se um kit de biópsia MRsafe, com agulha de 10G contendo cãnula guia de

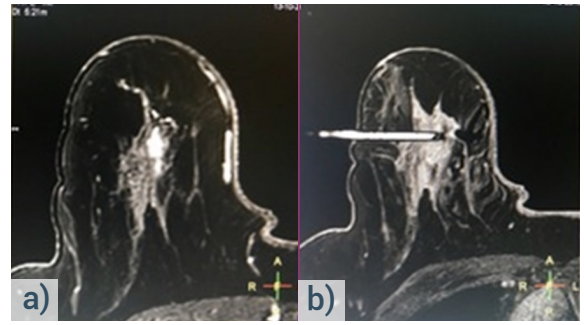


Figura 6: a) lesão-alvo; b) Visiloc introduzido para validação da sua relação com a lesão.

plástico estéril, trocarte, bloco e visiloc e um *clip* de titânio. Coloca-se o bloco na posição correta na grelha (Fig.5) A cãnula é colocada no bloco (este permite até 13 diferentes posições de entrada). A seguir, o trocarte é inserido na cãnula até atingir a profundidade calculada. Retira-se o trocarte e coloca-se o visiloc, visível na RM. (Fig.6)

Para validação o do processo e durante a sua execução é realizado um Axial T1 fatsat, para documentar a localização do Visiloc. (Fig.6) Este aparece como uma

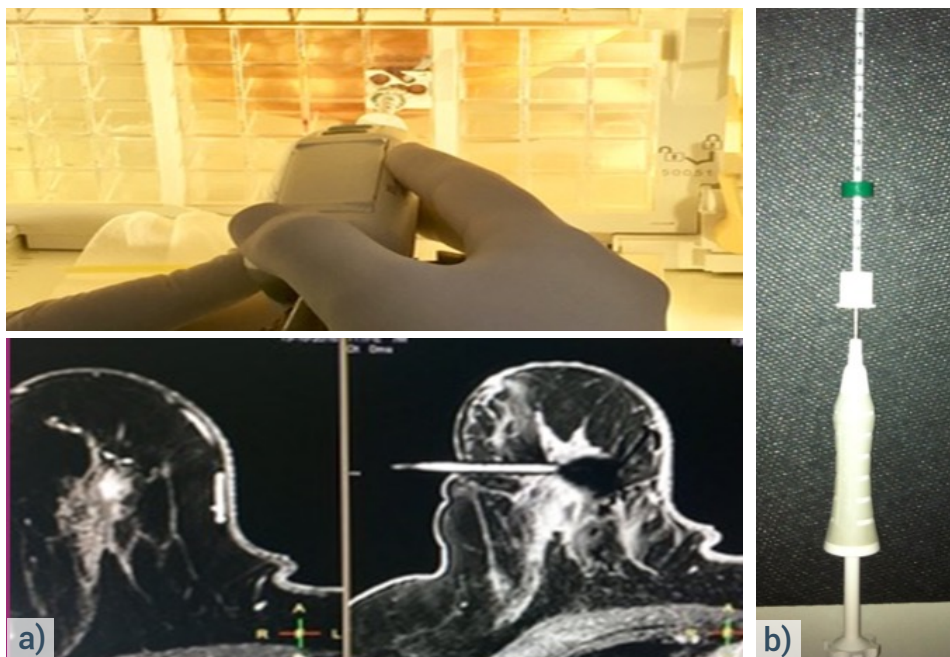


Figura 7: a) Procedimento com visualização da loca após recolha de amostras; b) dispositivo do clip.

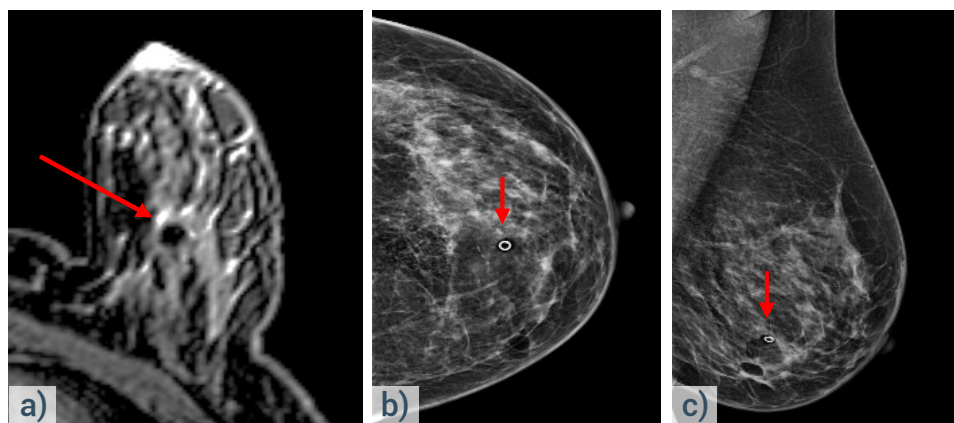


Figura 8: a) Imagem de RM com artefacto provocado pelo clip; b) imagens de mamografia com visualização do clip.

estrutura com sinal híper-intenso. Quando a cânula está corretamente posicionada em relação à lesão, procede-se à colheita das amostras. Reforça-se que todo o material utilizado é *MRsafe*, e o dispositivo de vácuo fica no exterior da sala. Após a recolha das amostras, efetua-se novo Ax T1fs, com a finalidade de verificar se a amostragem é suficiente para a amostra histológica, ou se é necessário continuar a recolha. Após a recolha, é inserido um marcador de titânio (clipe), e realizada compressão manual para hemostasia. Colocam-se os *sterstrips*, faz-se um penso provisório, a utente vai de seguida

realizar uma mamografia unilateral com duas incidências, crânio-caudal e perfil a 90°, para confirmar a colocação do clip, e verificar a sua relação com a região biópsiada.

Posteriormente, é efetuado penso compressivo com aplicação de gelo, sendo a utente informada verbalmente e com entrega de documento escrito, sobre instruções/cuidados pós-biópsia. Resultados: Em 2021, de um total de 72 casos propostos para BAV por RM, 8 não foram efetuados por a lesão não se identificar no momento do procedimento. Dos 64 restantes, a taxa de biópsias tecnicamente viáveis

Tabela 1: BAV's por RM no IPOLFG em 2021.

| Resultados histológicos               | Nº de lesões |
|---------------------------------------|--------------|
| <b>Maligno</b>                        |              |
| Carcinoma lobular invasivo            | 9            |
| Carcinoma ductal in situ              | 11           |
| <b>Alto risco</b>                     |              |
| Carcinoma lobular in situ             | 3            |
| Hiperplasia ductal atípica            | 15           |
| Adenose esclerosante complexa         | 11           |
| <b>Benigno</b>                        |              |
| ANDI                                  | 1            |
| Atipia epitelial, metaplasia apócrina | 14           |
| Adenose e fibrose do estoma           |              |

foi de 100%. A complicação mais comum do procedimento, foi formação de hematoma e reação vasovagal. Todas as complicações foram de fácil resolução, não sendo necessária qualquer intervenção ou internamento. O procedimento durou, em média, 26 minutos, variando de 15 a 61 minutos, de acordo com o número de lesões abordadas e a dificuldade de realização do procedimento. Foram obtidos entre 6 a 18 fragmentos durante cada procedimento. Este número variou, de acordo com o tamanho da mama, o tamanho e número de lesões e a sua localização. Os tipos histológicos das 64 lesões estão detalhados na Tabela 1. Os resultados benignos mais comuns são as alterações de metaplasia apócrina e adenose e os malignos foram os carcinomas lobulares invasivos. Quanto às lesões de alto risco, os resultados mais frequentes foram as hiperplasias ductais atípicas.

Das 64 lesões, 23,3% eram benignas, 31,7% eram malignas e 45,1% de alto risco.

---

## Conclusão

A BAV por RM é um procedimento relativamente novo em comparação com as biópsias realizadas por estereotaxia ou ultrassons. Está indicada sobretudo em realces não massa, e também em realces focais abaixo de 5mm. Observamos que o tempo de realização (média de 26 minutos) e o número de fragmentos retirados (6 a 18), é comparável com a biópsia por vácuo na estereotaxia ou ultrassonografia, independentemente do método de localização e de acordo com o número de lesões abordadas e a dificuldade técnica de realização do procedimento. Os 64 casos submetidos ao procedimento, com resultados malignos e de lesões de alto risco, foram adequadamente indicados para seguimento terapêutico estabelecido na Instituição, possibilitando um tratamento

apropriado. Da mesma forma, se julgarmos que todas as pacientes restantes, com resultados benignos, não foram submetidas a cirurgias, podemos avaliar o impacto desse procedimento na vida destas mulheres, poupando mais de metade das utentes a um procedimento cirúrgico desnecessário, de alto custo e com impacto psicológico e físico na sua vida. Desta forma, pode-se concluir que a biópsia por vácuo é uma técnica segura e efetiva no manuseio de lesões detetáveis somente pela RM.

---

## Considerações finais

Com o aumento da realização de exames mamários por RM, observa-se um consequente aumento da necessidade de execução da Biópsia mamária guiada por RM em lesões que não podem ser identificadas por outro método de imagem. A BAV por RM é um método bem tolerado, simples, seguro, útil e reproduzível, mas implica experiência acrescida de toda a equipa, técnicos e médicos de Radiologia. Após o procedimento, é essencial correlacionar os dados imagiológicos e patológicos. Em 2021, no Serviço de Radiologia do IPOLFG, a taxa de biópsias realizadas por esta técnica apresentou uma taxa de viabilidade de 100%. Atualmente, a Biópsia Mamária guiada por RM é uma técnica que oferece elevados níveis de correlação imagiopatológica, possuindo baixas taxas de subestimação e permite de forma atempada o seguimento terapêutico adequado. Permite ainda diminuir ou eliminar a necessidade de biópsias cirúrgicas ou cirurgia complementar por segundos focos (quer na homolateral, quer na contralateral), o que se traduz num elevado impacto na qualidade de vida da utente.



# Aprendendo em equipa:

## metodologia de ensino para promoção da qualidade da prática dos Técnicos de Medicina Nuclear



**Edgar Lemos Pereira**

NuclearMed – Instituto de Medicina Nuclear, Almada

Contato para correspondência: [edgar.pereira@nuclearmed.pt](mailto:edgar.pereira@nuclearmed.pt)

---

### Introdução

A aprendizagem é um processo dinâmico e, idealmente, contínuo. Contudo, a acumulação da prática no exercício profissional, pode conduzir à eventual instalação de “hábitos” menos corretos. Neste trabalho avaliou-se uma série de procedimentos diários decorrentes da prática profissional de quatro Técnicos de Medicina Nuclear, cuja experiência profissional variava entre 3 e 17 anos de exercício. Os objetivos do estudo consistiram em: 1) identificar quais os procedimentos mais vulgarmente realizados de forma menos adequada; 2) desenhar e implementar uma metodologia prática de melhoria da qualidade; 3) avaliar o impacto do projeto.

---

### Metodologia

O trabalho foi realizado no período entre dezembro de 2020 e junho de 2021 e, durante este período, foi registada a frequência em que se observavam vários tipos de procedimentos de forma inadequada. Durante este período, foram introduzidas três etapas distintas: a fase 1 do estudo, de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, consistiu na fase de observação e recolha de dados; a fase 2, de março a maio de 2021, incluiu sessões de discussão quinzenais acerca dos dados recolhidos na primeira fase do estudo; a fase 3, em junho de 2021, comportou o período de reavaliação dos resultados. Neste trabalho foram focadas três principais fontes potenciais de erro:

- 1) Práticas no laboratório de radiofarmácia, onde as principais falhas encontradas foram as relacionadas com a) organização do

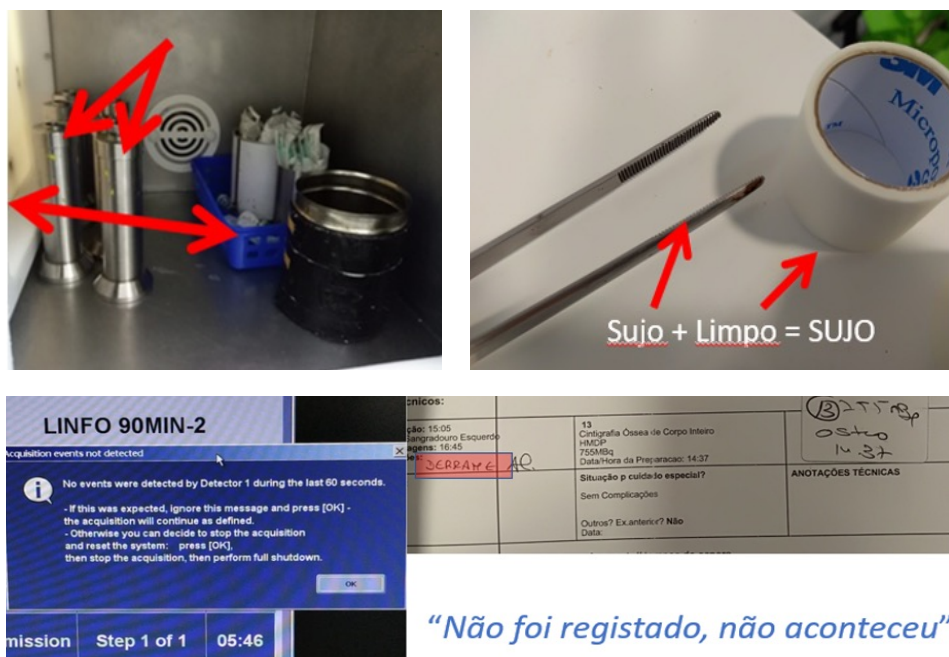


Figura 1: Exemplos de práticas incorretas encontradas. A: práticas no laboratório de radiofarmácia; B: práticas na sala de administração de radiofármacos; C: registos.

Isolador e do material no Isolador; b) higienização do Isolador; c) manipulação das portas das diferentes câmaras do Isolador.

2) Práticas na sala de administração de radiofármacos, onde os erros mais frequentemente encontrados eram relativos a) à organização da mesa de trabalho; b) aos procedimentos de higienização do material; c) à separação dos resíduos hospitalares.

3) Registos, nomeadamente no que concerne ao a) registo de alguns

aspectos técnicos relativamente à execução de exames; b) registos de realização de controlos de qualidade; c) registos de falhas em equipamentos.

## Resultados e discussão dos resultado

A frequência da observação dos

Tabela 1: Resultados das observações ao longo das três fases do estudo, para cada área em foco.

|  | Fase 1          | Fase 2    | Fase 3    |
|--|-----------------|-----------|-----------|
| Práticas no laboratório de radiofarmácia           | frequente       | Raro      | Raro      |
| Práticas na sala de administração de radiofármacos | Muito Frequente | Raro      | Raro      |
| Registos   | Muito frequente | Frequente | Frequente |



Figura 2: Exemplos de potenciais fontes de erro ou práticas inadequadas.

eventos para cada uma das três áreas em foco (Práticas no laboratório de radiofarmácia, Práticas na sala de administração de radiofármacos e Registos) foi categorizada como "muito frequente", registos com mais do que três observações por semana, "frequente", quando se registaram até três observações por semana e "raro", registos até uma observação por semana. A tabela 1 resume os resultados obtidos em cada uma das áreas em foco, para cada fase do estudo.

As observações mais frequentes referentes ao bloco "Práticas no laboratório de radiofarmácia" foram relativas à organização do Isolador e à forma como eram manipuladas as portas das diferentes câmaras do Isolador. Da fase 1 até à fase 3, estas falhas passaram de uma observação "frequente" para uma observação "rara". Ações simples tais como a organização do material a utilizar no Isolador podem introduzir um incremento na otimização das atividades diárias na Radiofarmácia. As constatações mais frequentemente

observadas nas "Práticas na sala de administração de radiofármacos" foram devido à organização da mesa de trabalho e à colocação de material limpo na proximidade de material contaminado ou potencialmente contaminado. Da fase 1 até à fase 3, estes erros passaram de uma observação "muito frequente" para uma observação "rara". O material limpo nunca deve ser colocado na proximidade de material contaminado ou potencialmente contaminado.

As principais falhas observadas no grupo "Registos" deveram-se à falta de registo de aspetos técnicos dos exames e à falta de registo de testes de controlo de qualidade. Estas constatações, inicialmente "muito frequentes", passaram a observar-se de forma "frequente". A falta de registos limita a verificação da qualidade, na medida em que, se não está registado, "não aconteceu" e por consequência não pode ser corrigido, nem melhorado.

Da fase 2 do estudo até à fase 3 não se observou alterações significativas nos comportamentos registados. Ainda



assim, esta terceira fase permitiu que os Técnicos de Medicina Nuclear envolvidos no estudo se tornassem mais alerta para outras potenciais fontes de erro.

---

## Conclusão

A experiência dos técnicos sêniores deve contribuir para a melhoria da qualidade das nossas práticas, na medida em que são mais bem conhecidos os procedimentos e por consequência, mais facilmente antecipados os desafios e potenciais fontes de erro. Por outro lado, Técnicos mais jovens devem ser encorajados a contribuir com os seus pontos de vista para a determinação dos caminhos a seguir e para a resolução dos problemas. Ambos têm, por isso, um papel significativo na promoção da qualidade das práticas. Com a execução deste trabalho, constatou-se que a realização de sessões de discussão quinzenais deve ser encorajada, por forma a perceber as diversas fontes de erro ou de potencial erro e, com isso, desconstruir ideias preconcebidas. Na fase de reavaliação do projeto, constatamos que os momentos de partilha e discussão promoveram uma redução significativa na frequência dos eventos observados, devendo por esse motivo constituir uma prática comum em todos os serviços de Medicina Nuclear.



# TECNOLOGIA DE PONTA AO SERVIÇO DA VIDA

**Medicamentos de Uso Humano e Equipamentos  
na área da Medicina Nuclear**

[WWW.ISODER.PT](http://WWW.ISODER.PT)

  
**Isoder**  
Grupo





**atarp**

**UNIDOS PARA  
OS DESAFIOS  
FUTUROS!**

# ESPAÇO ATARP

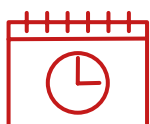
*Reconhecimento,  
Formação e Coesão,  
são os pilares de  
ação da ATARP e  
estão refletidos nas  
suas atividades.*



## SAVE-THE-DATE

A ATARP tem como objetivo disponibilizar a todos os profissionais das áreas da radiologia, radioterapia e medicina nuclear, formações de relevância para a promoção de profissionais de excelência. Assim como outras atividades que promovam a coesão e a promoção das profissões.

Nesta secção encontram-se as Formações ATARP e outras atividades a lembrar a partir de abril.

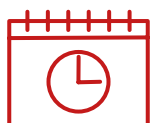


**20 abril 2022**

### Mo-99: desafio atual na Medicina Nuclear – Desafio no fornecimento de radioisótopos

(Webinar em colaboração com a GE online).

[Saber mais>>](#)



**7 maio 2022**

### Gamma Knife Experience

(Evento presencial, Centro Gamma Knife, Lisboa, em parceria com Centro Gamma Knife).

[Saber mais>>](#)

O [Centro Gamma Knife Radiocirurgia, S.A.](#) é a mais recente entidade parceira da ATARP. A parceria permitirá que a formação contínua dos atuais e futuros profissionais seja reforçada pelo *know-how* do Centro Gamma Knife. A ATARP agradece a confiança depositada pelo Centro Gamma Knife.



27 e 28 de maio 2022

## 1º Simpósio Técnico de Radioterapia

(Evento presencial, área metropolitana do Porto)

[Saber mais>>](#)

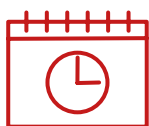


SAVE THE DATE

## 1º SIMPÓSIO TÉCNICO DE RADIOTERAPIA

27 e 28 maio 2022

Mais informações brevemente



até 27 de junho 2022

## Open Call artigos revista Radiações

envie os artigos para o email:  
[revistaradiacoes@atarp.pt](mailto:revistaradiacoes@atarp.pt)



Brevemente

## Passatempo "Fotografe o que faz e divulgue a sua profissão"

Esteja atento ao website e às redes sociais da ATARP.



## AÇÕES PROMOVIDAS

Um dos principais objetivos da ATARP é promover o reconhecimento das diferentes profissões que representa. Para que esse objetivo seja atingido, a associação realiza ações a nível social, profissional e legislativo.

No último trimestre estas ações envolveram formações, consultas públicas, participação ativa na revisão de documentações e a realização da assembleia geral ATARP.

### Formação Online: Highlights from XIX CNATARP



|        | Terça-Feira, 25 janeiro   | Quinta-Feira, 27 janeiro  |
|--------|---|---|
| 21h00m | <b>RADIOLOGIA</b><br>Tomografia Computorizada<br>Corpo<br>Pedro Reis Santos (CUF)   | <b>RADIOTERAPIA</b><br>Qualidade de vida no Doente<br>oncológico<br>Serafim Pinto (ESSUA)                                 |
| 21h15m | <b>RADIOTERAPIA</b><br>Inteligência Artificial no<br>futuro da Radioterapia<br>Nuno Rodrigues (UM/IPCA)                           | <b>MEDICINA NUCLEAR</b><br>Imagem Híbrida – TC para<br>Medicina Nuclear<br>Eduarda Pereira (Lusíadas)                     |
| 21h30m | <b>MEDICINA NUCLEAR</b><br>Aspetos práticos da Proteção<br>Radiológica na prática clínica<br>Suzana Valente (Lusíadas)            | <b>RADIOLOGIA</b><br>Certificação EUSOMA<br>Rita Grazina (CUF)  |
| 21h45m | <b>Momento Indústria</b><br>Revolution Ascend   | <b>Momento Indústria</b><br>Say Hi to Tech AI<br>SIEMENS<br>Healthineers  |
| 22h15m | <b>MEDICINA NUCLEAR</b><br>As novas abordagens da MN<br>em Oncologia<br>Selma Moreira (IPO Porto)                                 | <b>RADIOTERAPIA</b><br>O escalonamento de dose em<br>Radioterapia<br>Nuno Pimental (F. Champalimaud)                      |
| 22h30m | <b>MELHOR PÓSTER XIX CNATARP</b><br>O circuito do Doente com<br>aneurisma aórtico em ruptura<br>C. Gonzalez & F. Nogueira (CHULN) | <b>MELHOR COM. ORAL XIX CNATARP</b><br>RM s/ anestesia nas crianças<br>– a influência da comunicação<br>C. Castro (CHUSJ) |

No seguimento do sucesso do **XIX CNATARP**, e com base numa sondagem realizada, a Direção Nacional da ATARP organizou nos dias 25 e 27 de janeiro o evento online **HIGHLIGHTS FROM CNATARP**, onde abordou temas das três áreas profissionais que representa, assim como contou com a presença da indústria.

A **ATARP** aposta na formação contínua dos seus associados e todos os profissionais das tecnologias da saúde, com enfoque na área das radiações, promovendo a oportunidade a todos em assistir a alguns temas de relevo apresentados no XIX CNATARP.



## Formação Fibroscan®: Parceria ATARP - Ecodanusa



No dia 5 de março, a **ATARP** em parceria com a **Ecodanusa**, realizou uma ação de formação subordinada ao **Fibroscan®**.

Os participantes tiveram, na sua grande maioria, um primeiro contacto com a tecnologia e as suas mais-valias, numa abordagem inicial e transversal às potencialidades do **Fibroscan®**, nas componentes teórica e prática.

O evento permitiu também a partilha de experiências e o debate de ideias que

poderão potenciar os conhecimentos e competências dos Técnicos de Radiologia ao serviço do Sistema de Saúde e dos Utentes.

A **ATARP** agradece a participação dos colegas, bem como o apoio da **Ecodanusa**, nesta iniciativa.

### Testemunho

*"A ATARP e a Ecodanusa proporcionaram uma experiência enriquecedora, com uma benéfica partilha de conhecimentos e perspectivas futuras da profissão. Aliado a um importante contributo na divulgação do Fibroscan enquanto modalidade diagnóstica na avaliação da Esteatose e Fibrose Hepática. A componente teórica da formação combinada com a participação ativa em formato hands-on permitiu conferir aos formandos uma realista percepção da execução da técnica."*

Raquel Reis  
Centro Hospitalar Universitário do Porto  
Centro Imagiológico de Diagnóstico e Intervenção



## Webinar: “Técnicos de radiologia à conversa sobre radiologia mamária”



No âmbito das atividades programadas do **Grupo de Trabalho de Radiologia Mamária da ATARP**, no dia 12 de março ocorreu uma conversa entre Técnicos de Radiologia sobre Radiologia Mamária.

O objetivo desta conversa informal e descontraída, online, possibilitou a partilha de experiências, dar a conhecer as diferentes dinâmicas de trabalho que existem a nível nacional, e aprender mais sobre esta área.

## Assembleia geral ATARP



Ao abrigo dos Estatutos e do Regulamento Interno da ATARP – Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia Radioterapia e Medicina Nuclear, a assembleia reuniu no dia 19 de março de 2022, com a seguinte ordem de trabalhos.

**1. Tomada de posse como elemento efetivo da Direção Nacional da 1º suplente da Direção Nacional;**

- 2. Apresentação e aprovação do Relatório de Contas 202;**
- 3. Apresentação e aprovação do Plano de Atividades 2022;**
- 4. Apresentação e aprovação do Orçamento 2022;**
- 5. Outros assuntos.**

Para mais informações consultar [www.atarp.pt](http://www.atarp.pt).

## Revisão do Catálogo Português de Medicina Nuclear



As diligências da **ATARP**, junto do **Centro de Terminologias Clínicas**, levaram a uma participação ativa na revisão do **Catálogo Português de Medicina Nuclear (CPMN)**, recentemente publicado.

### Catálogo Português de Medicina Nuclear

Este catálogo tem como objetivo estabelecer uma estrutura única e normalizada para o

registo dos exames no âmbito da medicina nuclear nas aplicações informáticas do Sistema de Saúde em Portugal, procedendo à correspondência entre os exames previstos nas Tabelas de Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica (Tabela de Medicina Nuclear do Anexo IV) da Tabela de Preços das Instituições e Serviços Integrados no Serviço Nacional de Saúde e a terminologia internacional adotada.

## Consulta Pública da alteração ao Decreto-Lei N.º 108/2018

A **ATARP** tem procurado estar em todos os momentos de discussão de matérias importantes para o desenvolvimento, reconhecimento e afirmação das profissões e seus profissionais, atuais e futuros.

Matérias com regulação profissional, atualização e reconhecimento de competências, combate ao exercício ilegal, entre outras, têm estado no centro da ação da ATARP, enquanto Associação Profissional mais representativa da área das Tecnologias da Saúde relativa à utilização de radiação ionizante para fins médicos.

No seguimento do papel ativo que a ATARP procura ter em todas as temáticas relacionadas com as áreas que representa, informamos que recentemente participamos na **consulta pública subordinada à Alteração ao Decreto-Lei n.º 108/2018, que estabelece o regime jurídico da proteção radiológica, bem como as atribuições da autoridade competente e da autoridade inspetiva para a proteção radiológica, em solicitação direta do Ministério do Ambiente e Ação Climática**, na qual os contributos da ATARP procuraram:

1. **Dinamizar a colaboração com Ministério do Ambiente e da Ação Climática, entre outros – enalteçamos que o preâmbulo da revisão refere o pedido de contributos à ATARP, à semelhança de outras entidades representativas de profissionais (nomeadamente Ordens Profissionais);**
2. **Reforçar a importância da formação base pré e pós-graduada dos profissionais;**
3. **Enaltecer o papel ativo na responsabilidade clínica;**
4. **Combater o exercício ilegal;**
5. **Criar um registo nacional de dose de exposição à radiação ionizante;**



**6.Acautelar a saúde pública, do utente/doente e dos profissionais;**

**7.Prevenir riscos, acidentes e más práticas.**

O documento final pode ser consultado em [www.atarp.pt](http://www.atarp.pt).

## **Consulta Pública do Projeto de Recomendação no âmbito dos Tempos Máximos de Resposta Garantidos (TMRG)**

A **ATARP** tem procurado estar em todos os momentos de discussão de matérias importantes para o desenvolvimento, reconhecimento e afirmação das profissões e seus profissionais, atuais e futuros.

Matérias com regulação profissional, atualização e reconhecimento de competências, combate ao exercício ilegal, entre outras, têm estado no centro da ação da ATARP, enquanto Associação Profissional mais representativa da área das Tecnologias da Saúde relativa à utilização de radiação ionizante para fins médicos.

No seguimento do papel ativo que a ATARP procura ter em todas as temáticas relacionadas com as áreas que representa, informamos que recentemente participamos na consulta pública subordinada ao **Projeto de Recomendação aos estabelecimentos prestadores de cuidados de saúde primários e hospitalares do SNS no âmbito dos Tempos Máximos de Resposta Garantidos (TMRG)**, em consulta pública lançada pela Entidade Reguladora da Saúde, na qual os contributos da ATARP assentaram em:

**1.Garantir a prestação dos cuidados de saúde, o melhor serviço possível, com profissionais habilitados e qualificados;**

**2.Combater o exercício ilegal;**

**3.Garantir a defesa da Saúde Pública;**

**4.Potenciar a capacidade instalada e conhecimentos/competências dos Técnicos de Medicina Nuclear, de Radiologia e de Radioterapia.**

O documento final pode ser consultado em [www.atarp.pt](http://www.atarp.pt).

# INSCREVA-SE COMO SÓCIO

A ATARP possui parcerias para promover diferentes vantagens aos seus associados.

Pode clicar num dos botões e será direcionado para a página web correspondente.

VANTAGENS DE SÓCIO

INSCRIÇÃO PARA SÓCIO



GE Healthcare



ACESSO A PLATAFORMA  
GE CARES



**CESPU**  
COOPERATIVA DE ENSINO  
SUPERIOR POLITÉCNICO  
E UNIVERSITÁRIO

**PREÇO PROMOCIONAL ASSOCIADO ATARP**

| ATARP – Seguro de Responsabilidade Civil Profissional<br>Técnicos Radiologia, Técnicos Radioterapia e Técnicos Medicina Nuclear |   |
|---|---|
| Preço Anual<br>28,31 €  | • 150.000 € - Proteção Jurídica<br>• 150.000 € - Responsabilidade Civil Profissional<br>• Subsidio Inibição profissional<br>• 150.000 € - Responsabilidade Civil Exploração |
| Preço Anual<br>30,23 €  | • 300.000 € - Proteção Jurídica<br>• 300.000 € - Responsabilidade Civil Profissional<br>• Subsidio Inibição profissional<br>• 300.000 € - Responsabilidade Civil Exploração |
| Preço Anual<br>43,37 €  | • 600.000 € - Proteção Jurídica<br>• 600.000 € - Responsabilidade Civil Profissional<br>• Subsidio Inibição profissional<br>• 600.000 € - Responsabilidade Civil Exploração |

**atarp**  
Associação Portuguesa  
dos Técnicos de Radiologia,  
Radioterapia e Medicina Nuclear

**Agência Catorze**  
Mediação Seguros Lda  
Fábio Marques - 914653251  
agenciaticatorze@gmail.com

Franquia 0  
à cargo do  
cliente





**RADIAÇÕES**  
**NÚMERO 08**  
**JANEIRO – ABRIL 2022**

---

**EDIÇÃO E PROPRIEDADE / Edition and Property**

ATARP – Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia,  
Radioterapia e Medicina Nuclear  
Torre Arnado  
Rua João de Ruão, 12  
3000-229 Coimbra  
revistaradiacoes@atarp.pt  
[www.atarp.pt](http://www.atarp.pt)

**EDITOR CHEFE / Editor-in-Chief**  
Edgar Lemos Pereira

**EDITORA ADJUNTA / Assistant Editor**  
Cláudia Lopes Coelho

**COORDENAÇÃO EDITORIAL / Editorial Board**

Altino Cunha  
Ana Geão  
Cátia Cunha  
Cláudia Coelho  
Edgar Pereira  
Joana Madureira  
Liliana Veiga

Lisa Olo  
Luís Domingos  
Maria João Rosa  
Rafaela Guisantes  
Rute Santos  
Selma Moreira  
Serafim Pinto

**PROJETO GRÁFICO**  
Levina Sá

**PERIODICIDADE**  
Quadrimestral  
ISSN N.º 2184-769X

---



