



Ministério da Saúde
Instituto Nacional de Câncer
Coordenação de Ensino/Área de Ensino Técnico
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio
Curso de Educação Profissional Técnica de
Nível Médio Especialização em Radioterapia



SAMANTHA DOS SANTOS TEIXEIRA

O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE IMAGEM PARA RADIOTERAPIA
ESTEREOTÁXICA CORPORAL PULMÃO

Rio de Janeiro

2026

SAMANTHA DOS SANTOS TEIXEIRA

**O processo de aquisição de imagem para radioterapia
estereotáxica corporal de pulmão**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Nacional de Câncer
em convênio com a Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio como requisito
parcial para a conclusão do Curso de
Educação Profissional Técnica de Nível
Médio Especialização em Radioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Peres da
Silva

Coorientador: Anderson Senna Miranda

Rio de Janeiro

2026

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INCA/COENS/SEITEC/NSIB
Elaborado pela bibliotecária Izani Saldanha – CRB7 5372

T266p Teixeira, Samantha dos Santos.

O processo de aquisição de imagem para radioterapia estereotáxica corporal pulmão /
Samantha dos Santos Teixeira. – 2026.
36 f.: il. color.

Orientador: Leonardo Peres da Silva

Coorientador: Anderson Senna Miranda.

Trabalho de conclusão de curso (Nível Médio) – Instituto Nacional de Câncer, Escola
Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz, Curso de Educação Profissional Técnica de
Nível Médio Especialização em Radioterapia, Rio de Janeiro, 2026.

1. Neoplasia pulmonar. 2. Tomografia computadorizada quadridimensional. 3.
Radiocirurgia. I. Silva, Leonardo Peres da. II. Miranda Anderson Senna. III. Instituto Nacional
de Câncer (Brasil). IV. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. V. Título.

CDD 616.99424

SAMANTHA DOS SANTOS TEIXEIRA

**O processo de aquisição de imagem para radioterapia estereotáxica corporal
de pulmão**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Nacional de Câncer
em convênio com a Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio como requisito
parcial para a conclusão do Curso de
Educação Profissional Técnica de Nível
Médio Especialização em Radioterapia.

Avaliado em: 24/02/2026

Banca examinadora:

Prof. Dr. Leonardo Peres da Silva
Instituto Nacional de Câncer

Prof^a M.a Flávia Ventura dos Passos
Instituto Nacional de Câncer

Prof^a Esp. Cátia de Fátima Benevides
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

Rio de Janeiro

2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, ao meu esposo, à minha mãe e ao meu filho, por serem minha base, força e motivação em toda essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que em nenhum momento me desamparou mesmo diante dos problemas, desafios, incertezas e limitações enfrentadas ao longo desta trajetória. Foi Ele quem sustentou minhas forças, renovou minha fé nos momentos de cansaço e me permitiu alcançar cada conquista com perseverança e esperança.

Como está escrito em Isaías 41:10: “Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça”. Por isso, expresso minha eterna gratidão a Deus por cada aprendizado, por cada vitória e por nunca me abandonar ao longo da vida e dessa jornada acadêmica.

Agradeço profundamente ao meu esposo Akio Uchiya, um grande impulsionador e encorajador, e à minha mãe Sandra dos Santos, que estiveram ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada, sendo minhas redes de apoio e incentivo. Foram eles que, com amor e dedicação, fizeram o possível e até o impossível para que eu pudesse me dedicar de forma integral às atividades teóricas e práticas deste curso.

Em todos os momentos que precisei, assumiram com carinho os cuidados com meu filho Gael, permitindo que eu seguisse firme nesse ciclo de estudos. Sem esse suporte constante, não teria sido possível concluir essa especialização. O apoio do meu esposo e de minha mãe foi meu alicerce, obrigada por não soltarem a minha mão. Amo todos vocês.

Da mesma forma, agradeço com imensa gratidão à minha cunhada Camila Braga de Sant’Anna, mulher inspiradora e profissional admirável que desde o momento em que nos conhecemos tem sido uma grande amiga, conselheira e uma constante fonte de incentivo. Em um momento da minha vida marcado por incertezas e dúvidas sobre qual caminho seguir, foi ela com sua generosidade que me apresentou à radioterapia, e com isso despertou em mim um grande interesse que se transformou em amor e propósito. Seu apoio constante, suas palavras de incentivo e sua confiança foram fundamentais para que eu acreditasse em mim mesma e seguisse esse caminho com determinação.

Ainda nesse percurso, agradeço à preceptora Flávia, sempre atenciosa, gentil e disponível, pela disposição constante em orientar, ajudar e acolher ao longo do curso. Sua postura sensível e seu cuidado fizeram toda a diferença nesse processo de aprendizado.

Às professoras Fadia Pacheco, Izani Saldanha e Patricia Gross, profissionais incríveis, que marcaram minha formação nesse curso de especialização não apenas pelos ensinamentos transmitidos, mas também pelo acolhimento, sensibilidade e incentivo. Cada orientação, cada palavra de motivação e cada gesto de cuidado foram fundamentais para o meu crescimento ao longo dessa caminhada.

Ao meu orientador professor Leonardo Peres, e coorientador professor Anderson Senna, que estiveram presentes em cada etapa da construção do projeto e deste trabalho de conclusão de curso, sempre com disponibilidade e apoio constantes. Suas orientações e contribuições foram muito importantes para que este trabalho se concretizasse. Estendo meus agradecimentos ao técnico Nelson Alves Junior que com generosidade e prontidão, colaborou com esclarecimentos importantes para este trabalho.

Por fim, agradeço a todos os técnicos do setor de radioterapia do INCA, em especial aos técnicos Kenji Uchiya, Luis Fernando, Liliane Buscácio, Telma Silveira e Juliana Cunha, pela receptividade, disponibilidade e, sobretudo, pelos ensinamentos compartilhados durante a prática do curso. Cada orientação, demonstração no dia a dia e cada momento de troca de experiências contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado, agregando conhecimento técnico e segurança para minha formação profissional. O apoio constante e a disposição em ensinar foram importantes para o meu crescimento ao longo dessa trajetória.

Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele,
e o mais ele fará.

Salmos 37,5

RESUMO

TEIXEIRA, Samantha dos Santos. **O processo de aquisição de imagem para radioterapia estereotáxica corporal de pulmão**. Orientadores: Leonardo Peres da Silva e Anderson Senna Miranda. 2026. 36f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Radioterapia) – Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2026.

Introdução: O câncer de pulmão configura-se como uma das principais causas de mortalidade por neoplasias no mundo e no Brasil, apresentando uma elevada incidência. Nesse contexto a radioterapia estereotáxica corporal (SBRT) é indicada como modalidade de tratamento, especialmente em casos de lesões inoperáveis e se destaca pela alta precisão e eficácia em tumores localizados. Entretanto a movimentação respiratória representa um dos maiores desafios para a eficácia desse tratamento. Diante disso, a tomografia computadorizada quadridimensional (TC4D) associada ao monitoramento respiratório tem sido amplamente utilizada no planejamento, permitindo a avaliação do movimento do tumor em diferentes fases da respiração e a definição do volume alvo interno (ITV), especialmente por meio da reconstrução por projeção de intensidade máxima (MIP). **Objetivo:** Analisar o papel do técnico em radioterapia no processo de aquisição da tomografia computadorizada quadridimensional (TC4D) com o intuito de minimizar erros na reconstrução da imagem com projeção de intensidade máxima (MIP), no contexto da SBRT de pulmão. **Metodologia:** O presente trabalho constitui de uma revisão narrativa e descritiva da literatura, foi realizado um mapeamento de termos utilizando Descritores em Ciências da Saúde e *Medical Subject Headings* e termos livres, com levantamento de dados por meio das bases *Public updated biomedical medical electronic*, Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde e o Ninho: Repositório Institucional de câncer, Instituto Nacional de Câncer. **Considerações finais:** Observou-se que a qualidade da TC4D está diretamente relacionada à regularidade das curvas respiratórias, as quais orientam a correta associação das imagens às fases do ciclo respiratório e influenciam a confiabilidade das reconstruções MIP e average. Curvas respiratórias regulares favorecem a geração de imagens mais fidedignas, enquanto padrões irregulares podem resultar em artefatos e incertezas na definição dos volumes alvo. Nesse cenário, o técnico em radioterapia mostrou-se essencial em todas as etapas do processo, desde a orientação, escolha e aplicação dos acessórios de imobilização, posicionamento do paciente e monitoramento respiratório, até a avaliação das imagens reconstruídas. Conclui-se que a atuação qualificada do técnico em radioterapia é determinante para a qualidade da aquisição da TC4D, para a precisão do delineamento do ITV e para a segurança e efetividade da SBRT pulmonar.

Palavras-chave: tomografia computadorizada 4d; radioterapia estereotáxica corpórea; neoplasia pulmonar.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Samantha dos Santos. **The image acquisition process for stereotactic body radiotherapy of the lung**. Advisors: Leonardo Peres da Silva and Anderson Senna Miranda. 2026. 36 pages. Course conclusion paper (Specialization in Radiotherapy) – National Cancer Institute, Rio de Janeiro, 2026.

Introduction: Lung cancer is one of the leading causes of cancer-related mortality worldwide and in Brazil, presenting a high incidence. In this context, stereotactic body radiotherapy (SBRT) is indicated as a treatment modality, especially in cases of inoperable lesions, and stands out for its high precision and effectiveness in localized tumors. However, respiratory motion represents one of the greatest challenges to the effectiveness of this treatment. Therefore, four-dimensional computed tomography (4DCT) associated with respiratory monitoring has been widely used in treatment planning, allowing the assessment of tumor motion during different phases of respiration and the definition of the internal target volume (ITV), especially through maximum intensity projection (MIP) reconstruction. **Objective:** To analyze the role of the radiotherapy technologist in the process of four-dimensional computed tomography (4DCT) image acquisition in order to minimize errors in maximum intensity projection (MIP) image reconstruction in the context of lung SBRT. **Methodology:** This study consists of a narrative and descriptive literature review. A mapping of terms was carried out using Health Sciences Descriptors and Medical Subject Headings, as well as free terms, with data collection performed through the Public Updated Biomedical Medical Electronic database, the Regional Portal of the Virtual Health Library, and Ninho: Institutional Cancer Repository of the National Cancer Institute. **Final considerations:** It was observed that the quality of 4DCT is directly related to the regularity of respiratory curves, which guide the correct association of images with the phases of the respiratory cycle and influence the reliability of MIP and average reconstructions. Regular respiratory curves favor the generation of more reliable images, whereas irregular patterns may result in artifacts and uncertainties in target volume definition. In this scenario, the radiotherapy technologist proved to be essential at all stages of the process, from patient guidance, selection and application of immobilization devices, patient positioning, and respiratory monitoring, to the evaluation of reconstructed images. It is concluded that the qualified performance of the radiotherapy technologist is decisive for the quality of 4DCT acquisition, for the accuracy of ITV delineation, and for the safety and effectiveness of lung SBRT.

Keywords: four-dimensional computed tomography; stereotactic body radiotherapy; lung neoplasm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição dos dez tipos de câncer incidentes estimados 2023.....	19
Figura 2 - Dispositivo de monitoramento respiratório <i>RPM</i> da <i>Varian</i>	21
Figura 3 - Curva de uma respiração estável em forma de gráfico com ondas.....	21
Figura 4 - Tomografia de tórax com reconstrução em AVG.....	23
Figura 5 - Tomografia de tórax com reconstrução em MIP.....	23
Figura 6 - Ilustração da técnica de obtenção de TC4D.....	24
Figura 7 - Curvas respiratórias irregulares.....	25
Figura 8 - Artefatos dificultando identificação do volume alvo.....	26
Figura 9 - Tumor em relação à posição dos braços.....	28
Figura 10 - Acessórios de imobilização <i>wingboard</i> e suporte de joelhos.....	28
Figura 11 - Posicionamento e alinhamento no tomógrafo.....	29
Figura 12 - Perda de contraste em algumas estruturas.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Mapeamento de dados.....	17
Quadro 2 -	Buscas nas bases de dados.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AIP	Reconstrução por intensidade média
A-P	Anterior-posterior
AVG	<i>Average</i>
BVS	Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde
CBCT	Tomografia de feixe cônico
CPNPC	Carcinoma de não pequenas células
Decs	Descritores em Ciências da Saúde
Globocan	<i>Global Cancer Observatory</i>
GTV	Volume Tumoral Bruto
IDH	Índice de desenvolvimento humano
INCA	Instituto Nacional de Câncer
ITV	Volume alvo interno
L-L	Latero-lateral
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
MIP	Projeção de intensidade máxima
PTV	Volume alvo de planejamento
PubMed	<i>Public Updated Biomedical Medical Electronic</i>
Rayyan	<i>AI-Powered Systematic Review Management Platform</i>
RPM	<i>Real-time position management</i>
SBRT	Radioterapia estereotóxica corporal
S-I	Superior-inferior
TC4D	Tomografia computadorizada quadridimensional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo geral.....	15
1.2	Objetivos específicos.....	15
1.3	Metodologia.....	16
2	DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1	Descrever a abordagem da tomografia computadorizada 4d e reconstrução por projeção de intensidade máxima no planejamento da radioterapia estereotáxica corporal de pulmão.....	20
2.1.1	Curvas respiratórias.....	24
2.2	Destacar a importância do papel do técnico para minimizar possíveis falhas neste processo.....	27
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O câncer de pulmão ocupa atualmente o segundo lugar entre os tipos de câncer mais diagnosticados no mundo, com 2,2 milhões de novos casos registrados, isso corresponde a 11,4% de todos os tipos de câncer. Quando se observa a distribuição por sexos, entre os homens essa neoplasia é a mais frequente, enquanto entre as mulheres é a terceira mais comum (Ferlay *et al.*, 2020; Sung *et al.*, 2021 *apud Inca*, 2022, p. 43).

No Brasil, essa neoplasia é a quarta mais prevalente. A Região Sul apresenta taxas elevadas de incidência em ambos os gêneros, sendo o carcinoma pulmonar o segundo mais comum entre os homens (Inca, 2022).

A neoplasia pulmonar em sua grande maioria é indicação para a radioterapia, devido à alta incidência e letalidade associadas. O tipo mais comum é o carcinoma de não pequenas células (CPNPC), geralmente diagnosticado em estágios avançados, onde a cirúrgica não é uma opção viável para alguns pacientes. Nesses casos, a radioterapia torna-se uma alternativa essencial, especialmente quando combinadas com outras estratégias terapêuticas (Huang *et al.*, 2024).

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (2023), a radioterapia é uma das modalidades de tratamento mais eficazes e usadas contra o câncer, utilizando radiação ionizante para destruir ou impedir a multiplicação de células tumorais, ao mesmo tempo em que visa preservar os tecidos saudáveis adjacentes. Esse tratamento evoluiu significativamente nas últimas décadas, impulsionado por avanços tecnológicos de imagem, sistemas de planejamento e equipamentos de tratamento, como os aceleradores lineares.

Nesse contexto, a radioterapia estereotáxica corporal (SBRT) surgiu como uma opção eficaz para tratar tumores pulmonares localizados, especialmente em pacientes inoperáveis ou com oligometástases. Comparada à radioterapia convencional fracionada, a SBRT permite administrar doses altas de radiação e hipofracionadas, oferecendo elevado controle local em menor tempo de tratamento. Entretanto, sua eficácia depende diretamente da precisão no planejamento e na redução dos efeitos do movimento respiratório sobre a posição do tumor (Qi *et al.*, 2021).

Para responder a essa necessidade, a tomografia computadorizada quadridimensional (TC4D) é amplamente recomendada para o planejamento da

SBRT pulmonar pois incorpora a dimensão temporal à imagem, além de fornecer várias imagens da mesma região anatômica em diferentes fases da respiração, com o objetivo de gerar uma margem de movimento da lesão, conhecida como volume-alvo interno (ITV), a partir de uma reconstrução de projeção de intensidade máxima (MIP). A movimentação tumoral varia conforme sua localização anatômica, sendo mais acentuado em tumores localizados nos lobos inferiores, devido a influência do movimento diafragmático (Trémolières *et al.*, 2022).

Contudo, possíveis erros na fase de aquisição de imagem, tais como: um padrão respiratório inadequado, o uso incorreto do compressor abdominal ou uma reconstrução MIP de forma imprecisa, pode resultar na irradiação de tecido sadio com uma dose elevada ou uma subdosagem no tumor. Neste cenário, quais profissionais ajudariam a minimizar esses possíveis erros? O técnico de radioterapia surge como profissional de relevância nesse contexto.

Diante disso, faz-se necessário estabelecer a seguinte pergunta: Qual o papel do técnico em radioterapia no processo de aquisição de imagem da TC4D para minimizar erros na geração da imagem reconstruída com projeção de intensidade máxima (MIP)?

1.1 Objetivo geral

Analisar o papel do técnico em radioterapia no processo de aquisição da tomografia computadorizada quadridimensional (TC4D) para definição do volume alvo interno (ITV), com o intuito de minimizar erros na reconstrução da imagem com projeção de intensidade máxima (MIP), no contexto da SBRT de pulmão.

1.2 Objetivos específicos

- Descrever a abordagem da tomografia computadorizada quadridimensional (TC4D) e reconstrução por projeção de intensidade máxima (MIP) nos planejamentos de SBRT de pulmão.
- Destacar a importância do papel do técnico para minimizar possíveis falhas neste processo.

1.3 Metodologia

Este trabalho é uma revisão narrativa e descritiva da literatura. Para fundamentar essa pesquisa foi realizado um mapeamento dos termos que estão relacionados à temática, utilizando o Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH) e termos livres com o uso dos operadores booleanos **AND** e **OR**, nos idiomas português e inglês a fim de garantir a padronização terminológica, com aplicação em chave de busca nas bases de dados como o Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *Public Updated Biomedical Medical Electronic (PubMed)* em um período de 2020 a 2025, com textos completos e gratuitos, como mostra os quadros 1 e 2.

Para a realização de organização e triagem dos artigos selecionados, utilizou-se a plataforma *AI-Powered Systematic Review Management Platform (Rayyan)* como uma ferramenta de apoio. Durante o processo de triagem, foram analisados um total de 99 artigos exportados da BVS para a plataforma, 96 artigos exportados da *PubMed* e mais 46 artigos da BVS sobre câncer de pulmão e radioterapia conformacional, dos quais 04 foram selecionados para o desenvolvimento deste trabalho.

Além das bases mencionadas, antes do início do projeto para a qualificação que se tornou trabalho de revisão, foram realizadas buscas no site Google acadêmico, no qual foi encontrada e utilizada uma tese de doutorado pertinente ao tema.

Adicionalmente, foram consideradas informações disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Câncer (Inca) e no Ninho Repositório Institucional do mesmo órgão, no qual foram utilizados 04 trabalhos de conclusão de curso. Busca livre para complementar a pesquisa através do suporte do site *Perplexity* que é um mecanismo de busca baseado em inteligência artificial, do qual foi localizado 01 trabalhos de conclusão de curso do Inca, 01 artigo remetido a *Pubmed* e 02 artigos que foram redirecionado para a Revista Brasileira de Física Médica (RBFM). Também foi empregado o uso do *ChatGPT(OpenAI)* como ferramenta de apoio em semântica, coerência e coesão dos conteúdos apresentados.

Os livros *Radioterapia em Oncologia*, dos autores Salvajoli, Souhami e Faria (2013) e *Stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiation therapy* (2015) também foram utilizados nesta pesquisa. Com isso, este trabalho compreende o

período total de 13 anos (2013 a 2026), sendo proveitoso o uso de 17 referências para construção neste trabalho de conclusão de curso.

Quadro 1 – Mapeamento de Dados

O processo de aquisição de dados para SBRT de pulmão	
DeCS	("Tomografia Computadorizada Quadridimensional" OR "TC-4D" OR "Tomografia Computadorizada 4D" OR "Tomografia Computadorizada Quadrimensional" OR "Tomografia Computadorizada Tetradimensional" OR "Projeção de intensidade máxima") AND ("Radiocirurgia" OR "Radiação Estereotática" OR "Radiocirurgia com CyberKnife" OR "Radiocirurgia Estereotática" OR "Radiocirurgia Estereotática" OR "Radiocirurgia Estereotática" OR "Radiocirurgia LINAC" OR "Radiocirurgia com Acelerador Linear" OR "Radioterapia Estereotática" OR "Radioterapia Estereotática" OR "Radioterapia Estereotática" OR "Radioterapia Estereotática Corpórea" OR "SBRT") AND fulltext:("1") AND (year_cluster:[2020 TO 2025]) AND instance:"regional" "Câncer de Pulmão" OR "Câncer do Pulmão" OR "Câncer Pulmonar" OR "Neoplasia Pulmonar") AND ("Câncer Pulmonar de Células não Pequenas" OR "Carcinoma de Pulmão de Células não Pequenas" OR "Carcinoma de Pulmão de não Pequenas Células" OR "Carcinoma Pulmonar de não Pequenas Células") AND ("Radioterapia Conformacional 3-D" OR "Radioterapia Conformacional Tridimensional" OR "Radioterapia Conformada 3D" OR "Radioterapia Conformada Tridimensional") AND fulltext:("1") AND (year_cluster:[2020 TO 2025]) AND instance:"regional"
MeSH	("Four-Dimensional Computed Tomography"[mh] OR "Four-Dimensional Computed Tomography"[tiab] OR "4D CAT Scan"[tiab] OR "4D CT"[tiab] OR "4D CT Scan"[tiab] OR "4D Computed Tomography"[tiab] OR "Four-Dimensional CAT Scan"[tiab] OR "Four-Dimensional CT"[tiab] OR "Four-Dimensional CT Scan"[tiab] OR "Maximum intensity projection"[tiab]) AND ("Radiosurgery"[mh] OR "Radiosurgery"[tiab] OR "CyberKnife Radiosurgery"[tiab] OR "LINAC Radiosurgery"[tiab] OR "Linear Accelerator Radiosurgery"[tiab] OR "Stereotactic Body Radiotherapy"[tiab] OR "Stereotactic Radiation"[tiab] OR "Stereotactic Radiation Therapy"[tiab] OR "Stereotactic Radiosurgery"[tiab] OR "SBRT"[tiab]) Filters: in the last 5 years, Free full text
Termos Livres	Projeção de intensidade máxima, SBRT

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Quadro 2 – Busca nas bases de dados

Portal Regional da Biblioteca Virtual em Saúde		
#1 Resultado em 5 anos = 99		
Pesquisa realizada em: 06/06/2025 português		
#2 Resultado em 5 anos = 46		
Pesquisa realizada em: 19/06/2025		
PubMed		
Query	Search	Results
#1	Inglês em 5 anos	96
Pesquisa realizada em: 06/06/2025		

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

2 DESENVOLVIMENTO

O câncer de pulmão representa uma das principais causas de morte por neoplasias a nível mundial, conforme as estimativas do *Global Cancer Observatory (Globocan)* em 2020 foram registrados em torno de 2,2 milhões (11,4%) de casos novos da doença, 1,4 milhões em indivíduos do sexo masculino e 771 mil do sexo feminino, que equivale a um risco aproximado de 31,50 casos a cada 100 mil homens e 14,60 para cada 100 mil mulheres, tornando-se o segundo tipo mais incidente globalmente, sendo superado apenas pelo câncer de mama (Ferlay *et al.*, 2021; Sung *et al.*, 2021 *apud* Inca, 2022, p. 43).

Essa neoplasia tem maior incidência em homens, com variações entre diferentes regiões do mundo nos países de maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Sung *et al.*, 2021 *apud* Inca, 2022, p. 30).

Conforme Inca (2022), no Brasil o câncer de pulmão é a quarta neoplasia mais comum tirando o câncer de pele não melanoma, estima-se 32.560 casos novos para o triênio 2023–2025, 18.020 casos acometem homens e 14.540 mulheres, o que equivale cerca de 17,06 casos novos por 100 mil homens e 13,15 por 100 mil mulheres. Apesar dos avanços tecnológicos no diagnóstico e tratamento, a mortalidade permanece elevada, especialmente devido ao diagnóstico tardio e a fatores associados, como o tabagismo, dentre outros.

Figura 1 – Distribuição dos dez tipos de câncer incidentes estimados 2023.

Distribuição proporcional dos dez tipos de câncer mais incidentes estimados para 2023 por sexo, exceto pele não melanoma*							
Homens			Mulheres				
Localização Primária	Casos	%			Localização Primária	Casos	%
Próstata	8.640	20,4%			Mama feminina	11.230	27,8%
Traqueia, brônquio e pulmão	4.760	11,3%			Cólon e reto	4.090	10,1%
Cólon e reto	4.060	9,6%			Traqueia, brônquio e pulmão	3.300	8,2%
Estômago	2.260	5,3%			Colo do útero	2.290	5,7%
Esôfago	1.990	4,7%			Estômago	1.330	3,3%
Cavidade oral	1.590	3,8%			Pâncreas	1.230	3,0%
Bexiga	1.580	3,7%			Pele melanoma	1.160	2,9%
Linfoma não Hodgkin	1.490	3,5%			Linfoma não Hodgkin	1.130	2,8%
Fígado	1.410	3,3%			Sistema nervoso central	1.120	2,8%
Sistema nervoso central	1.290	3,1%			Leucemias	1.090	2,7%

*Números arredondados para múltiplos de 10.

*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fonte: Inca, 2022.

A Região Sul apresenta as taxas mais elevadas, tanto para homens quanto para mulheres. No seguimento masculino, conforme mostra na Figura 1, o câncer de

pulmão ocupa a segunda posição, e no seguimento feminino ocupa o terceiro lugar (Inca, 2022). O destaque dessa região pode estar relacionada aos hábitos ao longo da vida e ao comportamento, já que o Sul do Brasil, que recebeu imigração europeia, possui características próprias. Sendo uma das regiões mais desenvolvidas do país, seu perfil é semelhante ao dos países do leste Europeu no quesito prevalência do tabagismo (Inca, 2022).

2.1 Descrever a abordagem da tomografia computadorizada quadridimensional e reconstrução por projeção de intensidade máxima no planejamento da radioterapia estereotáxica corporal pulmonar

A conduta em relação ao movimento respiratório é um aspecto fundamental na radioterapia, especialmente no tratamento de tumores na região torácica, como o câncer de pulmão, por ser desafiador a movimentação da lesão ocasionada pela respiração (Novais; Chiara; Rodrigues, 2018).

Nesse cenário, a TC4D associada à monitorização respiratória é amplamente utilizada no planejamento da SBRT de pulmão, essa técnica permite capturar a movimentação do tumor e dos órgãos adjacentes ao longo do ciclo respiratório, fornecendo imagens agrupadas por fases respiratórias. A partir desse conjunto de dados, são realizadas reconstruções específicas que contribuem diretamente para o delineamento preciso do ITV (Vieiralves, 2018).

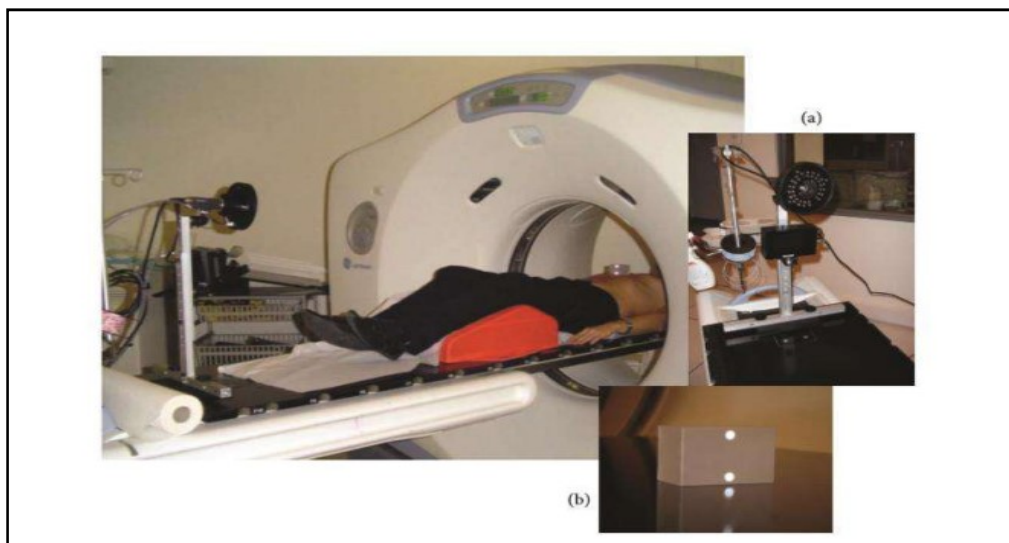
De acordo com Teixeira (2018), a técnica da TC4D contribui para assegurar a entrega eficaz da dose de radiação ao ITV, incluindo o volume alvo de planejamento (PTV), com o intuito minimizar danos nos tecidos adjacentes durante o ciclo respiratório.

Dentro desse contexto, as tomografias destinadas ao planejamento dos tratamentos radioterápicos são realizadas em tomógrafos *Big Bore* próprios para radioterapia, os quais dispõem de uma mesa plana e abertura do “gantry” de até 85 cm de diâmetro. Essas características facilitam o posicionamento adequado do paciente e a utilização dos acessórios necessários para cada sítio de tratamento (Souza, 2022).

Para viabilizar aquisição do sinal respiratório, são empregados dispositivos para monitorar o movimento respiratório do paciente. Um dos sistemas frequentemente utilizados é o *Real-Time Position Management (RPM)* da *Varian*,

conforme Figura 2, que utiliza uma pequena caixa plástica com marcadores que refletem luz infravermelha geralmente posicionada sobre a região torácica ou abdominal. Esses marcadores refletem a luz infravermelha emitida por uma câmera, permitindo o sistema gerar a curva de respiração, conforme mostra a figura 3 (Glide-Hurst *et al.*, 2013).

Figura 2 – Dispositivo de monitoramento respiratório *RPM* da *Varian*.

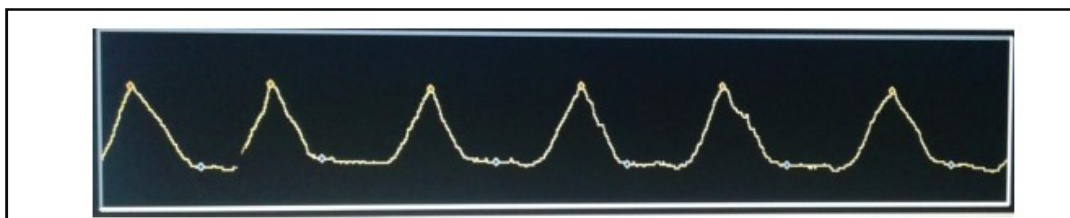


Fonte: Teixeira, 2018.

Legenda: (a) câmera infravermelha, (b) caixa reflexiva.

Segundo Teixeira (2018), a câmera registra o movimento da caixa durante a respiração em tempo real, e transmite os dados em forma de vídeo para o computador, onde o software *RPM* converte o padrão respiratório em forma de gráfico com ondas, conforme figura 3.

Figura 3 – Curva de uma respiração estável em forma de gráfico com ondas.



Fonte: Santana, 2018.

Além do sistema citado, outro dispositivo de monitoramento é o Fole, também conhecido como *bellows* por outros profissionais, ele está vinculado a alguns modelos de tomógrafo da *Phillips Medical Systems*. Trata-se de uma cinta de

borracha que se expande e retrai conforme a respiração do paciente, convertendo as variações de pressão em sinais elétricos por meio de um transdutor, que é então digitalizado e enviado para o console do tomógrafo (Glide-Hurst *et al.*, 2013).

Nesse processo, a TC4D conforme (Teixeira, 2018, p.29): “necessita da informação de tempo da fase final da inspiração para guiar a reconstrução da imagem no modo helicoidal ou para correlacionar a imagem no modo cine”. Por isso, se faz necessário o uso dos dispositivos de monitoração de movimento respiratório para a execução do procedimento.

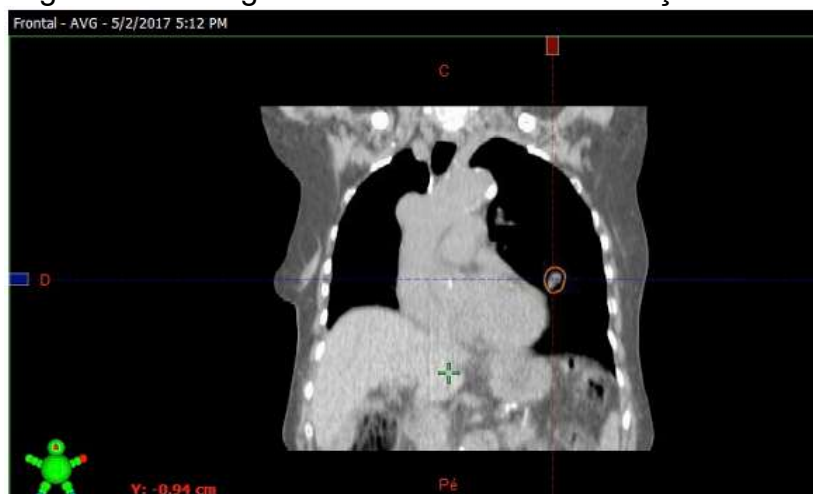
No que se refere à variação da amplitude de movimentação de lesão, a direção superior-inferior (S-I), é considerada a mais relevante na avaliação respiratória, pois influencia diretamente na definição do ITV quando comparada às direções anterior-posterior (A-P) e latero-lateral (L-L). Essa direção de deslocamento contribui para o aumento de volume pulmonar irradiado, sendo um fator crítico no planejamento do tratamento (Novais; Chiara; Rodrigues, 2018).

Vieirals (2018), explica que após todo o processo de aquisição da TC4D, que compreende desde a escolha dos acessórios de imobilização do paciente até o uso correto do *RPM* ou da cinta de monitoramento respiratório, é realizada a reconstrução das imagens em dois tipos distintos.

A reconstrução por MIP que faz uma projeção dos pixels da imagem que receberam maior intensidade. Essa reconstrução é importante, pois ela representa toda a extensão do deslocamento tumoral durante a respiração, pois a lesão tem maior densidade do que o meio ao redor (Vieirals, 2018).

E por fim, a reconstrução por intensidade média (AIP), também conhecida por *average* (AVG), que oferece uma reconstrução com a média da intensidade que cada pixel de imagem recebeu. A figura 4 mostra uma imagem coronal de uma serie de reconstrução *average*. Esta modalidade de reconstrução é útil para a fusão da imagem da lesão no planejamento com a imagem da lesão realizada no acelerador linear através da tomografia de feixe cônico (CBCT) antes de iniciar o tratamento, para atingir um posicionamento mais preciso (Vieirals, 2018).

Figura 4 - Tomografia de tórax com reconstrução em AVG



Fonte: Dubeux, 2020

No contexto da SBRT pulmonar segundo Vieiralves (2018), a reconstrução em MIP é ideal e aplicada para gerar o ITV, refletindo a área total ocupada pelo tumor em função de sua movimentação respiratória, como mostra na figura 5. O uso dessa reconstrução visa garantir maior acurácia na definição dos volumes e reduzir a margem de erro na administração da dose prescrita.

Figura 5 – Tomografia de tórax com reconstrução em MIP



Fonte: Dubeux, 2020

De acordo com Dubeux (2020), essas duas reconstruções podem ser realizadas no tomógrafo ou no sistema de planejamento, um exemplo desse sistema seria o software conhecido como *Eclipse* da *Varian Medical Systems*, onde são realizados os contornos do volume alvo minimizando o tempo da equipe de

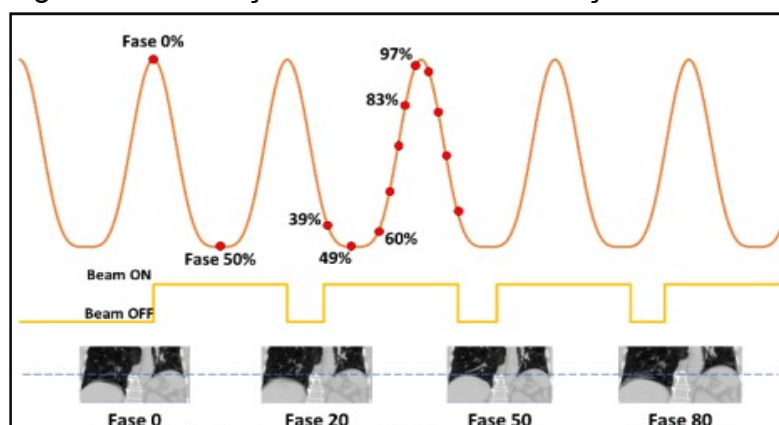
profissionais habilitados sem perder a eficiência, pois delinear todas as fases da TC4D e somar tudo para criar o ITV ocupa um bom tempo.

2.1.1 Curva Respiratória

As curvas respiratórias é o produto final da TC4D. Elas representam graficamente o movimento respiratório do paciente ao longo do tempo e servem como base para a correta associação das imagens às fases do ciclo respiratório. Hoje em dia, a análise da qualidade do sinal respiratório é baseada na observação visual de parâmetros como amplitude dos picos, amplitude dos vales (baseline), período dos ciclos respiratórios e variações pontuais (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

Conforme ilustrado na Figura 6, essa curva respiratória é composta por oscilações regulares que refletem os movimentos de inspiração e expiração, sendo seus pontos máximos e mínimos utilizados como referência para a reconstrução das imagens tomográficas (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

Figura 6 – Ilustração da técnica de obtenção de TC4D.



Fonte: Souza; Guimarães; Giglioli, 2021.

Ainda na figura 6, é observado que os picos da curva correspondem aos momentos de inspiração máxima, associados à fase 0% do ciclo respiratório, posição em que o pulmão está mais expandido e o tumor encontra-se mais superior dentro do tórax, enquanto os vales representam a expiração máxima, relacionada à fase 50% em que pulmão está mais relaxado e o tumor encontra-se na posição inferior (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

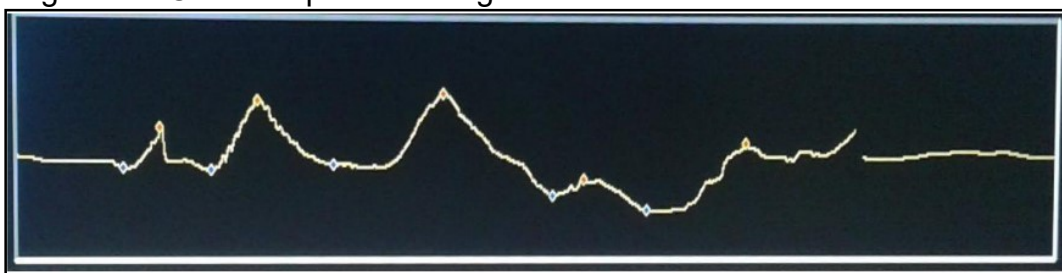
A partir desses pontos de referência, o ciclo respiratório completo é dividido em fases percentuais, geralmente de 0% a 90% em incrementos de 10%, cada porcentagem representa um intervalo do ciclo, permitindo que cada imagem adquirida seja corretamente atribuída a um momento específico da respiração (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

Dubeux (2020), cita que o Inca tem como rotina, o protocolo de ciclo respiratório dividido em 08 fases que corresponde de 0% a 87,5%, esses conjuntos de dados são distribuídos em intervalos de 12,5%.

A regularidade da curva respiratória, que se caracteriza pela repetição consistente dos picos e vales ao longo do tempo, é um fator importante para a qualidade da TC4D. Curvas com padrão respiratório regular têm amplitudes de picos semelhantes podendo ter pouquíssima variação, estabilidade do baseline expiratório e períodos respiratórios constantes, permitindo a reconstrução completa de todas as fases do ciclo. Nessas condições, a posição do tumor é representada de forma mais precisa em cada fase respiratória, reduzindo a ocorrência de artefatos e aumentando a confiabilidade do movimento tumoral (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

Por outro lado, curvas respiratórias irregulares, segundo Souza; Guimarães; Giglioli (2021), são caracterizadas por ter muitas variações na amplitude dos picos, instabilidade dos vales ou alterações no período respiratório, comprometendo significativamente a TC4D levando a suspensão do exame, como mostra a figura 7.

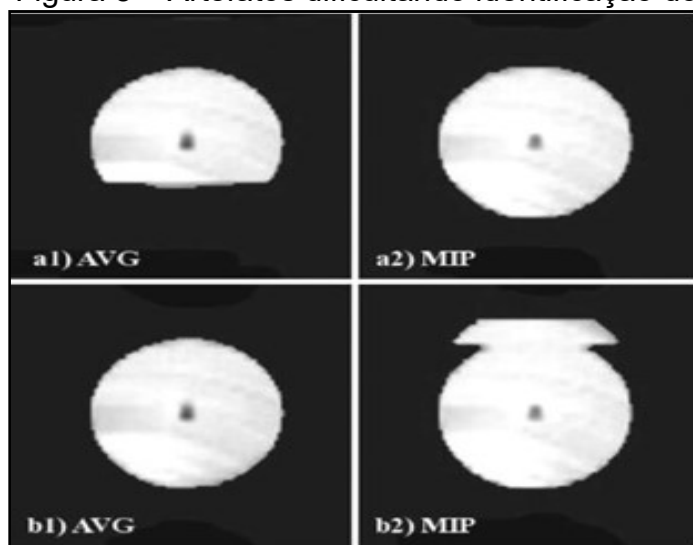
Figura 7 – Curva respiratória irregular



Fonte: Santana, 2018.

Souza; Guimarães; Giglioli (2021), explica que essas irregularidades respiratórias podem resultar em artefatos na imagem prejudicando a identificação do volume alvo, gerando incertezas quanto o aumento e a diminuição considerável do GTV (Volume tumoral bruto), conforme figura 8.

Figura 8 – Artefatos dificultando identificação do volume alvo.



Fonte: Souza; Guimarães; Giglioli, 2021.

Excessos de variações nas amplitudes de pico no decorrer da aquisição da imagem, podem ter como resultado uma alteração na velocidade do tumor, atribuindo artefatos em velocidades altas. E as grandes variações nas amplitudes dos vales podem ser decorrentes de uma inspiração diafragmática, relaxamento ou uma movimentação corporal do paciente (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

Souza; Guimarães; Giglioli (2021), mencionam mais um parâmetro do sinal respiratório, que são as variações pontuais e são determinadas por uma grande variação que compromete a imagem e ocorre perda total de ciclos respiratórios associados à tosse, respiração profunda ou prolongada relacionado ao adormecer do paciente.

Esses exemplos acarretam em artefatos expressivos podendo irradiar dois ciclos respiratórios sem movimentação minimizando o deslocamento do tumor comprometendo a reconstrução MIP e, consequentemente a criação do ITV, o que pode resultar em erros na entrega da dose. No contexto da SBRT de pulmão, a análise das curvas respiratórias assume uma importância ainda maior, e o técnico é o profissional juntamente com o físico médico mais qualificado para avaliar essas curvas (Souza; Guimarães; Giglioli, 2021).

2.2 A importância do papel do técnico para minimizar possíveis falhas neste processo.

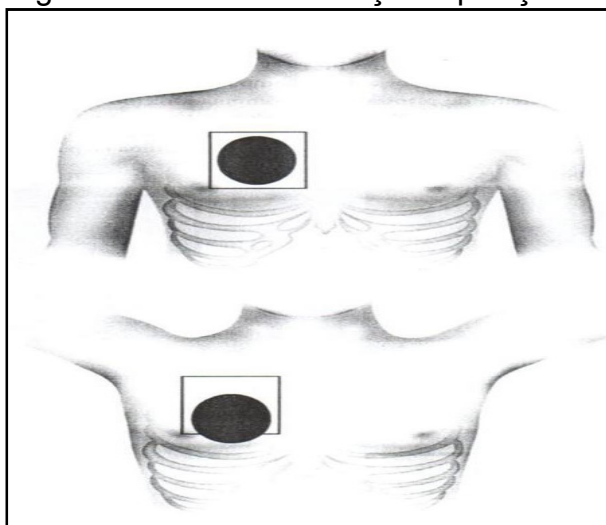
A etapa de simulação no setor de tomografia marca o contato inicial entre o paciente e o técnico em radioterapia. Nesse cenário, é importante estabelecer uma comunicação eficiente, de fácil compreensão, humanizada e adotar condutas que permitam identificar as demandas do paciente, em conformidade com as diretrizes do setor. Cada serviço possui protocolos específicos de segurança e aquisição de imagens (Souza, 2022).

Na TC4D de planejamento para os tratamentos de SBRT pulmonar, o técnico em radioterapia desempenha um papel fundamental de orientar o paciente de forma clara e humanizada, esclarecendo os procedimentos aos quais será submetido que vai desde o preparo até a etapa de reconstrução das imagens (Souza, 2022).

O exame tem início a partir do pedido médico e, como base nesse pedido, o profissional define os acessórios de imobilização de acordo com a localização do tumor, condições físicas e anatômicas do paciente (Salvajoli; Souhami; Faria, 2013).

Segundo Salvajoli; Souhami; Faria (2013), esses acessórios são cruciais tanto na etapa de simulação quanto para o tratamento, pois tem a finalidade de garantir a estabilidade e reprodutibilidade do posicionamento de forma adequada. Em tratamentos de SBRT que envolvem altas doses de radiação, é indispensável o uso de um sistema de imobilização eficiente, uma vez que a lesão apresenta um movimento respiratório e também pode variar a sua localização de acordo como o posicionamento, como na figura 9.

Figura 9 – Tumor em relação à posição dos braços.



Fonte: Salvajoli; Souhami; Faria, 2013.

Ainda dentro desse contexto segundo Santana (2018), o técnico realiza o posicionamento do paciente respeitando suas limitações de movimento, se houver, colocando-o em decúbito dorsal sobre o acessório previamente selecionado. Nesse procedimento é utilizado o imobilizador *wingboard*, que possui uma estrutura de fibra de carbono, radiotransparente, com várias posições para o apoio de cabeça e duas barras ajustáveis no qual o paciente deve se acomodar mantendo os membros superiores elevados. Essas barras permitem variação na amplitude de movimento dos braços, com o intuito de garantir maior estabilidade e conforto durante o exame é utilizado um suporte para os membros inferiores, chamado de suporte de joelhos posicionado na região posterior dos joelhos, conforme ilustrado na figura 10 e 11.

Figura 10 – Acessórios de imobilização *wingboard* e suporte de joelhos



Fonte: Souza, 2022.

Figura 11– Posicionamento e alinhamento no tomógrafo



Fonte: Elaborado pela autora com o auxílio do Gemini, 2025.

Após o posicionamento do paciente, é efetuado o alinhamento corporal com os lasers externos, sagital e coronal, cuja interseção deve ser localizada na região torácica por ser um planejamento de SBRT pulmonar, como mostra a figura 9, realizando a marcação externa na pele do paciente com caneta piloto preta. Sobre a região anatômica demarcada, são posicionados três *bib's* que são marcadores redondos radiopacos que devem ficar na interseção do laser e estar alinhados de modo a serem visualizados no mesmo corte da imagem tomográfica (Mekdash *et al.*, 2017 *apud* Araújo, 2024, p. 24).

Após o procedimento mencionado anteriormente, se faz necessário posicionar sobre a região torácica ou abdominal o dispositivo *RPM* da *Varian* ou uma cinta de borracha que irá monitorar os movimentos respiratórios do paciente durante as fases do exame (Glide-Hurst *et al.*, 2013).

A atuação do profissional em radioterapia nesse processo inicial é muito importante, pois a escolha correta e aplicação dos dispositivos de imobilização juntamente com a verificação do conforto do paciente, influenciam diretamente na reprodutibilidade do posicionamento e na precisão da técnica de SBRT, contribuindo para a redução de variações posturais, melhorando a qualidade da aquisição das imagens e, conseqüentemente, a confiabilidade do planejamento e a efetividade do tratamento radioterápico (Salvajoli; Souhami; Faria, 2013).

Outra etapa de extrema relevância consiste na orientação e no treinamento realizado pelo técnico junto ao paciente com relação ao padrão respiratório para a

execução da TC4D. O ideal é uma respiração livre e contínua, auxiliando o paciente nos momentos de inspiração e expiração. Podem ser utilizados também recursos sonoros, como bipes e contagens, além do acompanhamento do sinal visual através na análise das curvas respiratórias. (Stanley *et al.*, 2015).

Segundo Stanley *et al.* (2015), esse treinamento prévio contribui para a redução de artefatos nas imagens adquiridas, favorece o movimento real da lesão e melhora na definição do ITV, pois o paciente passa a respirar de forma mais regular e reprodutível, melhorando a sincronização da respiração durante a realização do exame e, posteriormente, na entrega de dose durante o tratamento.

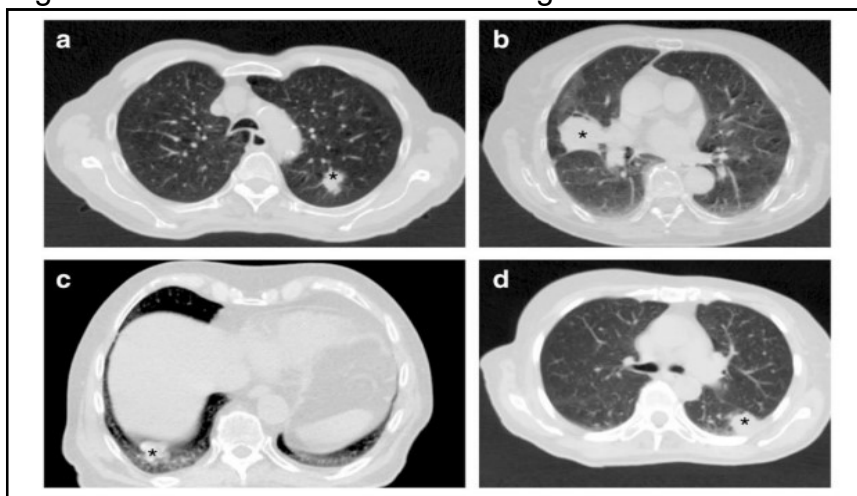
Com isso, é possível monitorar o sinal respiratório e ajustar os parâmetros de aquisição de acordo com o tempo de rotação do tomógrafo, assegurando que o movimento registrado nas imagens represente fielmente o movimento respiratório real do paciente, evitando reconstruções incompletas ou inconsistentes (Stanley *et al.*, 2015).

Após a aquisição da TC4D nas diferentes fases da respiração, se faz necessário a realização da reconstrução da imagem. A participação do técnico nessa etapa é vital, atuando como filtro de qualidade para assegurar que as imagens processadas, MIP e average, representem fielmente o objetivo da reconstrução.

A avaliação inicial das imagens adquiridas tem o intuito de garantir que o ITV seja gerado sem perdas por inconsistência respiratória e sem artefatos, pois oscilações na amplitude ou no período respiratório podem gerar erros na reconstrução das imagens, comprometendo o delineamento do ITV (Novais; Chiara; Rodrigues, 2018).

Segundo Borm *et al.* (2018), outra verificação importante consiste na identificação da perda de contraste do tumor em regiões adjacentes a tecidos de densidades semelhantes, diafragma ou a parede torácica, conforme a figura 12.

Figura 12 – Perda de contraste em algumas estruturas



Fonte: Borm *et al.*, 2018.

Legenda: (a) apenas tecido pulmonar; (b) mediastino; (c) diafragma; (d) parede torácica.

Essa perda de contraste pode causar uma subestimação do volume tumoral nas imagens MIP e AIP, diante dessas limitações, o técnico pode alertar a equipe física e médica sobre a necessidade de analisar de forma mais detalhada as fases individuais da TC4D (Borm *et al.*, 2018).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SBRT aplicada a neoplasias pulmonares se destacou como uma alternativa de tratamento de alta precisão, porém tem como principal desafio a movimentação respiratória. A abordagem desse movimento mostrou-se fundamental no planejamento da radioterapia, uma vez que a respiração influencia diretamente na posição do tumor ao longo do ciclo respiratório, podendo comprometer a acurácia na entrega da dose prescrita. Assim, o controle e a correta identificação desse movimento são determinantes para a segurança e eficácia do tratamento.

Nesse cenário, a TC4D associada ao monitoramento respiratório provou ser uma técnica essencial no planejamento da SBRT pulmonar, uma vez que permite registrar o deslocamento do tumor ao longo do ciclo respiratório, gerando imagens organizadas conforme as diferentes fases da respiração.

As curvas respiratórias desempenham papel central nesse processo, uma vez que representam graficamente o padrão respiratório do paciente e orientam a correta associação das imagens da TC4D às diferentes fases do ciclo respiratório. A regularidade dessas curvas está diretamente relacionada à qualidade das reconstruções, uma vez que favorecem a adequada geração das imagens em MIP e *average*.

A reconstrução em MIP possibilita a visualização da amplitude total do deslocamento tumoral ao longo da respiração, sendo essencial para a definição precisa do ITV em cenários de movimentação respiratória. Já a reconstrução *average* representa a posição média do tumor durante o ciclo respiratório, contribuindo para maior precisão no alinhamento e na verificação do posicionamento no planejamento e na execução do tratamento.

Dessa forma, curvas respiratórias regulares resultam em reconstruções mais fidedignas da anatomia e do movimento tumoral, reduzindo a ocorrência de artefatos e incertezas volumétricas, enquanto padrões respiratórios irregulares podem comprometer a qualidade das imagens, impactando negativamente o delineamento dos volumes alvo e a segurança do planejamento da SBRT.

Diante desse cenário, o papel do técnico em radioterapia provou ser crucial em todas as etapas do processo, desde o primeiro contato com o paciente até a reconstrução final das imagens. A atuação desse profissional na orientação, no posicionamento adequado, na escolha e aplicação dos acessórios de imobilização e

no treinamento respiratório do paciente contribui diretamente para a reprodutibilidade do exame e para a qualidade das imagens adquiridas. A comunicação clara e humanizada, aliada à observação contínua do sinal respiratório, favorece a redução de artefatos e inconsistências durante a aquisição da TC4D.

Por fim, a participação do técnico na avaliação das imagens reconstruídas constitui um importante filtro de qualidade, permitindo a identificação de artefatos, variações do padrão respiratório e limitações relacionadas à perda de contraste tumoral. Essa análise criteriosa possibilita o encaminhamento adequado à equipe física e médica para avaliações adicionais, quando necessário, assegurando maior confiabilidade no delineamento dos volumes alvo. Dessa forma, conclui-se que a integração entre tecnologia, monitorização respiratória e atuação qualificada do técnico em radioterapia é determinante para a precisão do planejamento e para a efetividade da SBRT.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. A. **Cuidados técnicos com o uso de acessórios no tratamento de irradiação corporal total**. 2024. Trabalho de conclusão de curso, (Curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio Especialização em Radioterapia), Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva e a Escola Politécnica em Saúde Joaquim Venâncio, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/handle/123456789/17030>. Acesso em: 13 jan 26.
- BORM, K.J. *et al.* Moving targets in 4D-CTs versus MIP and AIP: comparison of patients data to phantom data. **BMC Cancer**. [S. l.]. 2018. DOI: 10.1186/s12885-018-4647-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12885-018-4647-4>. Acesso em 06 jan.2026.
- DUBEUX, C. S. **Sequência ideal de tomografia para planejamento de radioterapia estereotáxica de tumores de pulmão**. 2020. Dissertação (Pós-graduação em oncologia) – Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/handle/123456789/9426>. Acesso em: 06 jan. 2026.
- GLIDE-HURST, C. K. *et al.* Evaluation of two synchronized external surrogates for 4D CT sorting. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 117–132, 2013. DOI: 10.1120/jacmp.v14i6.4301. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1120/jacmp.v14i6.4301>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- HUANG, X. *et al.* Three-dimensional conformal radiation therapy with concurrent chemotherapy for stage III non-small cell lung cancer: protocol for a systematic review and meta-analysis. **BMJ Open**, [s. l.], v. 14, n. 11, e090728, 7 nov. 2024. DOI: 10.1136/bmjopen-2024-090728. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39515858/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Estimativa 2023**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2023.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). Radioterapia. [Rio de Janeiro]. INCA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- NOVAIS, C. M.; CHIARA, A. C.; RODRIGUES, L. N. Análise da movimentação tumoral na direção Superior – Inferior em casos de SBRT de pulmão utilizando tomografia 4D. **Revista Brasileira de Física Médica**. São Paulo, v. 12, n. 1, p. 10–15, 13 dez. 2018. DOI: 10.29384/rbfm.2018.v12.n1.p10-15. Disponível em: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/454>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- OPENAI. ChatGPT. [S. l.]. OpenAI, 2025. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 27 fev. 2026.

QI, Y. *et al.* Effect of abdominal compression on target movement and extension of the external boundary of peripheral lung tumours treated with stereotactic radiotherapy based on four-dimensional computed tomography. **Radiation Oncology**. [S. l.], v. 16, n. 1, p. 173, 2021. DOI: 10.1186/s13014-021-01889-0. Disponível em: <https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-021-01889-0>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SALVAJOLI, J. V.; SOUHAMI, L.; FARIA, S. L. **Radioterapia em Oncologia**. 2ª edição. São Paulo, 2013.

SANTANA, S. J. **Cuidados Técnicos no uso da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET-CT) aliada à Tomografia Computadorizada 4D para o Planejamento de Radioterapia Estereotáxica (SBRT)**. 2018. Trabalho de conclusão de curso, (Curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio Especialização em Radioterapia), Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva e a Escola Politécnica em Saúde Joaquim Venâncio, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/handle/123456789/14622>. Acesso em: 25 jul. 2025.

STANLEY, H. B. *et al.* **Stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiation therapy**. Nova Iorque: Radiotherapy Press, 2015.

SOUZA, J. V. M.; GUIMARÃES, L. F. C.; GIGLIOLI, M. Desenvolvimento de um software de análise estatística do sinal respiratório para realização tomografia 4d. **Revista Brasileira de Física Médica**. Barretos, v. 15, p. 641, 2021. DOI: 10.29384/rbfm.2021.v15.19849001641. Disponível em: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/641>. Acesso em: 11 jan. 2026.

SOUZA, K. V. **A Efetividade do Tratamento Radioterápico nos Sintomas Relacionados à Metástase Óssea**: Tutorial para Atuação do Técnico em Radioterapia. 2022, trabalho de conclusão de curso, (Curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio Especialização em Radioterapia), Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva e a Escola Politécnica em Saúde Joaquim Venâncio, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/handle/123456789/11007>. Acesso em: 13 jan. 2026.

TEIXEIRA, M. S. **Avaliação do movimento respiratório em radioterapia utilizando simulação Monte Carlo**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Nuclear) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/19312/1/892652.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

TRÉMOLIÈRES, P. *et al.* Lung stereotactic body radiation therapy: personalized PTV margins according to tumor location and number of four-dimensional CT scans. **Radiation Oncology**, v. 17, n. 1, p. 1–9, 1 dez. 2022. DOI: 10.1186/s13014-021-01973-5. Disponível em: <https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-021-01973-5>. Acesso em: 25 jun.25

VIEIRALVES, Y. N. A. **Sequência de tomografia ideal para planejamento de radioterapia estereotáxica de tumores de pulmão**: implicações dosimétricas e financeiras. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Residência Médica em Radioterapia) – Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em:
<https://ninho.inca.gov.br/jspui/bitstream/123456789/12228/1/Sequ%C3%Aancia%20De%20Tomografia%20Ideal%20Para%20Planejamento%20De%20Radioterapia.pdf>
Acesso em: 24 jul. 2025.