

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM TECNOLOGIAS
RADIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

DANIELA MARIA MÜLLER

**APLICAÇÕES DA SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO EM RADIOTERAPIA:
Uma Revisão Integrativa da Literatura**

FLORIANÓPOLIS

2026

DANIELA MARIA MÜLLER

APLICAÇÕES DA SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO EM RADIOTERAPIA:

Uma Revisão Integrativa da Literatura

Dissertação de mestrado submetida ao
Programa de Pós-graduação Stricto Sensu
em Tecnologias Radiológicas do
Departamento Acadêmico de Saúde e
Serviços do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina –
Câmpus Florianópolis, na linha de
pesquisa de Gestão em Proteção
Radiológica como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Proteção
Radiológica.

Orientador: Dr. Marcos Araquem Scopel

Coorientadora: Dra. Carolina Neis
Machado

FLORIANÓPOLIS

2026

CDD 615.842
M958a

Müller, Daniela Maria

Aplicações da SGRT no manejo respiratório em radioterapia: uma revisão integrativa da literatura [DIS] / Daniela Maria Müller; orientação de Marcos Araquem Scopel; coorientação de Carolina Neis Machado – Florianópolis, 2026.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Proteção Radiológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Radioterapia. 2. Controle respiratório. 3. SGRT. 4. DIBH. 5. Proteção radiológica. I. Scopel, Marcos Araquem. II. Machado, Carolina Neis. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

DANIELA MARIA MÜLLER

APLICAÇÕES DA SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO EM RADIOTERAPIA:
Uma Revisão Integrativa da Literatura

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Mestre em Proteção Radiológica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Florianópolis, 20 de Fevereiro de 2026.

Alexandre DAgostini Zottis, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Karen Borges Waltrick, Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Felipe Ramos Correa, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Marcos Araquem Scopel, Dr.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Carolina Neis Machado, Dra.
Coorientador
Instituto Federal de Santa Catarina

À minha família, pelo amor incondicional, apoio e compreensão diante das minhas ausências e desafios.

Aos meus orientadores e professores, pela paciência, incentivo e partilha de conhecimento, que foram fundamentais para a construção desta pesquisa.

E, em especial, aos pacientes que com sua coragem e resiliência inspiram diariamente minha dedicação à radioterapia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela saúde, força e determinação que me sustentaram durante toda esta caminhada e aos meus pais (in memorian), pelo apoio, incentivo e amor incondicional em todos os momentos, são base e inspiração para que eu pudesse seguir firme nesta jornada.

Ao Victor, pelo carinho, paciência e compreensão, sempre presente nos momentos de dificuldade e celebração, tornando esta trajetória mais leve e significativa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Scopel, pela dedicação, paciência e apoio constante, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, sempre guiando-me com sabedoria e segurança.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Carolina Neis Machado, pela atenção, incentivo e pelas valiosas contribuições que enriqueceram esta pesquisa, transmitindo confiança e motivação em cada etapa.

Ao Pedro Argolo Piedade e ao Thiago Schmeling Fontana, físicos médicos, pela disponibilidade, colaboração e pelo compartilhamento de conhecimento técnico, fundamentais para o embasamento científico e aplicação prática deste estudo.

À Cíntia Mara da Silva e Thafarel Machado, dosimetristas, pela dedicação, competência e exemplo profissional que foram fonte de inspiração durante toda a realização deste trabalho, mostrando que excelência e humanidade caminham juntas.

Ao Raphael Vieira Gomes Costa, bibliotecário, pelo apoio especializado na elaboração do protocolo da revisão integrativa, contribuindo para a estruturação metodológica e a qualidade científica deste trabalho.

A todos os colegas, professores e profissionais que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, deixo registrado meu agradecimento.

“Na radioterapia, a precisão não é um luxo, é uma necessidade.”

Harold Johns (1953).

RESUMO

A movimentação respiratória representa um dos principais desafios para a precisão da radioterapia em tumores de mama, torácicos e abdominais, podendo comprometer a cobertura do volume-alvo e aumentar a dose em órgãos de risco. A Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) tem sido investigada como uma estratégia não invasiva para o monitoramento e manejo do movimento respiratório durante o tratamento. Este estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas disponíveis sobre a aplicação da SGRT no controle respiratório em radioterapia, por meio de uma revisão integrativa da literatura. A busca foi realizada nas bases PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, SciELO, LILACS/BVS e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, considerando publicações entre 2015 e 2025. Os resultados indicam que a SGRT proporciona melhoria da acurácia no posicionamento do paciente, com monitoramento em tempo real do movimento respiratório, além da redução das margens de planejamento e da dose em órgãos de risco, especialmente em técnicas como o Deep Inspiration Breath Hold. Entretanto, foram identificadas limitações na aplicação da SGRT em técnicas de manejo respiratório baseadas em outras fases do ciclo respiratório. Conclui-se que a SGRT é uma ferramenta vantajosa no manejo respiratório em radioterapia, contribuindo para maior precisão terapêutica e para o fortalecimento dos princípios da proteção radiológica.

Palavras-Chave: Radioterapia, Controle Respiratório, SGRT, DIBH, Proteção Radiológica.

ABSTRACT

Respiratory motion represents one of the main challenges to the precision of radiotherapy in breast, thoracic and abdominal tumors, potentially compromising target volume coverage and increasing the dose to organs at risk. Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) has been investigated as a non-invasive strategy for monitoring and managing respiratory motion during treatment. This study aimed to analyze the available scientific evidence on the application of SGRT for respiratory control in radiotherapy through an integrative literature review. The search was conducted in the PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, SciELO, LILACS/BVS, and CAPES Theses and Dissertations Catalog databases, considering publications from 2015 to 2025. The results indicate that SGRT improves patient positioning accuracy, enables real-time monitoring of respiratory motion, and contributes to the reduction of planning margins and dose to organs at risk, particularly in techniques such as Deep Inspiration Breath Hold. However, limitations were identified in the application of SGRT in respiratory management techniques based on other phases of the respiratory cycle. It is concluded that SGRT is a promising tool for respiratory motion management in radiotherapy, contributing to greater therapeutic precision and to the strengthening of radiation protection principles.

Keywords: Radiotherapy; Respiratory control; SGRT; DIBH; Radiation protection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Foto tirada com auxílio de um laringoscópio, com o paciente sob anestesia geral, que mostra o GTV de um tumor da parede lateral orofaríngea se estendendo para o seio piriforme lateral direito.....	12
Figura 2 - Visão macroscópica (esquerda) e microscópica (direita) de um carcinoma de mama após remoção cirúrgica. As projeções de células tumorais no tecido adiposo adjacente estão marcadas com setas.....	13
Figura 3 - Representação dos volumes e margens de planejamento.....	14
Figura 4 - Volumes e margens de planejamento.....	15
Figura 5 - Vistas coronais de tomografias computadorizadas do mesmo paciente, obtidas durante a respiração livre (a) e com varredura com controle respiratório na expiração (b).....	17
Figura 6 - Comparação de diferentes gradientes de dose em radioterapia.....	18
Figura 7 - Esquema de aquisição de uma TC-4D e sua aplicação no planejamento.....	19
Figura 8 - Representação gráfica do deslocamento do tumor devido ao movimento respiratório.....	20
Figura 9 - Simulação do uso de marcador externo para controle respiratório.....	22
Figura 10 - Representação do movimento dos marcadores e do GTV.....	23
Figura 11 - Monitoração do ciclo respiratório de um paciente submetido ao tratamento em DIBH.....	25
Figura 12 - Demonstração da diferença da trajetória do feixe terapêutico em inspiração profunda e em respiração livre.....	26
Figura 13 - Câmera 4D e seus componentes. 1: câmeras estereoscópicas, 2: projetor de luz estruturada de alta definição e 3: câmera térmica.....	28
Figura 14 - representação dos equipamentos de SGRT instalados na sala de tratamento.....	29
Figura 15 - Sistemas de monitoramento do posicionamento do paciente baseado na superfície durante o tratamento.....	30
Figura 16 - Fluxograma PRISMA da seleção de estudos.....	39
Figura 17 - Definições de região de interesse (ROI) da mama para tratamentos de mama do lado esquerdo(a) e o ROI para o tratamento de mama implantada no lado direito (b).....	43

Figura 18 - Vistas axial e sagital de duas pacientes em tratamento de mama Paciente (A) com inspiração torácica em uma prancha plana para mama, e (B) paciente em uma prancha inclinada. O contorno cardíaco está em rosa durante a DIBH e em verde durante a respiração livre.....	48
Figura 19 - Comparação dosimétrica entre DIBH e respiração livre.....	51
Figura 20 - Distribuição de dose em cortes axiais, coronais e sagitais em DIBH e respiração livre.....	57
Figura 21 - Movimento diafragmático entre a inspiração e a expiração, e a definição da região de interesse (ROI) para o monitoramento respiratório.....	60
Figura 22 - Comparação entre aquisições de tomografia em respiração livre e DIBH prolongado.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Construção da pergunta de pesquisa segundo PICO.....	34
Tabela 2 - Estratégias de buscas desenvolvidas e seus resultados.....	35
Tabela 3 - Desvios de posicionamento e da amplitude torácica do Grupo A e C.....	45
Tabela 4 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Mama.....	85
Tabela 5 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Tórax.....	92
Tabela 6 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Abdome.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPM – American Association of Physicists in Medicine (Associação Americana de Físicos Médicos)

ABFM – Associação Brasileira de Física Médica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBCT – Cone Beam Computed Tomography (Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico)

CTV – Clinical Target Volume (Volume Alvo Clínico)

DIBH – Deep Inspiration Breath Hold (Inspiração Profunda com Retenção da Respiração)

DR – Digital Radiography (Radiografia Digital)

DRR – Digitally Reconstructed Radiograph (Radiografia Digitalmente Reconstruída)

DVH – Dose-Volume Histogram (Histograma Dose–Volume)

GTV – Gross Tumor Volume (Volume Tumoral Bruto)

GTV-M – Gross Tumor Volume – Metástase

GTV-N – Gross Tumor Volume – Linfonodos

GTV-T – Gross Tumor Volume – Tumor Primário

ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurements

IFSC – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

IGRT – Image-Guided Radiation Therapy (Radioterapia Guiada por Imagem)

IM – Internal Margin (Margem Interna)

IMRT – Intensity-Modulated Radiation Therapy (Radioterapia de Intensidade Modulada)

ITV – Internal Target Volume (Volume Alvo Interno)

MLC – Multi-Leaf Collimator (Colimador Multilâminas)

MU – Monitor Units (Unidades Monitoras)

MV – Megavoltagem

OAR – Organs at Risk (Órgãos de Risco)

PET-CT – Positron Emission Tomography – Computed Tomography

PRV – Planning Risk Volume (Volume de Órgão de Risco Planejado)

PTV – Planning Target Volume (Volume Alvo de Planejamento)

RCR – Registro Clínico em Radioterapia

SBRT – Stereotactic Body Radiation Therapy (Radioterapia Estereotáxica Corporal)

SGRT – Surface Guided Radiation Therapy (Radioterapia Guiada por Superfície)

SNC – Sistema Nervoso Central

SRS – Stereotactic Radiosurgery (Radiocirurgia Estereotáxica)

TC – Tomografia Computadorizada

TC-4D – Tomografia Computadorizada em Quatro Dimensões

VMAT – Volumetric Modulated Arc Therapy (Terapia de Arco Modulado Volumétrico)

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem

° – Grau

cm – Centímetro

Gy – Gray (unidade de dose absorvida de radiação ionizante)

kV – Quilovolt

MeV – Megaelétron-volt

mm – Milímetro

MV – Megavolt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.2 JUSTIFICATIVA.....	3
1.3 OBJETIVO GERAL	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2 DESENVOLVIMENTO.....	3
2.1 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1.1 Fundamentos da Radioterapia.....	8
2.1.2 Radioterapia Guiada por Imagem.....	10
2.1.3 Margens de Planejamento.....	11
2.1.4 Desafios provocados pela movimentação respiratória em tumores torácicos e abdominais.....	15
2.1.4.1 Estratégias tradicionais para o controle de movimento respiratório durante o tratamento	18
2.1.4.2 Estratégias de Controle Respiratório.....	21
2.1.4.3 Gating Respiratório.....	21
2.1.4.4 Deep Inspiration Breath Hold (DIBH).....	23
2.1.5 Radioterapia Guiada por Superfície	26
2.1.5.1 Fundamentos técnicos da SGRT.....	26
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	31
3.2 MÉTODOS APLICADOS.....	33
4 RESULTADOS	38
4.1 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS DA MAMA EM DIBH.....	42
4.1.1 Integração SGRT–IGRT no controle respiratório do tratamento de mama.....	44
4.1.2 Movimento interfração e intrafração no posicionamento durante o tratamento de mama com SGRT-DIBH.....	49
4.1.3 Efeitos dosimétricos em tratamentos de mama com DIBH monitorados por SGRT.....	51
4.1.4 Comparação de diferentes ferramentas para DIBH.....	53
4.2 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS NO TÓRAX.....	54
4.2.1 Estabilidade Geométrica e Reprodutibilidade Respiratória com SGRT.....	54
4.2.2 Impacto Dosimétrico Torácico da SGRT em Técnicas com Controle Respiratório.....	56
4.3 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS NO ABDOME.....	58
4.3.1 Aplicação da SGRT no manejo respiratório abdominal.....	59
4.3.2 Limitações e desafios do manejo respiratório abdominal com SGRT.....	59
5 DISCUSSÃO.....	63
6 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE A – Tabelas dos Resultados da Coleta de Dados da Revisão	

Integrativa.....	85
APÊNDICE B – Template para submissão de artigo.....	96
ANEXO 1– Protocolo de Coleta de Dados.....	103

1 INTRODUÇÃO

Neoplasias são causadas por uma alteração celular que tem como característica primordial a rápida multiplicação de células anormais que crescem além de seus limites habituais. O câncer é uma denominação geral para um grande grupo de neoplasias que podem afetar qualquer tecido ou órgão do corpo, também sendo denominados como tumores malignos. Os tumores malignos podem invadir estruturas adjacentes do corpo e se espalhar para outros órgãos, gerando metástases, que é a principal causa de morte por câncer no mundo (SALVAJOLI et al., 2021).

A radioterapia é um tratamento médico que utiliza radiações ionizantes para destruir ou danificar células tumorais. Essa técnica é frequentemente usada no tratamento de neoplasias, tanto como tratamento curativo quanto como parte de um plano de tratamento combinado com cirurgia, quimioterapia ou imunoterapia; sendo utilizada também como tratamento paliativo para o controle de dor e sangramentos, dependendo do tipo e estágio da doença (INCA, 2023).

A radioterapia tem como premissa a entrega da dose prescrita no Volume Alvo de Planejamento (PTV), com a menor exposição dos tecidos adjacentes (LAVROVA et al., 2023). Para isso, é necessário atingir a reprodutibilidade do posicionamento do paciente realizado durante a simulação em todas as frações terapêuticas. Diante disso, a movimentação respiratória torna-se um desafio recorrente, uma vez que as variações respiratórias podem impactar diretamente a precisão da entrega da dose, comprometendo a eficácia terapêutica e aumentando o risco de toxicidade nos tecidos adjacentes (BOTTICELLA et al., 2021).

Diferentes estratégias são empregadas para mitigar os efeitos da movimentação respiratória durante a radioterapia, como a utilização de margens de segurança ampliadas, técnicas de imobilização e métodos de controle respiratório (AL-HALLAQ et al., 2022). No entanto, as duas primeiras abordagens frequentemente causam o aumento da margem do volume irradiado, e consequentemente a irradiação de tecidos saudáveis; ademais, não garantem o monitoramento contínuo da movimentação respiratória ao longo de toda a sessão de tratamento. Com o avanço das tecnologias de imagem e monitoramento nas últimas décadas, surgiram soluções mais refinadas, entre elas a *Surface Guided Radiation Therapy* (SGRT), uma técnica não invasiva que vem ganhando destaque no monitoramento posicional em

radioterapia (MAST; PERRYCK, 2022).

A SGRT baseia-se na aquisição e análise contínua da superfície externa do paciente por meio de sistemas ópticos tridimensionais e câmeras térmicas, permitindo o rastreamento em tempo real de sua posição e movimentos, sem a necessidade de marcações na pele. Essa tecnologia oferece um nível elevado de precisão e controle posicional, possibilitando intervenções imediatas em caso de desvios, gerando maior segurança e eficácia do tratamento (FREISLEDERER et al., 2022).

Na rotina de tratamento, a SGRT tem sido especialmente eficaz em protocolos que exigem controle respiratório, como nos tratamentos de tumores de mama, pulmão e fígado. No caso da técnica DIBH (*Deep Inspiration Breath Hold*), por exemplo, a SGRT permite verificar se o paciente alcançou e mantém o nível de inspiração ideal, antes da liberação do feixe. Já nos tratamentos com *gating* respiratório, a tecnologia atua sincronizando o disparo do feixe com uma fase específica do ciclo respiratório, minimizando a movimentação do volume-alvo (AL-HALLAQ et al., 2022).

A escolha do tema desta dissertação está alinhada aos objetivos do Programa de Mestrado em Proteção Radiológica, uma vez que a aplicação da Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) no manejo do movimento respiratório contribui para a redução das margens de planejamento, proporcionando maior proteção aos tecidos saudáveis e menor risco radiobiológico para os pacientes. Essa perspectiva reforça o compromisso do programa em promover práticas que integrem precisão técnica e segurança, elementos fundamentais no contexto da radioterapia.

A seleção do objeto de estudo também se relaciona à atuação profissional da pesquisadora na aplicação de tratamentos radioterápicos, contexto em que são observados, de forma recorrente, os benefícios e desafios relacionados ao posicionamento adequado e ao controle da movimentação respiratória.

Este estudo está vinculado à linha de pesquisa Gestão nos serviços de diagnóstico e terapia, voltada para a produção de conhecimento nas áreas de assistência, gestão, ensino e pesquisa relacionadas à prática profissional com tecnologias radiológicas, sejam elas baseadas ou não em radiação ionizante, assim como nos procedimentos terapêuticos voltados à proteção e segurança radiológica de trabalhadores, pacientes e sociedade. Nesse contexto, a investigação proposta tem como propósito não apenas reunir as evidências científicas disponíveis, mas também promover a articulação entre a prática profissional e a pesquisa aplicada à radioterapia,

em alinhamento com os princípios da proteção radiológica (IFSC, 2025).

À vista disso, esta dissertação propõe a realização de uma revisão integrativa da literatura com o objetivo de analisar as evidências científicas disponíveis sobre o uso da técnica SGRT no manejo respiratório de pacientes submetidos à radioterapia, buscando identificar seus benefícios e limitações. Dessa forma, pretende-se contribuir para o avanço do conhecimento e para a consolidação de práticas que priorizem a eficácia terapêutica aliada à proteção radiológica.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do exposto, refere-se o seguinte problema de pesquisa: De que maneira o uso da técnica *Surface Guided Radiation Therapy* (SGRT) contribui para o manejo respiratório de pacientes em radioterapia, e quais são seus benefícios, limitações e aplicações clínicas segundo a literatura científica recente?

1.2 JUSTIFICATIVA

As neoplasias malignas permanecem como uma das principais causas de mortalidade mundial, representando um grave problema de saúde pública. O avanço das terapias oncológicas, incluindo a radioterapia, contribuiu para a melhoria dos índices de sobrevida e qualidade de vida dos pacientes (BRAY; MØLLER, 2005; SALVAJOLI et al., 2021). Contudo, o sucesso do tratamento é diretamente dependente da precisão na entrega da dose ao volume-alvo planejado (PTV), sendo que incertezas posicionais podem comprometer a eficácia do tratamento e aumentar o risco de efeitos adversos em tecidos normais adjacentes (ICRU, 2010; POLI, 2007; VAN HERK, 2000).

Dentre os fatores que dificultam a precisão na entrega da dose, destaca-se a movimentação respiratória, a qual impacta significativamente tratamentos de tumores torácicos e abdominais (GUIMARÃES et al., 2025). Esta movimentação pode resultar em deslocamentos consideráveis dos volumes-alvo, ultrapassando margens de segurança convencionais, o que exige estratégias específicas de manejo respiratório.

Tradicionalmente, métodos como ampliação de margens, utilização de dispositivos de contenção física e técnicas de planejamento com margens adaptadas

foram empregados. No entanto, essas abordagens apresentam limitações intrínsecas: ampliam o volume de tecido saudável exposto à radiação, aumentam o risco de toxicidade, e não oferecem monitoramento em tempo real das alterações respiratórias ao longo do tratamento (AAPM, 2006; AL-HALLAQ et al., 2022).

Nesse cenário, a *Surface Guided Radiation Therapy* (SGRT) emergiu como uma inovação disruptiva na prática radioterápica. Baseada no monitoramento contínuo e tridimensional da superfície corporal do paciente, a SGRT propicia o rastreamento dinâmico e preciso de movimentos, dispensando métodos invasivos ou marcações cutâneas. Essa tecnologia permite não apenas a melhoria da acurácia no posicionamento inicial, mas, sobretudo, o monitoramento constante durante a administração do feixe, garantindo a manutenção da posição ideal mesmo diante de movimentos respiratórios e outras variações (MAST; PERRYCK, 2022).

O uso da SGRT mostrou resultados positivos em diversos protocolos de radioterapia, sobretudo aqueles que empregam técnicas de controle respiratório ativo, como o *Deep Inspiration Breath Hold* (DIBH). Na técnica de DIBH, a expansão pulmonar induzida pela inspiração profunda aumenta a distância entre o coração e a área irradiada, reduzindo substancialmente a dose cardíaca e o risco de cardiotoxicidade tardia (SILVA et al., 2021). A precisão proporcionada pela SGRT é essencial para garantir a eficácia dessas abordagens, assegurando que o feixe seja liberado apenas nas condições respiratórias adequadas (LI et al., 2022).

Ainda assim, embora o uso da SGRT venha se consolidando como uma ferramenta importante no tratamento radioterápico, os estudos disponíveis na literatura apresentam heterogeneidade metodológica, variedade nos sistemas utilizados, divergências quanto aos protocolos adotados e lacunas na padronização de parâmetros de eficácia, como acurácia posicional e o impacto na redução de margens. Esta diversidade evidencia a necessidade de revisões integrativas que reúnam os dados disponíveis, proporcionando uma visão abrangente e fundamentada sobre a real implicação da SGRT no manejo respiratório.

Dessa maneira, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de consolidar as evidências científicas atuais sobre o uso da SGRT na radioterapia, especificamente no contexto do controle respiratório. Uma revisão integrativa se mostra apropriada para a síntese de resultados de diferentes tipos de estudos, permitindo uma análise ampla, capaz de identificar padrões, benefícios, limitações e

lacunas do conhecimento. Os resultados poderão não apenas fortalecer o embasamento científico para a adoção de tecnologias SGRT, mas também orientar a elaboração de protocolos e estimular novas investigações científicas focadas em otimizar o tratamento radioterápico de pacientes oncológicos.

Até o momento da defesa, não foram identificadas revisões sistemáticas registradas na plataforma PROSPERO abordando especificamente a utilização da Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) no controle da movimentação respiratória. Uma única revisão registrada está relacionada a outro tema, intitulada “*Prostate VMAT: motion errors, prostate movement, position verification, and quality of life*”, que aborda erros de movimento, deslocamento prostático, verificação de posição e qualidade de vida em pacientes submetidos à radioterapia volumétrica modulada da próstata (VMAT) (PROSPERO, 2025).

Este estudo se baseia exclusivamente em dados secundários de estudos previamente publicados, não envolvendo diretamente seres humanos, e, portanto, está em conformidade com a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, que regula pesquisas em Ciências Humanas e Sociais.

Portanto, ao contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre a utilização de SGRT no manejo respiratório em radioterapia, visa-se contribuir com o aprimoramento da tomada de decisão por parte da equipe multiprofissional e a ampliação do uso de tecnologias não invasivas nos setores de radioterapia. Dessa forma, busca-se fortalecer a precisão dos tratamentos desde as etapas iniciais de planejamento e execução, com reflexos imediatos na qualidade assistencial oferecida aos pacientes oncológicos.

1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar as evidências científicas disponíveis por meio de uma revisão integrativa sobre o uso da técnica SGRT no manejo respiratório de pacientes submetidos à radioterapia.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar as principais aplicações do SGRT no controle respiratório;
- b) Avaliar os benefícios e limitações da tecnologia nos protocolos atuais;

- c) Mapear as regiões anatômicas mais frequentemente tratadas em controle respiratório com SGRT e técnicas associadas;
- d) Identificar possíveis lacunas na literatura e áreas para pesquisa futura.

2 DESENVOLVIMENTO

A movimentação respiratória representa um dos principais desafios para a radioterapia no tratamento de neoplasias localizadas nas regiões torácica e abdominal. Isso porque o deslocamento dos órgãos pode comprometer a conformidade da dose ao volume-alvo (BOTTICELLA et al., 2021). Nesse cenário, a Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) torna-se uma alternativa promissora ao oferecer monitoramento contínuo e não invasivo da posição do paciente, favorecendo estratégias como o *gating* respiratório e o *Deep Inspiration Breath Hold* (DIBH) (GHANI et al., 2018).

Fundamentada em diretrizes da ICRU 50, 62, 83 e 91 e respaldada pelos relatórios da Associação Americana de Físicos Médicos (AAPM), a SGRT é destacada como uma ferramenta que contribui para a redução das margens de segurança e da dose em órgãos de risco, como pulmões e coração. (AAPM, 2006; AL-HALLAQ, 2022).

Diversos estudos clínicos têm demonstrado os benefícios da SGRT, como a redução da dose em órgãos de risco, maior segurança terapêutica e melhor adaptação ao ciclo respiratório do paciente. Apesar disso, sua implementação ainda enfrenta desafios, como o custo de aquisição e a necessidade de treinamento especializado. A consolidação das evidências disponíveis sobre sua eficácia e aplicabilidade clínica é essencial para embasar sua incorporação em protocolos terapêuticos e ampliar o acesso à tecnologia, promovendo tratamentos mais precisos e seguros para pacientes oncológicos (JERMOUMI et al., 2017).

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura deste estudo foi estruturada com base em uma pesquisa bibliográfica, fundamentada nos principais documentos, diretrizes e relatórios elaborados por institutos, grupos de estudo, associações e voltados à produção científica em oncologia e radioterapia. A revisão bibliográfica, enquanto método de investigação, consiste no levantamento, leitura, análise e síntese de materiais já publicados sobre determinado tema, tendo como objetivo identificar o estado da arte e compreender as principais teorias e conceitos relacionados ao assunto a fim de embasar teoricamente a pesquisa (MARTINS; THEÓPHILO, 2016).

2.1.1 Fundamentos da Radioterapia

A radioterapia é uma modalidade de tratamento médico que utiliza emissões de radiação corpuscular ou eletromagnética ionizantes que penetram nos tecidos, causando a ionização local e lesões moleculares capazes de gerar a perda da capacidade mitótica ou a morte celular. Dessa maneira, produz um dano sistemático no tumor (BABA Al, 2007).

A radioterapia pode ser classificada em duas modalidades principais: a braquiterapia e a teleterapia. A braquiterapia consiste na colocação de fontes radioativas próximas ou no interior do tumor, permitindo uma alta concentração de dose na área-alvo com rápida queda de dose nos tecidos adjacentes. Essa técnica é frequentemente utilizada no tratamento de cânceres ginecológicos, de próstata, de cabeça e pescoço (UYEDA et al., 2018). Já a teleterapia, é a modalidade de radioterapia externa, na qual a fonte de radiação encontra-se à distância do paciente. Atualmente, o equipamento mais utilizado para esse fim é o acelerador linear, capaz de produzir feixes de fótons e elétrons com energias que variam entre 4 e 25 MeV. A irradiação é realizada a uma distância típica de 100 cm da região de tratamento. Os feixes de fótons são indicados para tumores localizados em regiões profundas, devido à sua alta penetração, enquanto os feixes de elétrons são utilizados principalmente para tratar lesões superficiais, dada sua menor capacidade de penetração tecidual (MAJOR et al., 2021; NANDI, 2004).

Para a realização da radioterapia é necessário o planejamento do tratamento, que envolve a definição do volume-alvo, margens de segurança e órgãos de risco, com base em exames de imagem de simulação do tratamento, como tomografia computadorizada, ressonância magnética ou PET-CT. A dose é prescrita pelo médico radioncologista e fracionada em sessões diárias (POLI, 2007).

O desenvolvimento de tecnologias como a IMRT (Radioterapia de Intensidade Modulada), a VMAT (Terapia de Arco Modulado Volumétrico) e as radiocirurgias (SBRT e SRS) tornaram a teleterapia mais precisa e eficaz (BARRETT, 2008; OTTO, 2008).

A Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) é uma modalidade de Teleterapia que permite modular a intensidade do feixe de radiação em diferentes áreas do Volume Alvo de Planejamento (PTV). A IMRT pode ser dividida em duas modalidades: *step and shoot* e *sliding window*. A primeira consiste de uma sequência

de posições estáticas das lâminas MLC (*Multi-Leaf*) ou blocos com o feixe sendo desligado entre uma mudança de posição e outra. No segundo modelo, as lâminas MLC se movimentam durante a irradiação. Na maioria dos casos, o IMRT utiliza um planejamento inverso, que consiste em especificar prescrições de dose - volume para o Volume Tumoral Bruto (GTV), PTV e órgãos de risco (LUVEZUTI, 2015). As distribuições de dose podem ser produzidas com diferentes formatos, dessa forma, as estruturas críticas em regiões como cabeça e pescoço, próstata e tireóide podem ser poupadas. A toxicidade tardia pode ser reduzida significativamente para regiões como próstata, mama e cabeça e pescoço. Estudos de escalonamento de dose, estratégia utilizada para ajustar progressivamente a dose de radiação administrada a um tumor, em câncer de próstata mostram um avanço em sobrevida livre de recidiva bioquímica usando IMRT com reduzida toxicidade no reto. Há evidências de preservação das funções da glândula salivar em IMRT de cabeça e pescoço sem perda do controle tumoral (BARRETT, 2008; OLIVEIRA et al., 2014).

A Terapia de Arco Modulado Volumétrico (VMAT) é uma evolução da técnica de IMRT que oferece uma abordagem ainda mais eficiente e rápida de tratamento. Durante o tratamento VMAT, o MLC se move dinamicamente para moldar os campos ao mesmo tempo em que o gantry é rotacionado com o feixe ligado. A intensidade do feixe é modulada enquanto o gantry gira em torno do paciente. O movimento do MLC e o número de MUs (Unidades Monitoras) por grau de rotação é controlado e, durante a otimização da velocidade de rotação do gantry, a velocidade de translação da lâmina e a taxa de dose variam. (OTTO, 2008). Essa técnica permite entregar tratamentos complexos em tempo reduzido, o que representa uma vantagem tanto para a eficiência dos serviços quanto para o conforto do paciente. A redução do tempo de permanência na sala de tratamento também contribui para menor probabilidade de movimentação involuntária, especialmente em áreas sujeitas à variação respiratória. Por isso, o VMAT é amplamente utilizado em neoplasias de tórax, abdome, mama, cabeça e pescoço, e SNC, onde há necessidade de conformação precisa da dose ao tumor e preservação dos tecidos sadios (OTTO, 2008).

A Radiocirurgia Estereotáxica (SRS) constitui uma modalidade de radioterapia de alta precisão, amplamente empregada no manejo de lesões intracranianas e da coluna vertebral. Essa técnica caracteriza-se pela administração de doses elevadas de radiação em um número reduzido de frações, usualmente entre uma e três sessões,

com o objetivo de maximizar o controle tumoral e, simultaneamente, minimizar a exposição de tecidos sadios adjacentes do sistema nervoso central (GARSA et al., 2021). O processo de localização do alvo em tratamentos de Radiocirurgia Estereotáxica (SRS) baseia-se na obtenção de imagens de alta resolução e no uso de sistemas de imobilização e referência espacial. Tradicionalmente, emprega-se o arcabouço estereotáxico (*frame-based*), fixado ao crânio do paciente, que permite definir coordenadas tridimensionais precisas do alvo tumoral. Com os avanços tecnológicos, surgiram também abordagens *frameless*, que utilizam máscaras termoplásticas personalizadas associadas a sistemas de imagem guiada (IGRT), assegurando a imobilização e o reposicionamento reprodutível (PAPPAS et al., 2022).

A radioterapia estereotáxica corporal (SBRT) é definida como uma modalidade de teleterapia que fornece com precisão uma alta dose de radiação a um alvo extracraniano em uma ou poucas frações de tratamento. A SBRT demonstra-se altamente eficaz no controle de cânceres primários e oligometastáticos em estágio inicial nas regiões torácicas, abdominais e pélvicas. Neste tipo de tratamento, a conferência da precisão posicional é realizada por meio da integração de tecnologias modernas de imagem, simulação, planejamento de tratamento e administração em todas as fases do processo de tratamento (BENEDICT et al., 2010).

A justificativa radiobiológica para SBRT é semelhante à da SRS; ao administrar algumas frações de grande dose em um tempo de tratamento geral relativamente curto resulta em um efeito biológico mais potente. A hipótese de Norton-Simon sugere que a carga sistêmica de células cancerígenas inicialmente é baixa e indetectável, passando por uma fase de crescimento exponencial, até um nível de platô letal, a metástase generalizada. Uma intervenção local, como a SBRT, pode ajudar a reduzir a carga sistêmica da doença de uma maneira que poderia ajudar a prevenir ou retardar o máximo possível a condição de carga tumoral letal que é fatal para o paciente (BENEDICT et al., 2010; LÓPEZ et al., 2019).

2.1.2 Radioterapia Guiada por Imagem

A Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT) abrange uma ampla gama de técnicas que permitem a visualização do PTV e da anatomia circundante, com o objetivo de aumentar a precisão na entrega da dose ao volume-alvo. Como o posicionamento do paciente e os movimentos fisiológicos dos órgãos podem variar

diariamente, a IGRT permite a verificação e correção da posição do paciente antes, ou até durante, a cada sessão de radioterapia (RCR, 2021).

A IGRT pode utilizar diversas modalidades de imagem, como radiografias digitais (kV/MV), tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), ultrassonografia e os sistemas ópticos 3D, que fundamentam a Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT). Essa integração de imagens no fracionamento diário do tratamento permite realizar ajustes de posicionamento com base em alterações anatômicas ou deslocamentos do tumor e órgãos de risco, garantindo que o feixe de radiação atinja com exatidão o PTV, conforme definido no planejamento (JAFFRAY, 2012).

Com o uso da IGRT, é possível reduzir as margens de segurança aplicadas ao volume-alvo, diminuindo a exposição desnecessária de tecidos saudáveis adjacentes e, conseqüentemente, os efeitos adversos do tratamento (INGROSSO et al., 2024). A técnica é particularmente relevante em tumores localizados em áreas móveis, como pulmões, fígado e próstata, e quando associada a estratégias de controle respiratório, como DIBH e *gating*, permite um refinamento ainda maior do tratamento. Além disso, quando combinada com tecnologias como o SGRT, a IGRT potencializa o controle de movimentação interna e superficial do paciente, oferecendo uma abordagem integrada e segura para tratamentos de alta complexidade (CHANG et al., 2008).

2.1.3 Margens de Planejamento

Segundo o relatório 50 do ICRU (1993), os parâmetros fundamentais para o planejamento e a descrição dos volumes-alvo na radioterapia tem como finalidade padronizar a terminologia, garantir a reprodutibilidade dos tratamentos e oferecer maior segurança e eficácia na entrega da dose. Durante o planejamento em radioterapia, é necessário considerar diferentes volumes, cada um com margens específicas, de modo a compensar incertezas associadas à localização do tumor e à movimentação do paciente.

Dentre os volumes definidos está o GTV (*Gross Tumor Volume*), que corresponde ao volume do tumor visível ou palpável, detectado por exames de imagem ou avaliação clínica. O GTV é o volume grosseiro da doença, que pode ser

do tumor primário (GTV ou GTV-T), os linfonodos regionais metastáticos (GTV-N) ou metástase à distância (GTV-M). Em algumas situações clínicas particulares, o linfonodo metastático pode ser indistinguível do tumor primário. Nessas situações, um único GTV englobando o tumor primário e os nodais podem ser delineados (ICRU 83, 2010). A figura 1 é a ilustração de um tumor primário (GTV-T) de orofaringe.

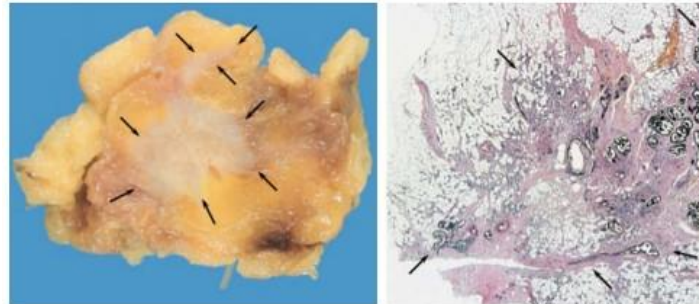
Figura 1 - Foto tirada com auxílio de um laringoscópio, com o paciente sob anestesia geral, que mostra o GTV de um tumor da parede lateral orofaríngea se estendendo para o seio piriforme lateral direito.



Fonte: ICRU 83 (2010).

O CTV (*Clinical Target Volume*), que engloba o GTV e uma margem que inclui possíveis extensões microscópicas da doença que não são visíveis nas imagens. A noção de doença maligna subclínica inclui a disseminação microscópica do tumor além dos limites do GTV, portanto fora do que pode ser observado, apalpado ou visualizado em uma modalidade de imagem específica (ICRU, 2010). A figura 2 ilustra um carcinoma após remoção cirúrgica (esquerda) e a visualização microscópica de projeções de células tumorais no tecido adiposo:

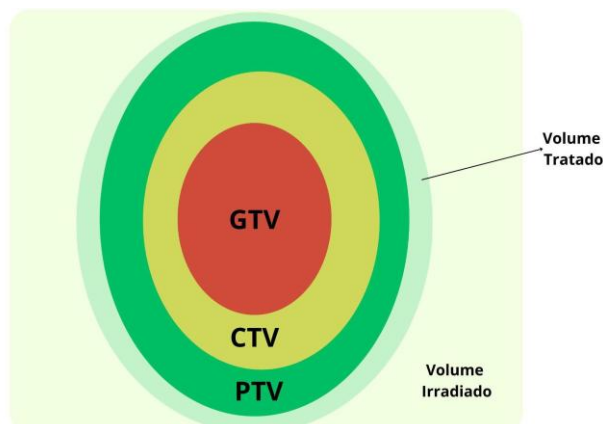
Figura 2 - Visão macroscópica (esquerda) e microscópica (direita) de um carcinoma de mama após remoção cirúrgica. As projeções de células tumorais no tecido adiposo adjacente estão marcadas com setas.



Fonte: ICRU 83 (2010).

Para garantir que o CTV seja coberto pela distribuição de dose planejada, é necessário que haja um volume a ser irradiado que tenha uma margem, a partir do CTV, que considera essas incertezas (STROOM, 1999). Para isso deve-se determinar qual a melhor margem para cada sítio de tratamento, definindo-se assim, o Volume de Tratamento Planejado (PTV). O PTV é a margem geométrica que engloba o volume CTV levando em consideração erros de posicionamento e movimentação. A margem de erro de posicionamento leva em consideração as incertezas no posicionamento do paciente, erros associados ao alinhamento dos feixes terapêuticos durante o planejamento de tratamento e ao longo de todas as frações (ICRU, 2010). A figura 3 é uma representação das margens de planejamento definidas pela ICRU no relatório.

Figura 3 - Representação dos volumes e margens de planejamento.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O Volume Tratado representa o sítio anatômico que se planeja receber uma dose específica e que é envolvido pela superfície de isodose terapêutica correspondente ao nível de dose prescrita pelo médico. A forma, o tamanho e a posição do volume tratado em relação ao PTV devem ser registrados para avaliar e interpretar recorrências locais e complicações em tecidos normais, que podem estar fora do PTV, mas dentro do volume tratado. O Índice de Conformidade é a razão entre o PTV e o volume tratado e indica o quão bem o PTV é coberto pelo tratamento, minimizando a dose para tecidos normais (ICRU, 2010).

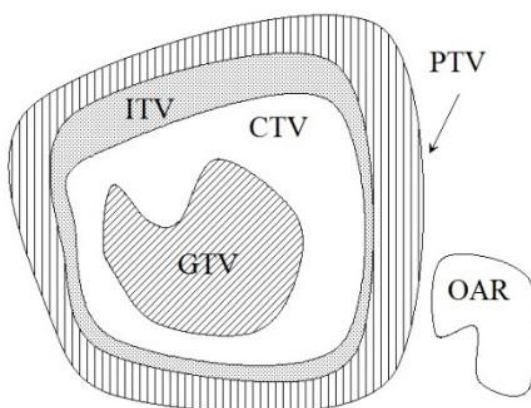
O Volume Irradiado representa o volume de tecido que é irradiado a uma dose considerada significativa em termos de tolerância do tecido normal e depende da técnica de tratamento utilizada. O tamanho do volume irradiado em relação ao volume tratado pode aumentar com o aumento do número de feixes e campos, mas ambos os volumes podem ser reduzidos pela modulação do feixe e pela terapia conformacional (BARRETT, et al., 2009).

Os órgãos de risco (OARs) são tecidos saudáveis cuja sensibilidade à radiação pode influenciar significativamente o planejamento do tratamento ou a dose prescrita. Quaisquer movimentos destes órgãos ou incertezas de posicionamento devem ser considerados para a definição de uma margem no planejamento semelhante aos princípios do PTV, denominada de volume de órgão de risco planejado (PRV). O tamanho da margem pode variar em diferentes regiões (BARRETT, et al., 2009).

Quando um PTV e um PRV estão próximos ou se sobrepõem, devem ser

adotadas estratégias que equilibrem os riscos relativos de recidiva tumoral e o dano ao tecido saudável. É possível poupar os OARs (Órgãos de Risco) adjacentes ao PTV com o uso da colimação feita pelo *multi-leaf* (MLC), com a adoção de modalidades de tratamentos como a IMRT e o VMAT, técnicas de imobilização, controle respiratório e utilização de modalidades de IGRT para o controle do posicionamento antes de durante o tratamento. Além disso, os histogramas dose-volume (DVHs) são usados para calcular distribuições de dose em tecidos normais (BARRETT, et al.,2009). A figura 4 é uma representação dos volumes de interesse definidos pela ICRU 50 e 62.

Figura 4 - Volumes e margens de planejamento.



Fonte: Podgorsak (2005).

2.1.4 Desafios provocados pela movimentação respiratória em tumores torácicos e abdominais.

Os movimentos entre as frações e intrafração são demandas cada vez mais importantes no tratamento de radioterapia guiada por imagem. Estes deslocamentos podem ser causados pelos movimentos do sistema respiratório, musculoesquelético, cardíaco e gastrointestinal. Destes quatro sistemas que geram o movimento dos órgãos e tecidos internos, o movimento respiratório é o que mais impacta na precisão da entrega de dose terapêutica. Uma vez que é capaz de mover as estruturas do tórax, abdômen e, em algumas situações, a pelve. O movimento respiratório varia diariamente. O tumor e os tecidos normais podem diminuir, aumentar e mudar de volume anatômico em resposta ao desenvolvimento da patologia e aos tratamentos

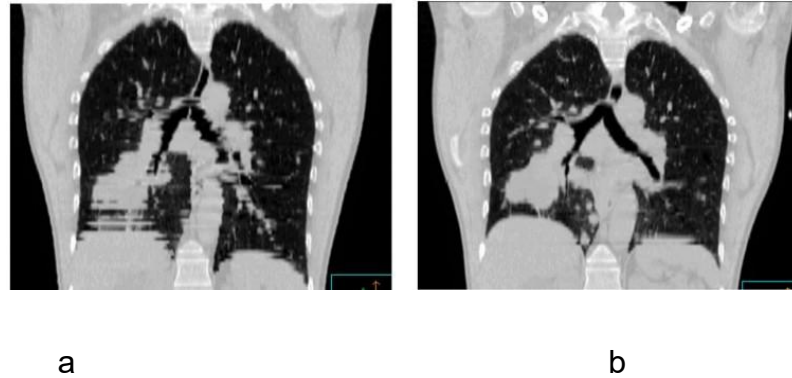
realizados para o seu controle (ZHANG et al., 2013).

A movimentação respiratória constitui um dos principais obstáculos na precisão da radioterapia em tumores localizados no tórax e abdômen, principalmente nas neoplasias de pulmão, mama, fígado, esôfago e pâncreas. Estes órgãos se deslocam com facilidade durante o movimento respiratório. Além disso, não há um padrão respiratório passível de generalizações. Cada paciente apresenta características individuais no padrão respiratório: a respiração natural em contraste com a profunda, a respiração peitoral em comparação com a abdominal e o padrão respiratório saudável versus o comprometido pela doença (KEALL, 2006).

Anatomicamente, os pulmões estão contidos na cavidade torácica, envoltos pelo espaço intrapleural. A inalação requer a participação ativa dos músculos respiratórios. Ao respirar, o volume crescente da cavidade torácica puxa o ar para dentro da cavidade. O músculo mais ativo na inspiração é o diafragma. À medida que o diafragma se contrai, ele desce e o abdômen se contrai. Os músculos intercostais conectam as costelas adjacentes e participam da inspiração normal. Eles se contraem durante a inalação, puxando as costelas superiormente e anteriormente, aumentando assim tanto a lateral quanto a parte anterior do tórax. A expiração é passiva durante o processo de respiração habitual, as paredes pulmonares e torácicas são elásticas e retornam passivamente às suas posições pré-inalação na expiração. O volume pulmonar ao final da expiração, denominado capacidade residual funcional, é o estado mais relaxado. Normalmente, o tempo de inspiração é maior do que o de expiração (CHAUDHRY et al., 2024).

O movimento respiratório deve ser levado em consideração desde a primeira aquisição de imagem para o planejamento. Se o movimento respiratório não for considerado, serão gerados artefatos de movimento durante a aquisição da imagem. Esses artefatos causam distorção do volume alvo e informações posicionais e volumétricas incorretas, prejudicando o planejamento (BENITES et al., 2016). A figura 5 compara duas imagens adquiridas por meio da tomografia computadorizada obtidas durante a respiração livre e com varredura com controle respiratório na expiração.

Figura 5 - Vistas coronais de tomografias computadorizadas do mesmo paciente, obtidas durante a respiração livre (a) e com varredura com controle respiratório na expiração (b).

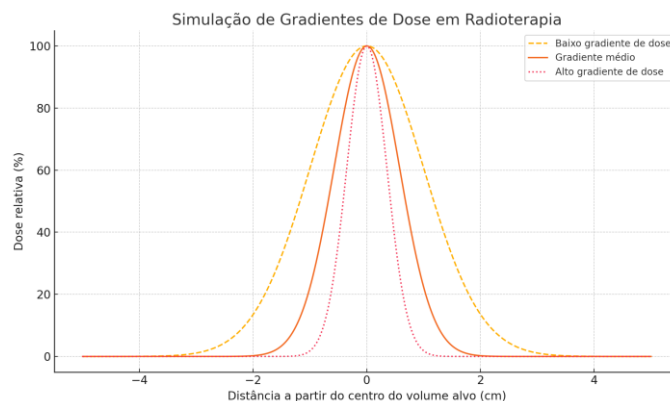


Fonte: Keall et al., 2002.

Durante o planejamento do tratamento, as margens precisam ser ampliadas para garantir a cobertura do alvo durante o tratamento. Geralmente, para tratamentos de câncer de pulmão, por exemplo, planejados por TC, são adquiridas sequências de imagens nas diferentes fases da respiração (inspiração, expiração e respiração livre). O GTV é delineado e uma margem é adicionada para incluir a disseminação microscópica suspeita, criando o volume do CTV. Também deve-se considerar o movimento respiratório e o quantificar a amplitude de movimento do tumor adicionando uma margem de tratamento para cobrir os limites de movimento, para isso, é adicionado o ITV (Volume do alvo interno). O ITV é uma expansão do CTV que considera as variações na posição do tumor devido a movimentos fisiológicos. Para determinar o ITV, utiliza-se frequentemente a tomografia computadorizada em quatro dimensões (4DCT), que captura imagens do tumor em diferentes fases do ciclo respiratório. Essa abordagem permite delinear um volume que engloba todas as posições ocupadas pelo tumor durante a respiração, garantindo que a dose prescrita seja adequadamente entregue ao longo do tratamento. Consequentemente, este aumento do volume de tratamento aumenta a probabilidade de efeitos adversos relacionados ao tratamento. No entanto, caso as margens não possuam o tamanho necessário, parte do CTV não receberá cobertura de dose adequada (KEALL et al., 2002; BENITES, 2016).

Por fim, a irradiação na presença de movimento intrafracional causa uma distorção da distribuição estática da dose ao longo do caminho do feixe. Esse deslocamento resulta em um desvio entre as distribuições de dose pretendidas e administradas. Assim, em tratamentos convencionais, o gradiente de dose, que é a variação da dose absorvida ao longo de uma determinada distância dentro do corpo do paciente, no isocentro de cada campo pode ser considerado pequeno, o efeito se manifesta por um desfoque da distribuição de dose pela anatomia que se move próximo às bordas do feixe, aumentando a penumbra do feixe (KEALL, 2006). A figura 6 representa um gráfico comparando diferentes gradientes de dose em radioterapia: a linha tracejada (Gradiente baixo) mostra uma queda lenta da dose, com maior exposição dos tecidos ao redor; a linha contínua (Gradiente médio) representa um equilíbrio entre cobertura tumoral e proteção tecidual e a linha pontilhada (Alto gradiente) mostra uma queda abrupta da dose, ideal para proteger os tecidos sadios em tratamentos SBRT.

Figura 6 - Comparação de diferentes gradientes de dose em radioterapia.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

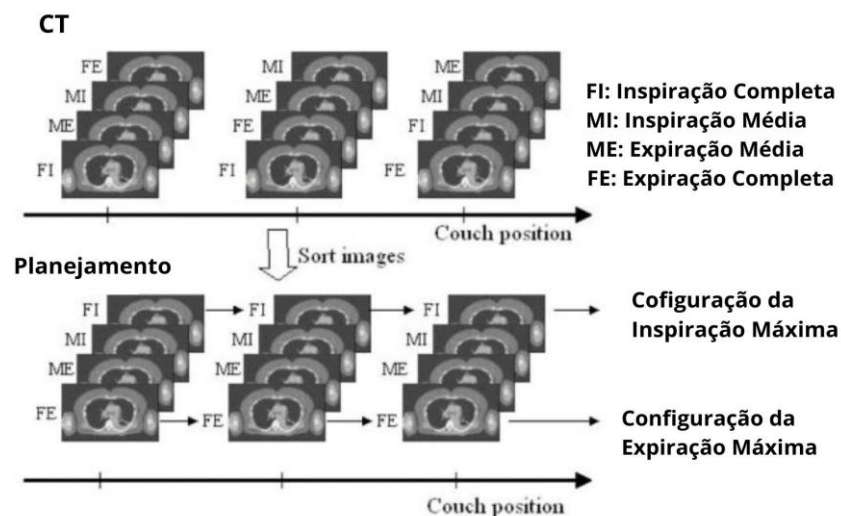
2.1.4.1 Estratégias tradicionais para o controle de movimento respiratório durante o tratamento

Para mitigar os efeitos negativos do movimento respiratório durante o tratamento de radioterapia, diversas estratégias tradicionais de controle respiratório são empregadas, visando otimizar a eficácia do tratamento e minimizar a exposição de tecidos saudáveis.

O Volume Interno do Alvo (ITV) é uma margem estratégica no planejamento. Sua principal função é garantir que o volume-alvo receba a dose prescrita de radiação durante todo o ciclo respiratório. O ITV é definido como a combinação do Volume Clínico do Tratamento (CTV) com uma Margem Interna (IM) que considera as variações na posição, forma e tamanho do CTV devido a movimentos fisiológicos. Essa margem adicional assegura que o tumor permaneça dentro do campo de irradiação durante todo o tratamento, mesmo com os movimentos internos do corpo.

A determinação do ITV em regiões torácicas envolve o uso da tomografia computadorizada em quatro dimensões (4DCT). Essa modalidade captura imagens do tumor em diferentes fases do ciclo respiratório, permitindo mapear sua movimentação. Com base nessas informações, delinea-se o ITV como a área que abrange todas as posições ocupadas pelo tumor durante a respiração. Desta maneira, a irradiação terapêutica ocorre com o paciente em respiração livre. Portanto, considera um volume-alvo maior do que o tamanho real da lesão, compatível com a movimentação intrínseca do tumor (BENITES, 2016). A figura 7 é um esquema do processo de TC 4D. As imagens são adquiridas para diversas fases respiratórias. A aquisição da imagem é sincronizada com o sinal respiratório, permitindo que todas as imagens de uma determinada fase do ciclo respiratório sejam correlacionadas em uma imagem 3D completa. Todas as fases, juntas, formam um conjunto de dados de TC-4D.

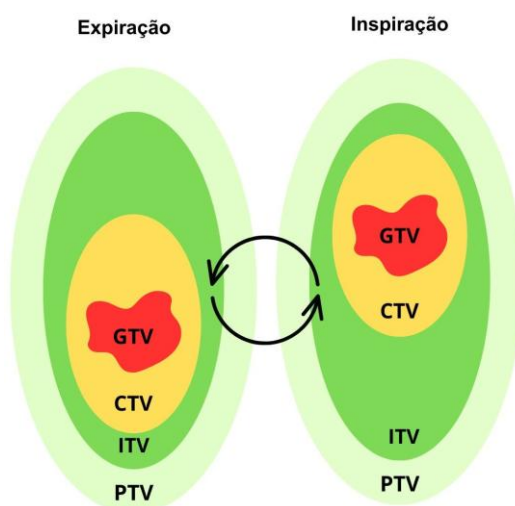
Figura 7 - Esquema de aquisição de uma TC-4D e sua aplicação no planejamento.



Fonte: Adaptado de ICRU (2006).

Embora o ITV seja uma ferramenta utilizada para compensar movimentos internos, sua determinação apresenta obstáculos, como as variações respiratórias, onde a amplitude e o padrão da respiração podem variar entre as sessões de tratamento. O que pode afetar a precisão do ITV determinado previamente; e as limitações do 4DCT, que podem não capturar todas as variações respiratórias, especialmente em pacientes com padrões respiratórios irregulares, levando a uma subestimação ou superestimação do ITV; e ao considerar um volume alvo maior do que o tamanho real da lesão, compatível com a movimentação intrínseca do tumor, aumenta-se o volume irradiado (KEALL, 2006). A figura 8 representa a movimentação do tumor e suas extensões microscópicas, delineadas pelo CTV e PTV, e sua variação de posição em virtude do movimento respiratório.

Figura 8 - Representação gráfica do deslocamento do tumor devido ao movimento respiratório.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O método de controle respiratório também é aplicado para mitigar o movimento do PTV durante a radioterapia. Ele consiste em fazer a simulação e o tratamento do paciente em inspiração ou expiração. Comumente, é realizada uma tomografia de

simulação com o paciente controlando a fase respiratória desejada por meio de apnéia. O planejamento é baseado na imagem do paciente sob controle respiratório e durante o tratamento o paciente é orientado a reproduzir o mesmo padrão. Para a conferência do posicionamento de da região de tratamento é realizada uma conferência com o uso de um método de imagem, como o cone-beam e radiografias ortogonais frequentemente utilizadas em sistemas de IGRT (AAPM, 2006).

2.1.4.2 Estratégias de Controle Respiratório

Diversas estratégias de controle respiratório foram desenvolvidas a fim de minimizar o movimento respiratório e garantir maior conformidade e cobertura do PTV. Entre as mais utilizadas estão o *gating* respiratório e o *Deep Inspiration Breath Hold* (DIBH).

2.1.4.3 Gating Respiratório

O *gating* respiratório é uma técnica que sincroniza a entrega da radiação com um determinado ponto do ciclo respiratório. O *gating* respiratório costuma exigir um esforço menor por parte do paciente durante a apneia, além disso, devido à sua natureza não invasiva, o *gating* utiliza um sinal respiratório externo, desta forma, pode ser aplicado em um maior número de pacientes. Frequentemente, é utilizado um sistema que monitora o ciclo respiratório do paciente com a ajuda de um marcador no tórax ou uma câmera infravermelha. O sistema de *gating* coordena o acionamento do feixe apenas quando o tumor estiver no posicionamento ideal, ou seja, coberto pelo PTV (BENITES, 2016).

Durante a simulação, um sensor reflexivo a radiação infravermelha é utilizado como marcador de controle respiratório. O marcador externo é colocado na superfície abdominal anterior do paciente, normalmente no meio entre o apêndice xifoide e o umbigo. A posição exata é escolhida para maximizar o movimento induzido pela respiração. O sensor deve ser colocado de maneira a permitir que a câmera infravermelha da sala detecte com precisão os marcadores reflexivos (KEALL, 2006). A figura 9 é a reprodução comercial do uso de um marcador de controle respiratório para tratamentos de radioterapia.

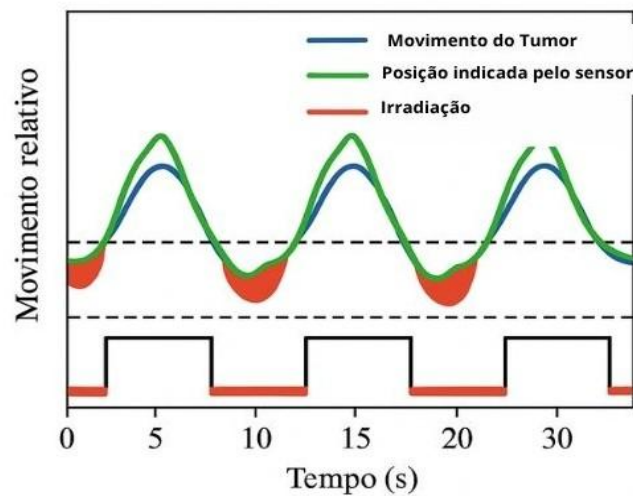
Figura 9 - Simulação do uso de marcador externo para controle respiratório.



Fonte: Varian Medical Systems (2025).

Durante o tratamento, o marcador é posicionado como na simulação. Em seguida, deve ser adquirida uma imagem de conferência no ciclo respiratório desejado, uma vez que um traço de respiração estável foi estabelecido, a administração do tratamento é iniciada (KEALL, 2006). A figura 10 representa no movimento do marcador externo com o movimento interno do GTV, o disparo do feixe terapêutico é destacado em vermelho.

Figura 10 - Representação do movimento dos marcadores e do GTV.



Fonte: Adaptado de Keall et al. (2002).

A aplicabilidade do *gating* é especialmente indicada em situações em que o movimento respiratório provoca deslocamento significativo do volume tumoral, comprometendo a precisão do tratamento e aumentando o risco de toxicidade em tecidos saudáveis. Entre as principais indicações clínicas para o uso do *gating* respiratório estão os tumores pulmonares, sobretudo aqueles localizados nos lobos inferiores ou próximos ao diafragma, onde a movimentação com a respiração pode ultrapassar 1 cm. Nesses casos, o *gating* permite uma administração mais precisa da dose, sendo fundamental em técnicas como a SBRT, que utilizam altas doses por fração e margens de segurança reduzidas (BENITES, 2016).

O *gating* também é indicado no tratamento de tumores hepáticos, que apresentam deslocamentos consideráveis com a respiração. Nesses casos, a técnica permite irradiar o tumor de forma mais segura, poupando órgãos adjacentes como rins, estômago e intestino. Situação semelhante ocorre nos tumores de esôfago e pâncreas, onde o controle respiratório contribui para uma melhor conformidade do plano terapêutico e proteção das estruturas críticas próximas, como a medula espinhal (OH et al, 2019).

Além disso, a técnica pode ser aplicada em casos de tumores mediastinais e linfonodais torácicos, como em pacientes com linfoma de Hodgkin, nos quais o *gating*

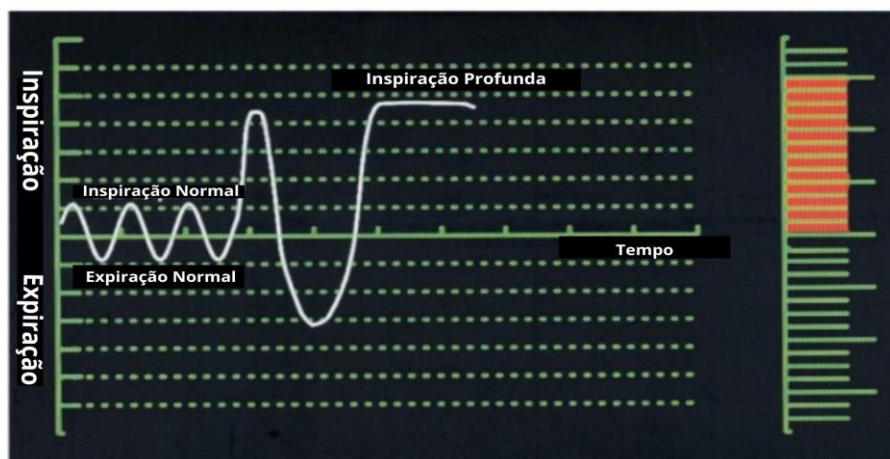
pode ajudar a limitar a dose recebida por pulmões e coração. Em geral, considera-se o uso do *gating* quando a movimentação do tumor durante a respiração excede 5 mm em qualquer direção, conforme avaliações realizadas pela tomografia 4D (AZNAR et al., 2021).

2.1.4.4 Deep Inspiration Breath Hold (DIBH)

O DIBH é uma técnica que envolve a realização de uma inspiração profunda seguida da manutenção de uma apneia voluntária durante um determinado tempo, normalmente entre 20 e 40 segundos. Ao inflar os pulmões, há um deslocamento do coração em direção posterior e inferior, e a expansão pulmonar promove um aumento do volume torácico e diminuição da densidade pulmonar e maior separação entre órgãos adjacentes, o que contribui para a proteção dos órgãos de risco (SILVA et al., 2010). O DIBH pode ser guiado por diversos sistemas de sensores, marcadores e também pela monitoração óptica, como a Surface Guided Radiation Therapy (SGRT), que permite verificar em tempo real a posição da superfície torácica, garantindo que o tratamento seja realizado apenas quando a posição desejada for alcançada (KÜGELE et al., 2019).

Para a realização do tratamento em DIBH, é necessário a realização de um treinamento respiratório a fim de que o paciente se familiarize com o procedimento alguns dias antes da TC de simulação, também realizada em DIBH. A reprodutibilidade da manobra é determinada pelo nível espirométrico, referente ao volume de ar nos pulmões em um determinado momento do ciclo respiratório, que deve ser medido e monitorado por meio da espirometria (KÜGELE et al., 2019). A figura 11 é a representação dos traços espirométricos de um paciente submetido ao tratamento em DIBH.

Figura 11 - Monitoração do ciclo respiratório de um paciente submetido ao tratamento em DIBH.



Fonte: Traduzido de Rosenzweig et al., (2000).

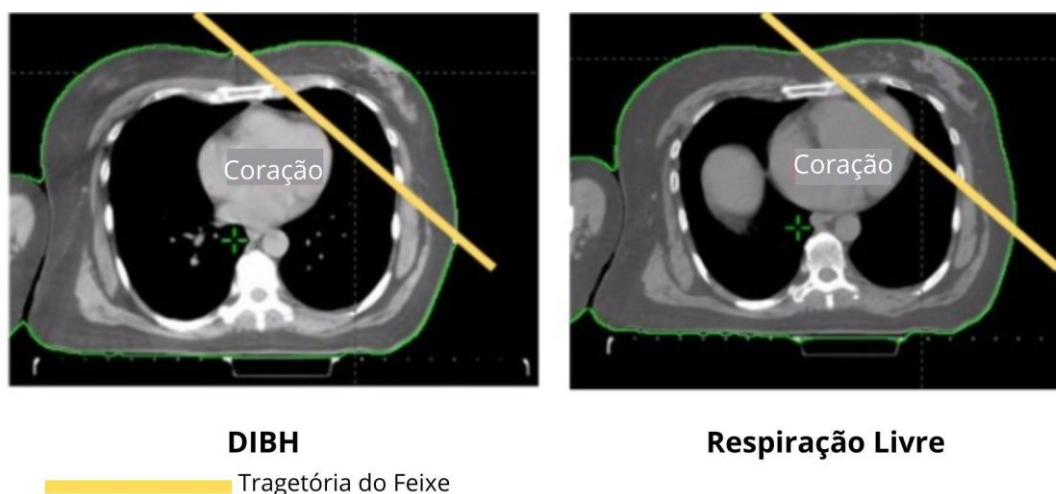
Tradicionalmente, para monitorar os níveis de inflação pulmonar, os pacientes respiram através de um bocal conectado a um espirômetro pneumotógrafo de pressão diferencial conectado a um computador. Um clipe nasal é utilizado para evitar a respiração nasal. Durante a manobra DIBH, o nível de inflação pulmonar do paciente é exibido como um traçado do volume espirométrico em função do tempo na tela de monitoramento. Os técnicos em radioterapia orientam verbalmente o paciente durante a manobra enquanto observam o monitor (ROSENZWEIG et al, 2000).

Com a utilização de sistemas SGRT para realização da manobra DIBH, não se faz necessário o uso de bocais para o controle respiratório. A monitoração contínua da superfície do paciente é associada a métodos avançados de aquisição de imagem e o disparo do feixe terapêutico é sincronizado ao ciclo respiratório do paciente. Tornando o processo de tratamento mais confortável (KÜGELE et al., 2019).

A técnica DIBH é uma abordagem projetada para tratar tumores de tórax, especialmente tratamento de neoplasias de mama esquerda, com doses mais altas de radiação, ao mesmo tempo que limita o risco de toxicidade cardíaca e pulmonar. O que pode levar a um melhor controle local do tumor ao mesmo tempo que diminui os efeitos adversos nos órgãos adjacentes (ROSENZWEIG et al, 2000; PIRES et al,

2023). A Figura 12 demonstra a diferença de percurso do feixe, em amarelo, em um tratamento com respiração livre e em DIBH.

Figura 12 - Demonstração da diferença da trajetória do feixe terapêutico em inspiração profunda e em respiração livre.



Fonte: Traduzido de Rosenzweig et al., (2000).

Os maiores beneficiados com a técnica DIBH são pacientes acometidos por tumores de mama esquerda, que passaram com mastectomia e que possuem tolerância respiratória satisfatória durante a inspiração profunda. A aplicabilidade do DIBH reduz a dose do coração nos tratamentos radioterápicos para câncer de mama esquerda, consequentemente, a longo prazo diminui as complicações cardíacas (DUHAINI et al., 2021).

2.1.5 Radioterapia Guiada por Superfície (*Surface Guided Radiation Therapy-SGRT*)

Em 1979, Velkey et al. apresentaram pela primeira vez câmeras não métricas usadas para obter contornos de superfície do corpo humano com precisão. A SGRT foi introduzida na radioterapia por volta da virada do milênio e nos últimos anos foi implementada cada vez mais nas clínicas de radioterapia, sendo um dos seus maiores benefícios cobrir todo o fluxo de trabalho, do posicionamento até o final do tratamento, fornecendo o monitoramento posicional contínuo do paciente.

Em relação aos ganhos de eficiência, a varredura de superfície reduz significativamente o tempo do paciente na mesa de tratamento, uma vez que a SGRT proporciona um posicionamento do paciente mais rápido e preciso em comparação com a localização convencional de 3 pontos (VELKEY et al., 1979)

A utilização da Radioterapia Guiada por Superfície aumentou exponencialmente desde a abertura de disponibilidade no mercado de equipamentos médicos. Possuindo diversas indicações, como a utilização durante radiocirurgias (SRS e SBRT), para o monitoramento durante tratamentos em DIBH e em *gating* respiratório, para posicionamento inicial de extremidades e vigilância contínua de todos os tipos de tratamento (AL-HALLAQ, 2022).

2.1.5.1 Fundamentos técnicos da SGRT

Os sistemas de SGRT empregam múltiplas câmeras e através do princípio da triangulação, é reconstruído uma representação tridimensional da superfície do paciente que é relacionada ao sistema de coordenadas do tratamento e, em alguns sistemas, também calcula a localização do isocentro do tratamento dentro dessa superfície. A superfície é atualizada em tempo real pelo sistema durante o posicionamento do paciente e a administração do tratamento. Durante a entrega da dose, quaisquer inconsistências entre a superfície atual e a superfície de referência podem ser detectadas em tempo real. A superfície de referência é baseada na tomografia computadorizada adquirida para o planejamento do tratamento ou em uma imagem de superfície obtida anteriormente com o sistema SGRT (FREISLEDERER et al., 2022). A composição do mais utilizada no sistema SGRT é formada por uma câmera térmica, câmeras estereoscópicas e projetores de luzes estruturadas métricas. Estes sistemas podem ser disponibilizados em diferentes configurações e versões, dependendo do seu hardware e do fabricante (BRAINLAB, 2021).

A estrutura da câmera térmica 4D é composta por duas câmeras estereoscópicas, que permite capturar imagens tridimensionais; uma câmera térmica que captura a radiação infravermelha e transforma em uma imagem que representa a diferenças de temperatura do corpo do paciente; e um projetor de luz estruturada de alta definição, que é um dispositivo que projeta padrões de luz complexos, como listras e grades, sobre um objeto para criar um mapa tridimensional. Ao analisar como esses

dados e padrões se comportam sobre a superfície do paciente, é possível reconstruir seu contorno com precisão (FREISLEDERER et al., 2022). As imagens estereoscópicas são constituídas pela união de duas imagens ligeiramente distintas e emulam a visualização humana. A figura 13, demonstra a disposição de cada componente da câmera 4D (BRAINLAB, 2021).

Sobre o funcionamento do projetor de luz, Mendes et al. (2022) afirma que:

O projetor de luz estruturada emite um padrão na superfície do paciente, detectado pelas duas câmeras ópticas. As imagens desse padrão são usadas para calcular um mapa 3D da superfície do paciente. Além disso, uma matriz térmica 2D é criada a partir do sinal de calor do paciente, captado pela câmera térmica integrada. Essas duas matrizes são combinadas para calcular uma matriz híbrida 3D+térmica, contendo informações espaciais e térmicas de cada ponto da superfície do paciente (MENDES et al., 2022).

Figura 13 - Câmera 4D e seus componentes. 1: câmeras estereoscópicas, 2: projetor de luz estruturada de alta definição e 3: câmera térmica.



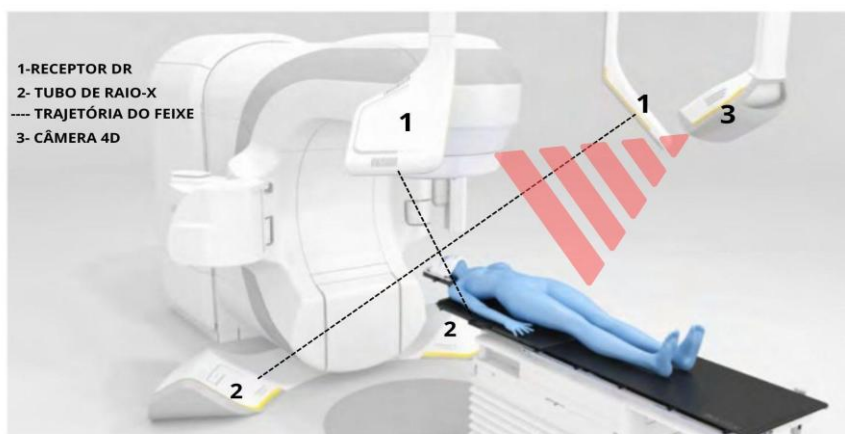
Fonte: BRAINLAB (2021).

A fim de reforçar o controle posicional, pode ser adicionado ao SGRT um sistema IGRT baseado na aquisição de imagens produzidas com o uso de radiação ionizante. Uma das ferramentas utilizadas é um sistema de raios-x na faixa de energia kV para registro da estrutura óssea dos pacientes, a fim de determinar a posição 3D exata para o tratamento (MENDES et al., 2022).

A configuração dos equipamentos de raios-x é feita de maneira oblíqua a mesa

de tratamento e ao isocentro mecânico da sala. São instalados dois tubos de raios-x no chão e os receptores de imagem DR no teto. O trajeto do feixe de raios-x forma um ângulo de 90°. As imagens adquiridas são fundidas com imagens DRR derivadas da tomografia de simulação. A diferença posicional é comparada pelo *software* do equipamento, que define as coordenadas de movimento da mesa robótica necessárias para a correção do posicionamento (BRAINLAB, 2015). A figura 14 demonstra a disposição do sistema de raio-x na sala de tratamento.

Figura 14 - representação dos equipamentos de SGRT instalados na sala de tratamento.



Fonte: adaptado de BRAINLAB (2021).

A radioterapia guiada por superfície pode utilizar diversos dispositivos e mecanismos para mapear a superfície do paciente, como também pode ser associada a outras modalidades de imagem para aumentar a qualidade das informações do posicionamento anatômico e, conseqüentemente, a precisão do tratamento (FREISLEDERER et al., 2020). A figura 15 expõe dois sistemas de SGRT monitorando em tempo real o tratamento de radioterapia e o desvio rotacional e translacional do paciente.

Figura 15 - Sistemas de monitoramento do posicionamento do paciente baseado na superfície durante o tratamento.



Fonte: BRAINLAB (2021); GENESISCARE (2022).

Desta forma, os sistemas de SGRT geram o aperfeiçoamento posicional na radioterapia ao permitir o monitoramento em tempo real da posição do paciente com precisão e sem o uso de radiação ionizante. A utilização de câmeras estereoscópicas, projeção de luz estruturada e sensores térmicos possibilita a reconstrução tridimensional detalhada da superfície corporal, promovendo maior controle do posicionamento e segurança durante o tratamento. Quando integrados a sistemas IGRT baseados em raios-X, esses dispositivos ampliam a acurácia na localização do isocentro e na correção de desvios, contribuindo para uma entrega de dose mais precisa e eficaz. Essa combinação de tecnologias reforça a tendência de personalização e sofisticação nos tratamentos radioterápicos, especialmente em técnicas avançadas como SBRT e tratamentos com controle respiratório (ABFM, 2023; FREISLEDERER, 2020).

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo desta dissertação optou-se pelo desenvolvimento de uma revisão integrativa da literatura, que adota uma abordagem qualitativa. Segundo CRESWELL (2007), a pesquisa qualitativa trata de informações que não podem ser quantificadas, buscando compreender, interpretar e sintetizar conteúdos complexos. Neste estudo, a finalidade foi justamente a interpretação e a síntese das informações presentes na literatura sobre o tema da aplicação da SGRT no manejo respiratório em Radioterapia.

Quanto aos objetivos, essa pesquisa caracteriza-se como descritiva. Para Oliveira (2011), a pesquisa descritiva busca descrever um fenômeno ou situação em detalhe, especialmente o que está ocorrendo, permitindo abranger, com exatidão, as características de um indivíduo ou uma situação, bem como desvendar a relação entre os eventos.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica, baseada na análise de publicações científicas e fontes especializadas pertinentes ao tema (LIMA, MIOTO, 2025; MARTINS, THEÓPHILO, 2016).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A literatura científica pode ser investigada por meio de diferentes tipos de revisão, cada um com objetivos e métodos específicos. Essas abordagens permitem organizar, sintetizar e interpretar o conhecimento já produzido sobre um determinado tema, oferecendo uma base sólida para a construção da pesquisa. Diferentes tipos de revisão são utilizados conforme os objetivos do estudo, cada um com características específicas (GALVÃO et al., 2019).

A revisão narrativa não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise da literatura. A busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações e não aplica estratégias de busca sofisticadas. A seleção dos estudos e a interpretação das informações estão sujeitas ao viés subjetivo do autor. Esta modalidade de revisão bibliográfica é ideal para a fundamentação teórica de artigos, dissertações, teses, trabalhos de conclusão de cursos (UNESP, 2015).

A revisão sistemática é um tipo de investigação científica que caracteriza-se pelo rigor metodológico. Nessas revisões são consideradas estudos observacionais

retrospectivos ou estudos experimentais de recuperação e análise crítica da literatura. Testam-se hipóteses e tem como objetivo levantar, reunir, avaliar criticamente a metodologia da pesquisa a fim de sintetizar os resultados de diversos estudos primários. Utiliza métodos sistemáticos e explícitos para recuperar, selecionar e avaliar os resultados de estudos relevantes. Reúne e sistematiza os dados dos estudos primários. É considerada a evidência científica de maior grandeza e são indicadas na tomada de decisão na prática clínica ou na gestão pública (GALVÃO et al., 2019).

A revisão integrativa surgiu como alternativa para revisar e combinar estudos com diversas metodologias. Tem o potencial de promover os estudos de revisão em diversas áreas do conhecimento. O método de revisão integrativa permite a combinação de dados da literatura empírica e teórica que podem ser direcionados à definição de conceitos, identificação de lacunas nas áreas de estudos, revisão de teorias e análise metodológica dos estudos sobre um determinado tópico. A combinação de pesquisas com diferentes métodos combinados na revisão integrativa amplia as possibilidades de análise da literatura (MENDES et al., 2008).

Apesar de não possuir o mesmo rigor metodológico de uma revisão sistemática, a revisão integrativa da literatura apresenta a vantagem de reunir e analisar estudos teóricos, experimentais e não experimentais, oferecendo uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado. Esse tipo de revisão favorece discussões sobre métodos e resultados já publicados. Ao combinar dados provenientes da literatura teórica e empírica, contribui para a construção de um panorama consistente sobre conceitos, teorias ou problemas complexos na área da saúde (SOUZA et al., 2010).

Nesse contexto, utilizou-se também a bibliometria como recurso metodológico complementar. Trata-se de uma ferramenta que permite mapear e gerar diferentes indicadores de tratamento e gestão da informação e do conhecimento científico, aplicáveis tanto ao planejamento e avaliação quanto à gestão da ciência e da tecnologia em determinada comunidade científica ou país. A bibliometria reúne um conjunto de técnicas quantitativas voltadas à literatura científica, permitindo identificar padrões de publicação e os autores mais produtivos, bem como mapear redes de colaboração e a evolução temporal das pesquisas (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

3.2 MÉTODOS APLICADOS

Para o desenvolvimento desta revisão foi utilizado o protocolo de revisão integrativa da biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (anexo 1). As etapas do desenvolvimento do protocolo foram: identificação do tema e delineamento da pergunta de pesquisa; definição dos critérios de inclusão e exclusão; construção da estratégia de busca, categorização dos estudos, considerando os aspectos de inclusão e exclusão; avaliação e análise do conteúdo e exposição dos achados.

A pergunta que delineou essa revisão foi: “De que maneira o uso da técnica *Surface Guided Radiation Therapy* (SGRT) contribui para o manejo respiratório de pacientes em radioterapia, e quais são seus benefícios, limitações e aplicações clínicas segundo a literatura científica recente?”

Para a formulação dessa pergunta, utilizou-se a estratégia PICO (acrônimo para *population, interest, context, outcomes*), em que: P (paciente/problema) corresponde a pacientes submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório; I (intervenção) refere-se à utilização da técnica SGRT; C (comparação) envolve outras abordagens convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT; e O (desfecho) compreende os benefícios clínicos e técnicos, como maior precisão no posicionamento, melhor manejo da movimentação respiratória e possíveis reduções em toxicidade e margens de planejamento. A adoção dessa estratégia na formulação da pergunta de pesquisa, no contexto dos métodos de revisão, permite identificar descritores ou palavras-chave que facilitam a busca e a localização de estudos relevantes nas bases de dados (SANTOS et al., 2007). A formulação da pergunta de pesquisa foi estruturada por meio da estratégia PICO, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Construção da pergunta de pesquisa segundo PICO

Abreviação	Definição	Descrição
P População	Pacientes submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório.	Radioterapia; Terapia com manejo respiratório; e Radioterapia com controle respiratório.
I Intervenção	Uso da técnica de Radioterapia Guiada por Superfície.	Radioterapia Guiada por Imagem Sigla: IGRT (Image-Guided Radiation Therapy); e Radioterapia Guiada por Superfície. Sigla: SGRT (Surface Guided Radiation Therapy).
C Comparação	Técnicas convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT.	Radioterapia com controle respiratório; Gating Respiratório; e Respiração Profunda com Suspensão da Respiração Sigla: DIBH (Deep Inspiration Breath Hold).
O Desfecho	Maior precisão no posicionamento, redução de margens do PTV, melhor controle do movimento respiratório, redução de toxicidade.	Posicionamento do paciente; Erros de posicionamento; Efeitos adversos em radioterapia; Erros de Configuração em Radioterapia ou Erros de setup; Resultado do Tratamento; e Gerenciamento do Movimento.

Fonte: da autora (2025).

Para recuperação de documentos foram utilizadas as seguintes bases de dados específicas na área da saúde: EMBASE, Pubmed e LILACS/BVS. Como fontes multidisciplinares foram utilizadas as bases da Scielo, Scopus e *Web of Science* e Catálogo de teses e dissertações da CAPES. Foram aplicados filtros temporais para incluir apenas publicações no período de 2015 a 2025. Quanto ao idioma, consideram-se trabalhos em português, inglês e espanhol. Não houve restrição em relação à área

geográfica. A busca foi realizada pela pesquisadora entre os dias 04 e 19 de setembro de 2025 e repetida no dia 30 de dezembro de 2025 para garantir a inclusão de todos os artigos publicados neste último ano. Para o acesso às bases foi utilizado o VPN (*Virtual Private Network*) da rede IFSC-ALUNOS.

A coleta dos estudos baseou-se em 3 estratégias de busca: na primeira foram utilizados os termos Radioterapia Guiada por Imagem e suas relações e Suporte Ventilatório Interativo e suas relações. Para a segunda estratégia, foram utilizados os mesmos termos utilizados na primeira estratégia, adicionando os termos Respiração e Radioterapia e suas relações. Para o Catálogo de teses e dissertações da CAPES utilizou-se uma terceira estratégia que incluía a Radioterapia Guiada por Imagem e Respiração na busca de teses e dissertações publicadas. Para o alcance dos resultados, foi necessário utilizar os filtros disponíveis nas bases de dados: tipos de estudo, período de publicação, linguagem, entre outros.

Os critérios de inclusão considerados foram: artigos, dissertações e teses publicados; disponibilizados na íntegra (*free-full text*), estudos desenvolvidos com pacientes humanos; e trabalhos que abordassem a utilização da técnica SGRT no contexto do controle respiratório durante a radioterapia. Foram excluídas publicações que tratavam isoladamente de modalidades de IGRT distintas à SGRT, estudos que utilizaram a SGRT como o uso exclusivo para posicionamento inicial, monitoramento de fantasmas, bem como publicações do tipo editorial, cartas ao editor, revisões narrativas e trabalhos opinativos.

O processo de triagem e seleção de estudos foi realizado com auxílio da plataforma Rayyan. A Rayyan é uma ferramenta online gratuita desenvolvida pelo *Qatar Computing Research Institute* (QCRI) para auxiliar na condução de revisões sistemáticas, integrativas e outros tipos de revisões de literatura (OUZZANI et al., 2016). Os estudos encontrados nas bases de dados a partir das estratégias de busca foram importados para a plataforma no formato de arquivo RIS (*Research Information Systems*). Após a importação de todos os arquivos foram removidos os artigos duplicados, mantendo apenas um exemplar.

O processo de triagem e seleção foi realizado em duas etapas: a primeira, por meio da leitura dos títulos e resumos; a segunda, pela leitura completa dos trabalhos selecionados. A seleção e extração dos dados foram conduzidas por dois revisores de forma independente, com resolução de divergências por consenso. As informações

extraídas foram organizadas em três tabelas, conforme o Apêndice A. Onde os estudos foram categorizados segundo a região de tratamento (mama, tórax e abdome) contendo: título, autores, ano de publicação, e o país de origem.

A análise dos dados foi conduzida qualitativamente, buscando identificar padrões, convergências, tendências e lacunas na literatura, com foco nas contribuições da SGRT para a precisão do tratamento, segurança do paciente e eficácia terapêutica em radioterapia guiada por superfície. Em seguida, os estudos foram categorizados em temas que se encontram como subcapítulos nos resultados.

4 RESULTADOS

A estratégia de busca aplicada nas seis bases de dados específicas na área da saúde e de temáticas gerais constituíram o achado de 1.192 publicações. Destas, na base Embase foram identificados 32 artigos com a primeira estratégia de busca e 486 com a segunda. Na base PubMed, encontraram-se 4 artigos com a primeira estratégia e 211 com a segunda. Na base BVS, foram encontrados 2 artigos com a primeira estratégia, enquanto a segunda resultou em 347 publicações. Na base Scielo, não foram localizados artigos com a primeira estratégia e apenas 1 com a segunda. Na base Scopus, foram encontrados 3 artigos com a primeira estratégia e 1 com a segunda. Na base *Web of Science*, a busca resultou em 2 artigos com a primeira estratégia e 101 com a segunda. Por fim, no Catálogo de teses e dissertações da CAPES foram encontradas 2 pesquisas. A tabela 2 apresenta as estratégias de busca realizadas para a seleção dos artigos e pesquisas incluídos no estudo.

Tabela 2 - Estratégias de buscas desenvolvidas e seus resultados.

Descritores	Bases de Dados	Artigos Localizados
(("Radioterapia Guiada por Imagem" OR "Image-Guided Radiation Therapy" OR "IGRT" OR "Radioterapia Guiada por Superfície" OR "SGRT" OR "Surface Guided Radiation Therapy" OR "Radiotherapy, Image-Guided" OR "Radioterapia Guiada por Imagen") AND ("Suporte Ventilatório Interativo" OR "Interactive Ventilatory Support" OR "Soporte Ventilatorio Interactivo" OR "Controle respiratório" OR "control respiratorio" OR "respiratory control" OR "Manejo respiratório" OR "respiratory management" OR "manejo respiratorio"))	Embase	32
	Pubmed	4
	LILACS/BVS	2
	Scielo	0
	Scopus	3

	Web of Science	2
(("Radioterapia Guiada por Imagem" OR "Image-Guided Radiation Therapy" OR "IGRT" OR "Radioterapia Guiada por Superfície" OR "SGRT" OR "Surface Guided Radiation Therapy" OR "Radiotherapy, Image-Guided" OR "Radioterapia Guiada por Imagen") AND ("Suporte Ventilatório Interativo" OR "Interactive Ventilatory Support" OR "Soporte Ventilatorio Interactivo" OR "Controle respiratório" OR "control respiratorio" OR "respiratory control" OR "Manejo respiratório" OR "respiratory management" OR "manejo respiratorio" OR "Respiração" OR "breathing" OR "respiración") AND ("radioterapia" OR "Radiotherapy"))	Embase	486
	Pubmed	211
	LILACS/BVS	347
	Scielo	1
	Scopus	1
	Web of Science	101
Radioterapia Guiada por Imagem e Respiração	Catálogo de teses e dissertações da CAPES	2

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

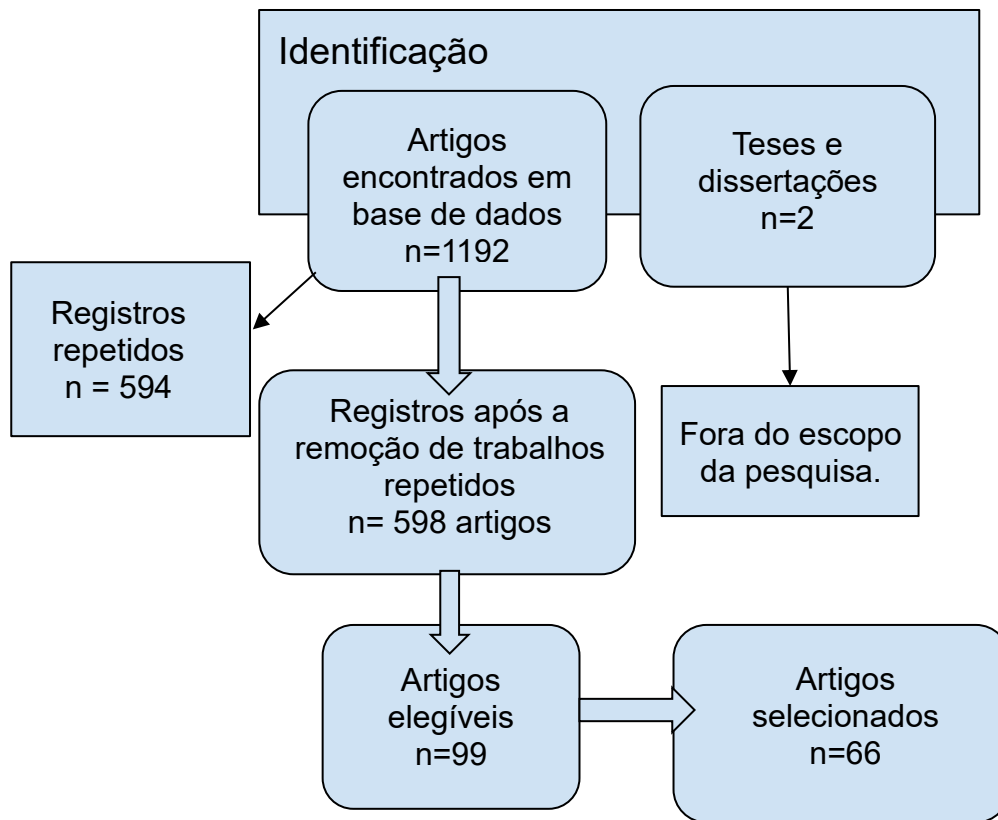
Dos 1.192 estudos encontrados, 594 estavam duplicados, segundo o sistema de triagem do *Rayyan*. Após a análise de cada artigo sinalizado como duplicado, restaram 598 artigos. A seleção das publicações adequadas à pesquisa seguiu com a

leitura dos títulos e resumos dos 598 artigos. Com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, foram selecionados para a inclusão nesta revisão integrativa 99 estudos. As pesquisas encontradas no Catálogo de teses e dissertações da CAPES não correspondiam ao tema desta pesquisa.

Posteriormente, a leitura integral dos textos selecionados permitiu a exclusão de artigos que não atendiam aos critérios e aos objetivos da pesquisa, com o foco na técnica de Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) e no manejo respiratório. Ao final desse processo, 66 publicações foram incluídas na análise integrativa.

O processo de seleção dos estudos está apresentado no fluxograma a seguir (Figura 16), conforme recomendado pela estratégia PRISMA (*Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*). A estratégia PRISMA é uma metodologia amplamente utilizada para revisões sistemáticas e meta-análises, cujo objetivo é garantir transparência, rigor e reprodutibilidade na busca, seleção, análise e relato dos estudos incluídos (PAGE et al., 2021).

Figura 16 - Fluxograma PRISMA da seleção de estudos.

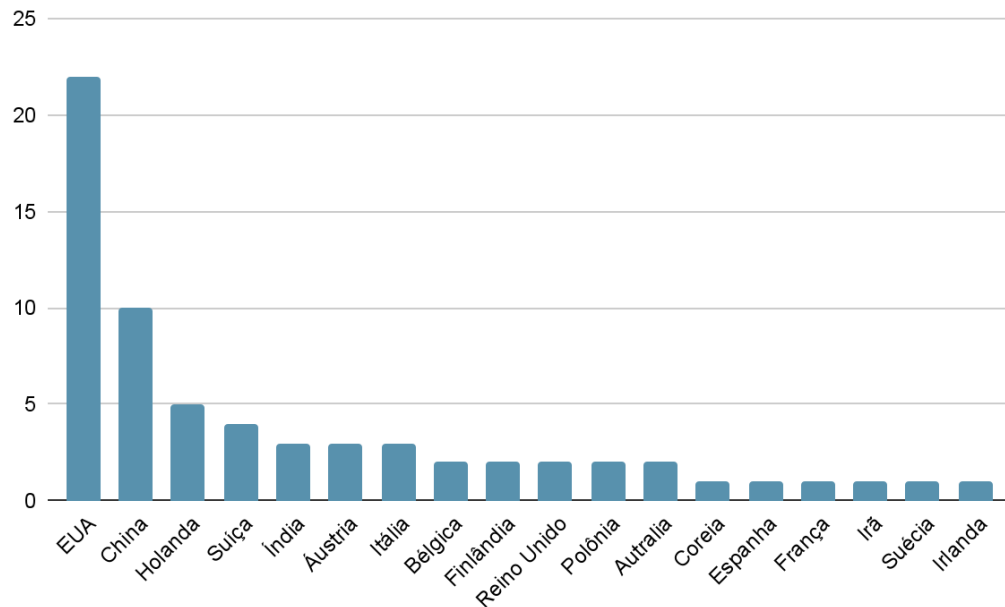


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A distribuição dos artigos publicados demonstra uma origem geográfica predominante nos Estados Unidos, com 22 publicações, o que representa uma liderança destacada em relação aos demais países. O segundo lugar em artigos publicados sobre o tema é ocupado pela China com 10 publicações. Outros países com participação relevante incluem a Holanda, com 5 artigos, Suíça com 4 trabalhos, a Áustria, Itália e Índia com 3 publicações. Bélgica, Finlândia, Reino Unido, Polônia, Austrália, aparecem com 2 artigos cada. Por fim, Coreia, Espanha, França, Irã, Suécia e Irlanda contribuíram com um artigo cada. Observa-se uma concentração da produção científica em países desenvolvidos, especialmente da América do Norte, Europa Ocidental e Ásia Oriental. O gráfico 1 demonstra a distribuição de artigos

publicados por países.

Gráfico 1: Distribuição de artigos publicados por países.



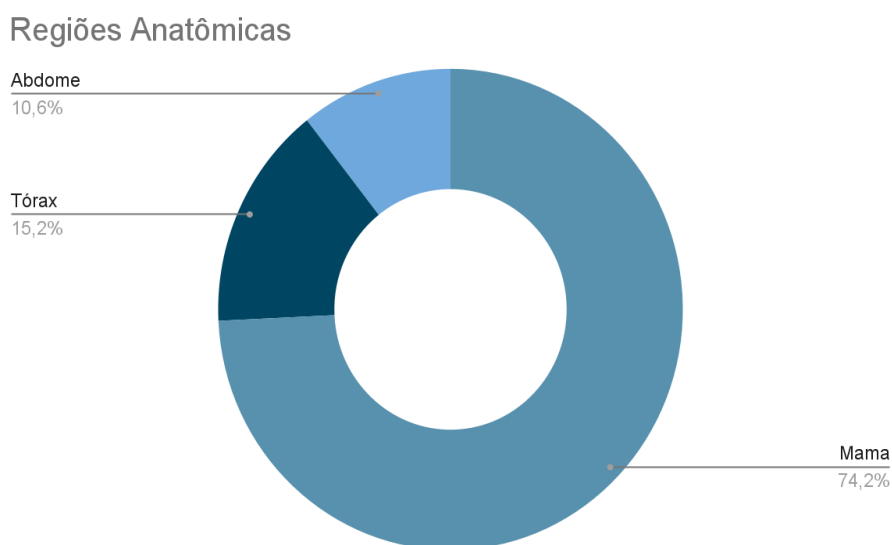
Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em relação aos autores mais produtivos e núcleos recorrentes de pesquisa, destaca-se LI (17 publicações), ZHANG (8 publicações), WANG (6 publicações) e ROSSI (4 publicações), que concentram o maior número de publicações incluídas nesta revisão. Embora a maioria dos estudos seja oriunda de instituições estadunidenses, observa-se uma contribuição expressiva de autores asiáticos, particularmente chineses, refletida tanto na sua frequência como autores quanto na diversidade temática abordada. Esses autores aparecem majoritariamente associados a investigações envolvendo tórax, área nas quais a produção asiática tem se mostrado consistente. Em contraste, autores europeus como BERG, KÜGELE e LAAKSOMAA estão mais frequentemente vinculados a estudos de mama, com ênfase em técnicas de *Deep Inspiration Breath Hold* (DIBH). Dessa forma, a correlação entre autores, regiões anatômicas e origem geográfica sugere que, apesar da

predominância quantitativa de publicações estadunidenses, o avanço do conhecimento em Radioterapia Guiada por Superfície resulta de um esforço global no qual a contribuição asiática e europeia desempenha papel fundamental na consolidação e expansão das aplicações clínicas da técnica.

Em relação a distribuição dos artigos por região anatômica incluídos na revisão evidencia uma predominância significativa de estudos relacionados à região da mama, que correspondeu a 49 publicações. A segunda região mais abordada foi o tórax, com 10 artigos, seguida pelo abdômen, com 7 estudos. Duas publicações citam duas áreas anatômicas diferentes, sendo contabilizadas nas duas subdivisões. O gráfico 2 demonstra a distribuição em porcentagem por região anatômica.

Gráfico 2: Distribuição de publicações por região de tratamento.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

A análise integral dos 66 artigos selecionados permitiu a identificação de três categorias temáticas predominantes: SGRT em mama, tórax e abdome. Para viabilizar uma exposição estruturada dos resultados, tais eixos foram organizados em subcapítulos distintos. A divisão por região anatômica foi mantida nos subcapítulos

dos resultados e na construção das tabelas (Apêndice A), que contém um resumo dos estudos selecionados para esta revisão integrativa, destacando o título, os autores, o ano de publicação e o país de origem. Essa estratégia foi adotada em razão do elevado número de artigos identificados durante o processo de seleção, bem como das diferenças associadas à aplicação da Radioterapia Guiada por Superfície conforme o sítio anatômico avaliado. A estratificação adotada permitiu uma organização mais objetiva dos achados, possibilitando a análise de estudos com características semelhantes e facilitando a interpretação dos resultados. Além disso, essas regiões apresentam comportamentos distintos relacionados à movimentação respiratória, o que justifica sua avaliação de forma separada. Como produto decorrente desta dissertação, foi elaborado um manuscrito científico no formato de revisão integrativa, com vistas à submissão à Revista Brasileira de Física Médica, o qual se encontra apresentado na íntegra no Apêndice B.

4.1 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS DE MAMA EM DIBH

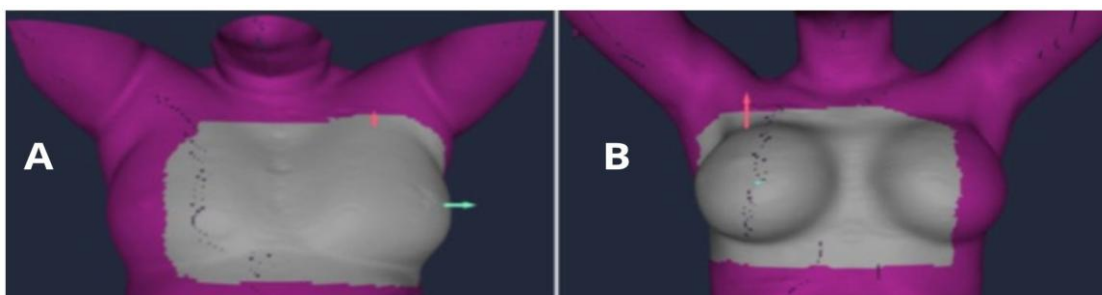
A radioterapia adjuvante após a cirurgia conservadora da mama é amplamente reconhecida como tratamento padrão, reduzindo significativamente o risco de recorrência locorregional. O número crescente de pacientes diagnosticadas precocemente, aliado aos avanços tecnológicos em oncologia, resultou em maior sobrevida e, conseqüentemente, em maior preocupação com os efeitos tardios da radiação. Em pacientes com câncer de mama esquerda, a proximidade entre a parede torácica e o coração aumenta o risco de toxicidade cardíaca tardia, que pode envolver o miocárdio, o pericárdio, as válvulas e os vasos coronarianos, culminando em doenças como cardiopatia isquêmica e defeitos de perfusão miocárdica (IPPOLITO et al., 2018; FREISLEDERER, 2018; HAMMING et al., 2019; NGUYEN et al., 2020). Diante disso, a redução da exposição cardíaca tornou-se um dos principais objetivos da radioterapia da mama esquerda.

No contexto do monitoramento intrafração, o SGRT apresenta vantagens significativas. A superfície do paciente é continuamente rastreada, e qualquer deslocamento fora das tolerâncias pré-definidas pode ser identificado de forma imediata. Quando o sistema está integrado ao acelerador linear, a interrupção

automática do feixe terapêutico em caso de movimentação do paciente representa uma camada adicional de segurança radiobiológica, prevenindo irradiações incorretas e garantindo que a dose seja entregue apenas durante a apneia inspiratória correta (FREISLEDERER, 2018).

Para o rastreamento preciso, o sistema SGRT requer a definição de uma região de interesse (ROI) na superfície do paciente, que será rastreada e servirá como referência geométrica para todo o ciclo respiratório. A correta definição do ROI é um componente essencial da preparação do paciente, pois garante a detecção estável e precisa dos movimentos torácicos. Para tratamentos de mama, recomenda-se um ROI amplo, delimitado medialmente pela linha média do corpo e o mamilo contralateral, e superior-inferiormente desde a região supraclavicular até cerca de 2 cm abaixo do tecido mamário. Essa configuração amplia as diferenças geométricas detectadas pelo sistema, reduz ambiguidades na reconstrução óptica e diminui o risco de bloqueios de câmera durante técnicas de VMAT (LI et al., 2022). A figura 17 demonstra a seleção de ROI indicada.

Figura 17 - Definições de região de interesse (ROI) da mama para tratamentos de mama do lado esquerdo(a) e o ROI para o tratamento de mama implantada no lado direito (b).



Fonte: LI et al. (2022).

A superfície do paciente é monitorada em tempo real com o SGRT e comparada com a superfície adquirida durante a tomografia de simulação por meio do ROI, que indica uma porção da superfície que deve se correlacionar com precisão na região de tratamento. Por esse motivo, o ROI deve cobrir toda a mama e, se houver áreas de linfonodos, deverá ser estendido ligeiramente em direção à posição dessas áreas

(KADHIM et al. 2024).

4.1.1 Integração SGRT–IGRT no controle respiratório do tratamento de mama

A DIBH aplicada aos tratamentos de mama, requer monitoramento respiratório, o sistema SGRT oferece avaliação contínua, não invasiva e livre de radiação ionizante da superfície do paciente ao longo do ciclo respiratório. Entretanto, aspectos relacionados ao posicionamento e à estabilidade de estruturas anatômicas profundas ainda permanecem sob investigação clínica.

Segundo Laaksomaa et al. (2019), a precisão do rastreamento obtido com o SGRT durante o DIBH em *phantoms* é submilimétrica. Em pacientes reais, contudo, essa precisão pode ser influenciada por múltiplos fatores, como o método de posicionamento, o fluxo de trabalho na TC de simulação, o treinamento respiratório pré-tratamento, a seleção da região de interesse (ROI) no SGRT, além de variações decorrentes de deformações teciduais ou edemas. Diante dessas variáveis, muitos serviços de radioterapia adotam a integração do SGRT com sistemas de imagens radiológico para verificação (IGRT), a fim de confirmar a correspondência anatômica interna antes da irradiação.

Laaksomaa et al. (2022) compararam a conformidade do posicionamento das estruturas internas em dois grupos de pacientes submetidas à radioterapia de mama: Grupo A (AlignRT) e Grupo C (Catalyst). Ambos foram posicionados e monitorados em DIBH com sistemas SGRT de fabricantes distintas. Para verificar o alinhamento interno e externo, realizaram-se imagens ortogonais kV-kV utilizando o sistema TrueBeam. A Tabela 3 apresenta os desvios posicionais identificados nas imagens ortogonais após o posicionamento com auxílio dos sistemas SGRT.

Tabela 3 - Desvios de posicionamento e da amplitude torácica do Grupo A e C.

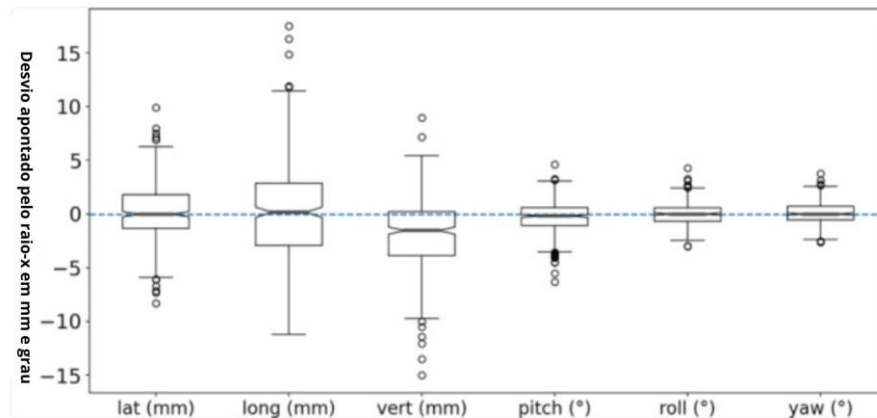
Desvios do Posicionamento Primário baseado no PTV		
	GRUPO A	GRUPO B
AP (Vertical)	0,5 ± 0,5 mm	1,5 ± 2,1 mm
CC (Longitudinal)	1,4 ± 2,0 mm	1,7 ± 2,4 mm
LAT (Lateral)	1,4 ± 1,3 mm	1,3 ± 2,2 mm
Desvio entre as vértebras e o Esterno (DIBH)		
AP (Vertical)	1,8 ± 1,4 mm	2,0 ± 1,7 mm
CC (Longitudinal)	2,4 ± 1,8 mm	3,2 ± 2,3 mm
Desvio do úmero		
CC (Longitudinal)	2,8 ± 2,5 mm	2,3 ± 2,8 mm
LAT (Lateral)	2,2 ± 1,7 mm	2,3 ± 1,8 mm

Fonte: adaptado de Laaksomaa et al., (2022).

Nas imagens ortogonais, os desvios residuais sistemáticos das estruturas ósseas foram ≤ 3 mm em ambos os grupos, reduzindo-se para ≤ 2 mm após os ajustes guiados por IGRT, com exceção da articulação do ombro. O sistema AlignRT® (Vision RT Ltd., Londres, Reino Unido) apresentou menores variações na amplitude torácica durante o DIBH quando comparado ao Catalyst™ (C-RAD AB, Uppsala, Suécia). Assim, o uso combinado do SGRT com IGRT radiográfico ortogonal diário favorece menor desvio posicional e maior conformidade entre as frações, independentemente do sistema óptico utilizado (LAAKSOMAA et al., 2022).

De forma complementar, Buchmann et al. (2023) avaliaram o posicionamento de pacientes em DIBH com auxílio do SGRT, conferindo além do alinhamento translacional, o rotacional com radiografias ortogonais. Observou-se que a maioria dos deslocamentos se concentrou próxima de zero. Entre os eixos translacionais, o eixo longitudinal (LONG) permaneceu com a maior dispersão. Nos parâmetros rotacionais (*pitch*, *roll* e *yaw*), as variações foram discretas e simetricamente distribuídas em torno de zero, refletindo controle angular preciso e alta reprodutibilidade do posicionamento. O Gráfico 3 ilustra os deslocamentos translacionais e rotacionais obtidos nas imagens ortogonais de verificação.

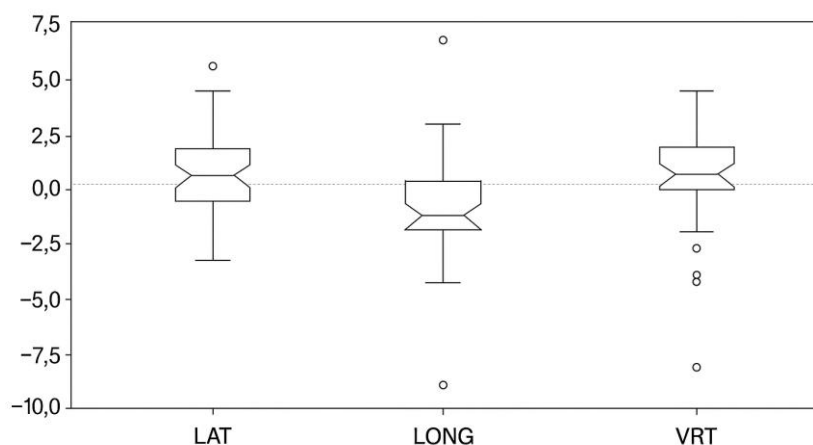
Gráfico 3 - Deslocamentos translacionais e rotacionais obtidos nas imagens radiográficas ortogonais de verificação do posicionamento no tratamento de mama



Fonte: Adaptado de Buchmann et al. (2023).

Resultados compatíveis foram observados por Buchmann et al. (2023), que analisaram tratamentos em DIBH monitorados por SGRT, investigando a viabilidade de integrar o sistema óptico termo-óptico de superfície com IGRT estereoscópico de raios X e a conformidade posicional entre respiração livre e DIBH. Nesse estudo, o CBCT também foi utilizado para confirmar os desvios geométricos residuais, apresentados no Gráfico 4 segundo as direções lateral (LAT), longitudinal (LONG) e vertical (VRT).

Gráfico 4 - Desvios residuais (mm) obtidos pelo CBCT nas direções lateral (LAT), longitudinal (LONG) e vertical (VRT)



Fonte: Adaptado de Buchmann et al. (2023).

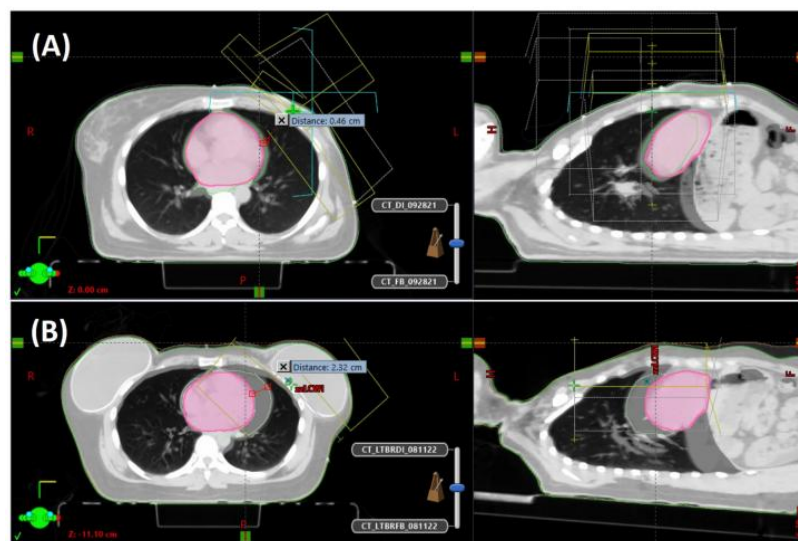
Em relação ao uso do CBCT e a dose cardíaca, Rudat et al. (2024) compararam o SGRT com o uso diário de CBCT. A pesquisa concluiu que o monitoramento óptico oferece uma precisão posicional equivalente ao CBCT, implicando um risco mínimo adicional de eventos cardíacos (1%), eliminando a necessidade da exposição diária do CBCT. Que adiciona 0,48 Gy cumulativos, enquanto o uso do SGRT implicou um aumento de 0,14 Gy na dose média cardíaca (MHD). O risco de toxicidade cardíaca com o uso de SGRT aumentou em 1%, em comparação com 3,6% a 20,5% com o uso de kV-CBCT diário. Não foi detectada diferença significativa no risco de pneumonite induzida por radiação entre o uso de SGRT e kV-CBCT diário.

Chen et al. (2025) ampliaram as investigações sobre a concordância posicional ao realizar uma análise comparativa entre o SGRT e o CBCT para o posicionamento de pacientes tratados em DIBH hipofracionado para mama. Os resultados demonstraram diferenças médias entre SGRT e CBCT inferiores a 1 mm nas direções translacionais e inferiores a 1,5° nos parâmetros rotacionais. Reforçando a capacidade da SGRT em reduzir a necessidade de CBCT diário, sem comprometer a precisão geométrica do tratamento, mesmo em hipofracionamento com doses

terapêuticas mais elevadas.

Mesmo em pacientes com padrão respiratório predominantemente abdominal, onde o monitoramento óptico pode ser um desafio devido à elevação torácica vertical reduzida, o DIBH manteve sua eficácia na preservação cardíaca. O benefício é atribuído à mudança de posição e alongamento do coração devido à tração diafragmática durante a inspiração profunda, resultando em reduções significativas na dose cardíaca, com reduções médias de $8,4 \pm 9,8$ Gy na dose máxima cardíaca e $0,6 \pm 0,9$ Gy na dose média ao coração. Portanto, o DIBH-SGRT garante precisão e estabilidade, exigindo apenas ajustes no fluxo por meio da inclusão de ROIs abdominais para otimizar o monitoramento em todas as variações respiratórias (ZENG et al., 2023). A Figura 18 demonstra o mecanismo de preservação cardíaca.

Figura 18 - Vistas axial e sagital de duas pacientes em tratamento de mama Paciente (A) com inspiração torácica em uma prancha plana para mama, e (B) paciente em uma prancha inclinada. O contorno cardíaco está em rosa durante a DIBH e em verde durante a respiração livre.



Fonte: ZENG et al. (2023).

Adicional aos estudos que avaliaram a precisão do posicionamento, Bright et al. (2022) avaliaram o fluxo clínico da técnica SGRT–DIBH sob a perspectiva da segurança operacional e identificaram vulnerabilidades como seleção inadequada do ROI, inserção manual de deslocamentos e falhas de integração entre softwares. Como

mitigação, propuseram automação entre SGRT e IGRT, verificação cruzada entre dados ópticos e radiográficos e o uso de checklists digitais. Reforçando que a integração funcional entre SGRT e modalidades de imagem não apenas aprimora a acurácia posicional, mas também reduz riscos humanos e aumenta a segurança do paciente, configurando-se como componente essencial para a consistência e qualidade do tratamento em DIBH.

4.1.2 Movimento interfração e intrafração no posicionamento durante o tratamento de mama com SGRT-DIBH.

Em tratamentos radioterápicos, pequenos deslocamentos podem resultar em erros significativos na distribuição de dose, comprometendo a cobertura do volume-alvo e aumentando a exposição de órgãos de risco. O movimento interfração corresponde à variação de posicionamento entre diferentes sessões de tratamento, enquanto o movimento intrafração ocorre dentro de uma mesma fração, durante a entrega do feixe. Em ambos os casos, o movimento respiratório configura-se como uma das principais fontes de incerteza, demandando estratégias de monitoramento para garantir a reprodutibilidade posicional. Nos últimos anos, diversos estudos investigaram o desempenho da Radioterapia Guiada por Superfície no controle interfração e intrafração em tratamentos de mama esquerda com DIBH, demonstrando elevada precisão geométrica. Os principais sistemas avaliados na literatura são o sistema Catalyst™, AlignRT™ e Identify™ adotam monitoramento óptico em tempo real e apresentam desempenho semelhante (DEKKER et al., 2023; KALET et al., 2019; RUDAT et al., 2024).

O Catalyst™ é amplamente utilizado em SGRT e apresenta resultados consistentes no controle dos movimentos respiratórios durante o DIBH. O estudo inicial de Li et al. (2018), com cinco pacientes e 136 ciclos de apneia, observou variação inter-DIBH de $7,1 \pm 4,9$ mm e intra-DIBH de $4,7 \pm 3,9$ mm. Em uma amostra maior, Kalet et al. (2019) relataram precisão submilimétrica em 1.286 frações, com erro interfração médio de $0,38 \pm 0,30$ mm e instabilidade intrafração de $0,54 \pm 0,22$ mm, associadas ao acionamento do gating acima de ± 2 mm. Resultados semelhantes foram obtidos por Gnerucci et al. (2023), com limiares de tolerância de 5 mm, observaram deslocamentos intrafração < 1 mm e desvio total médio de 2,5 mm. Zhao

et al. (2023), avaliando o Catalyst+, confirmaram erro interfração de $0,48 \pm 0,39$ mm e variação intrafração $<0,6$ mm em 95% das medições.

O AlignRT™ apresenta desempenho equivalente no monitoramento posicional e respiratório. Hamming et al. (2019), comparando o SGRT ao espirometro ABC e ao CBCT em 1.705 apneias, identificaram diferenças interfração <2 mm e estabilidade intrafração média de 0,9 mm. Rudat et al. (2024), em pacientes tratadas com VMAT e SIB, relataram erro intrafração <1 mm em todas as direções e erro interfração de até 1,6 mm no sentido longitudinal. Pizarro Trigo et al. (2024), avaliando 377 frações, encontraram forte correlação entre SGRT e IGRT, com desvios $<0,5$ mm, resultando em margens de setup reduzidas para 2 e 3 mm em DIBH.

O e Identify™ integra monitoramento óptico 3D diretamente às plataformas TrueBeam e Halcyon, possibilitando sincronia automática com o gating do feixe. No estudo de Dekker et al. (2023), envolvendo 1.213 frações, os erros residuais médios permaneceram inferiores a 1 mm nas três direções, enquanto 95% das medições intrafração mantiveram-se dentro de ± 2 mm. A reprodutibilidade interfração entre sessões também foi elevada, com desempenho comparável ao Catalyst™ e ao AlignRT™.

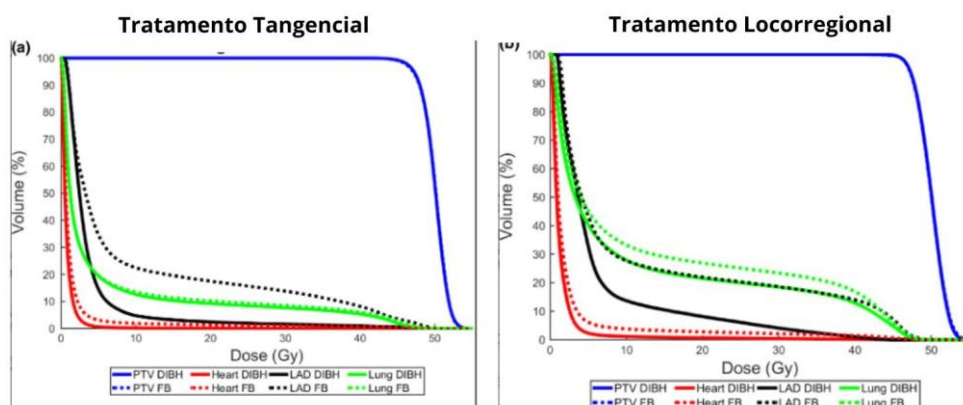
A análise conjunta dos estudos revela valores médios de deslocamento residual inferiores a 3 mm tanto para movimento interfração quanto intrafração em tratamentos de mama esquerda sob DIBH monitorados por SGRT. A média geral entre todos os estudos avaliados foi de 2,42 mm no movimento interfração e 1,71 mm no intrafração, considerando diferentes sistemas e metodologias. Quando excluído o estudo inicial de LI et al. (2018), cuja amostra reduzida apresentou valores atípicos mais elevados, as médias ajustadas reduzem-se para 0,85 mm no desvio interfração e 0,96 mm no intrafração, caracterizando controle geométrico submilimétrico em mais de 95% das frações avaliadas. Esses resultados ilustram a consistência de desempenho entre os diferentes fabricantes de SGRT e consolidam a tecnologia como uma ferramenta precisa e reprodutível para o controle respiratório e posicional durante o DIBH para mama.

4.1.3 Efeitos dosimétricos em tratamentos de mama com DIBH monitorados por SGRT

Os estudos iniciais sobre os efeitos dosimétricos em tratamento de mama em

DIBH forneceram as primeiras evidências de que a técnica DIBH monitorada por SGRT promove melhorias dosimétricas expressivas em comparação direta com a respiração livre (FB). Berg et al. (2017) observaram reduções significativas nas doses ao coração e à artéria descendente anterior (LAD), com diminuição da dose média cardíaca (MHD) de $1,5 \pm 0,8$ Gy (FB) para $0,8 \pm 0,3$ Gy (DIBH) e da dose média à LAD de $9,6 \pm 7,0$ Gy para $3,8 \pm 2,9$ Gy, além de quedas acentuadas nas doses máximas. A estabilidade intrafração apresentou variações $<1,3$ mm, demonstrando que o SGRT garante reprodutibilidade respiratória adequada para um DIBH estável. Em continuidade, Kügele et al. (2018) identificaram reduções médias de dose absorvida de 44% na MHD e de até 70% na LAD sob DIBH, novamente em comparação com FB, evidenciando que movimentos intrafração acima de 5 mm afetam a distribuição de dose, enquanto tolerâncias de ± 3 mm mantêm o impacto residual abaixo de 0,5 Gy. Na aplicação clínica diária, Gomes et al. (2019), confirmaram a viabilidade operacional do DIBH–SGRT ao demonstrar redução média de 1,4 Gy na MHD, de 5,0 Gy em FB para 3,6 Gy em DIBH, com 89% das frações entregues dentro da tolerância geométrica e correção imediata nos casos que ultrapassaram o limite do desvio posicional. A figura 19 apresenta os histogramas de dose-volume relativa para tratamento tangencial da mama e tratamento locorregional, o coração é representado em vermelho, artéria descendente anterior esquerda em preto, o pulmão ipsilateral em verde e volume alvo de planejamento em azul, comparando inspiração profunda com o DIBH (linhas contínuas) e respiração livre (linhas tracejadas).

Figura 19 - Comparação dosimétrica entre DIBH e respiração livre.



Fonte: Adaptado de Kügele et al. (2018).

O potencial para redução de doses em OARs foram ampliados por Bellala (2022) e Lai et al. (2023). Bellala (2022), ao avaliar 84 pacientes com câncer de mama esquerda, demonstrou redução de aproximadamente 29% na MHD, de 8,87 Gy em FB para 6,27 Gy em DIBH, acompanhada de quedas consistentes em todas as métricas volumétricas cardíacas (V5Gy, V10Gy e V30Gy) e diminuições relevantes nos volumes pulmonares irradiados. Lai et al. (2023) expandiram essa abordagem para pacientes com câncer de mama direita submetidas à irradiação nodal regional, mostrando que a MHD reduziu de $225,2 \pm 75,6$ cGy em FB para $171,2 \pm 48,9$ cGy em DIBH, com reduções adicionais nas doses à artéria coronária direita, ao fígado e no V20Gy do pulmão direito. Em ambos os estudos, os desvios respiratórios permaneceram <3 mm, demonstrando que a estabilidade promovida pelo SGRT é determinante para a manutenção das vantagens dosimétricas observadas.

A técnica DIBH monitorada por SGRT oferece benefícios dosimétricos quando comparado à respiração livre, reduzindo substancialmente a dose ao coração, à LAD, ao pulmão e, no tratamento da mama direita, o fígado; sem comprometer a cobertura do volume-alvo. Além disso, evidenciam que a precisão geométrica proporcionada pelo SGRT dentro de tolerâncias de ± 3 mm, é fundamental para garantir a reprodutibilidade respiratória e a entrega precisa do tratamento. Esses achados reforçam que o DIBH–SGRT é estratégia eficaz para a redução da dose absorvida em órgãos de risco adjacentes durante a radioterapia de mama com controle respiratório.

4.1.4 Comparação de diferentes ferramentas para DIBH

Embora a precisão do SGRT seja amplamente estabelecida, surge a questão de sua performance em comparação com métodos alternativos de controle respiratório. Vander Veken et al. (2023) conduziram um ensaio clínico randomizado para comparar a inspiração profunda com apneia induzida mecanicamente por espirômetro com DIBH monitorado por SGRT em pacientes com câncer de mama esquerda. Os resultados demonstraram que o espirômetro apresentou estabilidade e reprodutibilidade submilimétricas, estatisticamente semelhantes à DIBH guiada por SGRT. Os autores concluem que a ventilação mecânica não invasiva permite acurácia geométrica comparável à DIBH guiada por SGRT, com benefícios adicionais na proteção cardíaca e pulmonar, configurando-se como uma alternativa em centros com limitações de acesso à SGRT ou em pacientes com dificuldade de cooperação

respiratória. De maneira similar, Cho et al. (2025) investigaram a integração da SGRT com espirômetro de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) em tratamentos de mama, avaliando a reprodutibilidade geométrica e o impacto no fluxo clínico. O estudo demonstrou controle posicional submilimétrico, com vetores médios de deslocamento translacional de 1,4 mm e rotações inferiores a 0,6°, tanto no grupo SGRT isolado quanto no grupo SGRT associado ao CPAP. Embora a combinação com CPAP tenha aumentado a variabilidade do tempo de entrega devido a pausas automáticas do feixe, o tempo total de tratamento e a estabilidade geométrica permaneceu comparável entre os grupos, com a vantagem do sistema SGRT ser menos invasivo para o paciente.

O estudo prospectivo de Chan et al. (2024) também comparou a estabilidade e a reprodutibilidade dosimétrica do controle respiratório em DIBH usando SGRT, o espirômetro *Active Breathing Control* (ABC) e DIBH voluntário (vDIBH). A dose média de radiação do coração foi estimada em cada uma das imagens de CBCT semanais antes e depois da correção. Os resultados demonstraram que o SGRT apresenta a menor estabilidade interfração da dose média ao coração devido a janela de amplitude respiratória aceita no planejamento, ao contrário do vDIBH e do ABC, que se beneficiaram de correções após o CBCT, o SGRT não mostrou melhoria significativa na variabilidade da MHD após a verificação por imagem. Em uma análise posterior dos mesmos autores, é indicado que o SGRT resulta em uma MHD real cumulativa significativamente inferior à dose planejada, diferença média de -22,1 cGy. Os autores sugerem que esta redução da dose real, tende a ser inferior à planejada devido ao aprendizado do nível de inspiração e amplitude respiratória necessária pelo paciente ao longo das frações. Apesar do resultado promissor em relação à estabilidade em MHD, os autores sugerem a realização do CBCT semanalmente. Uma vez que manter a dose nos OARs baixa e reprodutível não é o único objetivo da CBCT. Deve-se avaliar durante as frações de tratamento as possíveis alterações anatômicas e a garantia de cobertura adequada do volume-alvo (CHAN et al., 2025).

As evidências analisadas reiteram que a transição da respiração livre para o controle respiratório monitorado por superfície não apenas viabiliza uma redução drástica na dose absorvida por órgãos críticos, como o coração, a LAD e as artérias coronárias, mas também confere uma estabilidade posicional submilimétrica essencial para técnicas modernas de alta conformidade.

4.2 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS NO TÓRAX

A aplicação da SGRT em radioterapia torácica torna-se cada vez mais pertinente devido à necessidade de melhorar a precisão no controle respiratório em tratamentos hipofracionados, principalmente em SBRTs. Embora o movimento respiratório seja uma fonte conhecida de variabilidade posicional, recai sobre o uso da SGRT como uma ferramenta auxiliar no posicionamento e na execução de técnicas com controle respiratório. Uma vez que nos cenários de hipofracionamento é fundamental a estabilidade do PTV e dos órgãos de risco internos, que devem ser conferidos por CBCT ou radiografias. No contexto do manejo respiratório, a SGRT é uma ferramenta para a execução eficiente de técnicas de DIBH e em alguns casos, *gating* respiratório, permitindo tratamentos rápidos, reproduzíveis e sem necessidade de dispositivos invasivos e de margens ampliadas, tão nocivas para os órgãos vitais do tórax (SARUDIS et al., 2021; NAUMANN et al., 2020).

4.2.1 Estabilidade Geométrica e Reprodutibilidade Respiratória com SGRT

Em radioterapia, a estabilidade geométrica refere-se à capacidade de manter, ao longo de todo o processo de tratamento, a correspondência espacial precisa entre o volume-alvo planejado e a posição real do paciente e de suas estruturas anatômicas durante a entrega da dose. Jermoumi et al. (2019) avaliaram prospectivamente o uso de um sistema de SGRT como substituto externo para quantificar a excursão respiratória da parede torácica em pacientes submetidos à SBRT. O SGRT permitiu extrair traçados respiratórios habituais completos, demonstrando amplitudes médias interfração e intrafração de $5,91 \pm 2,9$ mm, com variabilidade inferior a 2 mm na maioria dos casos. O período respiratório habitual (*baseline*) mostrou-se altamente estável entre sessões, com média de amplitude de 5 mm e 4,82s de duração. Esses resultados indicam que o movimento externo capturado pelo SGRT é suficientemente estável para apoiar estratégias de gestão respiratória, incluindo a definição de janelas de *gating* respiratório em torno de ± 5 mm, estendendo o potencial do SGRT para além do DIBH.

Sarudis et al. (2021), avaliaram a precisão geométrica e o impacto dos deslocamentos intrafração em tratamentos de SBRT pulmonar combinado ao monitoramento contínuo por SGRT. Seus resultados demonstraram elevada estabilidade do posicionamento corporal, com deslocamentos ≤ 2 mm em até 97% das frações e raros desvios superiores a 4 mm, enquanto o movimento tumoral intrafração também permaneceu majoritariamente dentro de 2 a 4 mm. O SGRT mostrou papel ativo na segurança do tratamento, gerando interrupções no feixe terapêutico em 21% das frações por desvios de isocentro e em 54% por padrões respiratórios inconsistentes, prevenindo a entrega indevida do feixe. A análise dosimétrica confirmou a precisão do método, com diferenças inferiores a 2,6% para todos os órgãos de risco.

Heinzerling et al. (2021) conduziram um estudo prospectivo para avaliar a confiabilidade da SGRT como único método de monitoramento durante o DIBH em tratamentos de SBRT pulmonar, investigando especificamente se a estabilidade da superfície corporal seria suficiente para garantir a manutenção do tumor dentro do PTV ao longo da entrega do feixe. Os treze pacientes realizaram SBRT com posicionamento inicialmente verificado por CBCT em inspiração profunda e posteriormente monitorado exclusivamente pela SGRT, dentro de tolerâncias de 3 mm e 2°. Um segundo CBCT, adquirido no meio da fração, permitiu quantificar a variação da posição tumoral sob supervisão da SGRT. Os deslocamentos médios observados foram mínimos, com valores vetoriais de 1,7 mm e apenas uma fração excedendo a margem de expansão de 5 mm.

4.2.2 Impacto Dosimétrico Torácico da SGRT em Técnicas com Controle Respiratório

A principal contribuição dosimétrica da SGRT decorre de sua capacidade de viabilizar técnicas respiratórias reproduzíveis e de manter estabilidade durante a entrega do feixe em SBRT torácica. Na avaliação dos órgãos de risco em radioterapia, parâmetros derivados do histograma dose-volume (DVH) são utilizados para estimar a probabilidade de toxicidade. Entre esses parâmetros, destacam-se o V5 e o V20, que correspondem, respectivamente, ao percentual do volume do órgão que recebe doses iguais ou superiores a 5 Gy e 20 Gy. No contexto pulmonar, esses indicadores são particularmente relevantes, uma vez que estão associados ao risco de pneumonite radioinduzida. Diretrizes clínicas, como as do relatório QUANTEC,

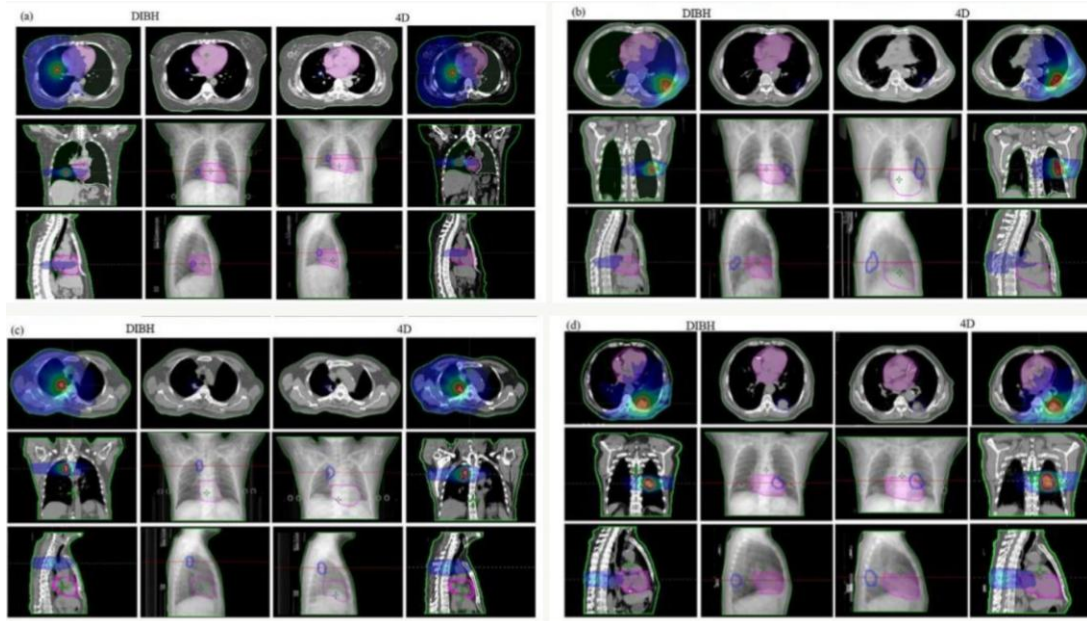
sugerem que valores de V20 devem ser mantidos preferencialmente abaixo de 30–35%, enquanto o V5 também deve ser minimizado, devido à sua associação com toxicidade em baixas doses distribuídas (EMAMI et al., 1991; BENTZEN et al., 2010).

Estudos como Wang et al. (2024) demonstram benefícios expressivos da combinação SGRT e DIBH em SBRT de pulmão, com reduções superiores a 20% no PTV e quedas de 20% e 45% nos parâmetros pulmonares V20 Gy, V5 Gy e dose média resultados diretamente atribuídos ao aumento do volume pulmonar e à estabilização respiratória produzida pela apneia profunda. A manutenção da cobertura tumoral também se beneficia da estabilidade respiratória conferida pela SGRT. Em estudos como os de Heinzerling et al. (2021) e Sarudis et al. (2021), desvios intrafração mínimos garantiram que o tumor permanecesse dentro do PTV na quase totalidade das frações. Mesmo em plataformas adaptativas, como demonstrado por Kim et al. (2024), a cobertura volumétrica se manteve adequada, apesar de movimentos internos residuais de até 3–4 mm, pois a estabilidade externa foi preservada pela SGRT ao longo de múltiplas apneias.

Wang et al. (2024) investigaram a aplicação da técnica de DIBH guiada por SGRT em pacientes submetidos à SBRT pulmonar, comparando-a diretamente ao planejamento convencional baseado em 4D-CT em respiração livre. No estudo, todos os pacientes realizaram TCs em FB-4D e em DIBH monitorado por AlignRT™, permitindo uma avaliação abrangente dos efeitos respiratórios sobre a geometria tumoral e a dosimetria. A técnica em DIBH resultou em reduções significativas do PTV, com média de 21,9%, decorrentes da menor amplitude de movimento interno e, conseqüentemente, da possibilidade de margens mais restritas. A expansão pulmonar observada durante a inspiração profunda aumento de 62,2% no pulmão ipsilateral e 73,1% no volume pulmonar total foi associada a expressivas melhorias dosimétricas: a dose média e os parâmetros V20 e V5 dos pulmões ipsilateral e total foram reduzidos entre 20% e 45%, todos com significância estatística. Para o coração, contudo, o benefício mostrou-se dependente da localização tumoral, com reduções consistentes apenas em Dmax (dose máxima), enquanto Dmin (dose mínima) e V5 apresentaram variações individuais, refletindo mudanças no posicionamento relativo entre tumor e estruturas cardíacas durante o DIBH. A figura 20 demonstra a distribuição de dose na tomografia computadorizada axial, coronal e sagital em inspiração profunda com apneia e respiração livre para o paciente 1 (a), paciente 2 (b), paciente 3(c) e paciente

4 (d); o volume em amarelo representa a dose prescrita para o PTV e a azul representa V5 Gy.

Figura 20 - Distribuição de dose em cortes axiais, coronais e sagitais em DIBH e respiração livre.



Fonte: Adaptado de Wang et al., (2024).

No contexto dos tumores mediastinais, Garbacz et al. (2025) apresentaram a sua pesquisa envolvendo o uso integrado da SGRT com a técnica de DIBH em terapia de prótons. O estudo incluiu seis pacientes com linfomas mediastinais tratados com *pencil beam scanning* sob monitoramento óptico em tempo real com AlignRT™. Em relação à precisão no posicionamento, a mediana de desvio de posicionamento de 4 mm e reprodutibilidade intrafração em DIBH de 1,8 mm. Em termos dosimétricos em terapia com radiações corpusculares, a Eficácia Biológica Relativa (RBE) é utilizada para quantificar o aumento do efeito biológico da radiação em comparação com fótons, refletindo diferenças na deposição de energia ao longo do tecido. Os planos em respiração livre (FB) apresentaram doses cardíacas superiores às observadas em DIBH, com aumento médio de 2,5 Gy (RBE), alcançando valores individuais de até 7,02 Gy (RBE), além de pequenos aumentos na dose pulmonar, variando de 0,14 a 0,83 Gy (RBE).

A comparação dos planos de tratamento em DIBH e respiração livre revelou um impacto dosimétrico evidente sobre o coração. Nas seis pacientes analisadas, o uso da DIBH reduziu a dose média cardíaca entre 0,20 e 7,02 Gy (RBE), com média aproximada de 2,5 Gy (RBE), representando a principal vantagem clínica da técnica no contexto mediastinal. Ainda assim, o DIBH resultou em diminuição global do volume irradiado, pois permitiu a aplicação de margens menores devido à redução da mobilidade interna. Desta forma, reforça-se que a expansão pulmonar durante a inspiração profunda modifica favoravelmente a relação anatômica entre o mediastino e o coração, produzindo reduções de dose relevantes e consistentes com recomendações internacionais para controle respiratório em protonterapia (GARBACZ et al., 2025).

Os estudos apresentados confirmam que a integração da SGRT no manejo de tumores torácicos possibilita o monitoramento da estabilidade da superfície corporal, que é um indicador fidedigno da estabilidade interna, desde que devidamente integrada aos protocolos de verificação por imagem, consolidando-se como uma tecnologia essencial para a mitigação de erros geométricos e a otimização da proteção tecidual em patologias intratorácicas.

4.3 SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO DE TRATAMENTOS NO ABDOME

A radioterapia guiada por superfície no manejo respiratório em sítios abdominais é empregada tanto para o posicionamento inicial quanto para o monitoramento intrafração durante o DIBH. Os tratamentos abdominais apresentam desafios específicos decorrentes da complexidade e da elevada variabilidade do abdome durante o movimento respiratório em comparação aos tratamentos torácicos, particularmente para tratamentos no fígado, que exibem deslocamentos tridimensionais significativos e dependentes do padrão respiratório individual (WANG et al., 2021).

O DIBH destaca-se por promover redução significativa da amplitude do movimento hepático e por melhorar a reprodutibilidade posicional. Diferentemente da respiração livre, a suspensão da respiração em inspiração profunda elimina o componente dinâmico do movimento respiratório gerado pelo diafragma durante a entrega do feixe, permitindo a redução do volume interno alvo ITV e,

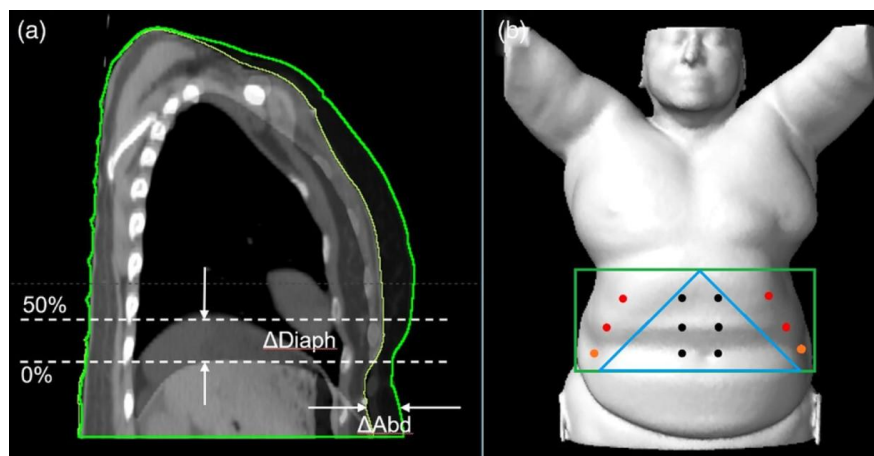
consequentemente, do PTV. Todavia, a efetividade dessa abordagem depende da capacidade do paciente em manter apneias estáveis e reprodutíveis ao longo das frações, bem como da disponibilidade de ferramentas confiáveis para monitoramento respiratório em tempo real (HAZELAR et al., 2024).

4.3.1 Aplicação da SGRT no manejo respiratório abdominal

Naumann et al. (2020) avaliaram a viabilidade da integração entre SGRT e radioterapia guiada por imagem em tratamentos de SBRT na região hepática realizados em DIBH. Os autores observaram redução significativa dos volumes irradiados em comparação à respiração livre, com diminuição média do PTV da ordem de 26%. Os autores concluem que a SBRT hepática em DIBH guiada por SGRT é clinicamente vantajosa em termos de redução de volume irradiado devido ao menor ITV, porém, também demonstrou dependência da verificação radiográfica diária para compensar a variabilidade posicional interfração dos tumores abdominais.

A eficácia da SGRT no manejo respiratório abdominal mostrou-se fortemente dependente da correta definição da região de interesse (ROI). Song et al. (2022) investigaram de forma sistemática a correlação entre diferentes ROIs abdominais e o movimento do diafragma durante DIBH, demonstrando que ROIs localizadas predominantemente na região abdominal apresentaram maior correlação com o deslocamento diafragmático quando comparadas àquelas com maior inclusão de estruturas ósseas das costelas superiores. Os autores observaram coeficientes de correlação elevados de 0,63 mm à 0,67 mm para ROIs compostas majoritariamente por tecido mole abdominal inferior, indicando que o movimento da superfície externa acompanhada de maneira consistente o deslocamento do diafragma. Em contraste, ROIs com maior suporte ósseo apresentaram correlação inferior, refletindo menor sensibilidade às variações respiratórias (HAZELAR et al., 2024). A figura 21 evidencia a relação entre o movimento diafragmático durante a respiração e a definição ROI para o monitoramento respiratório.

Figura 21 - Movimento diafragmático entre a inspiração e a expiração, e a definição da região de interesse (ROI) para o monitoramento respiratório.



Fonte: Song et al. (2022).

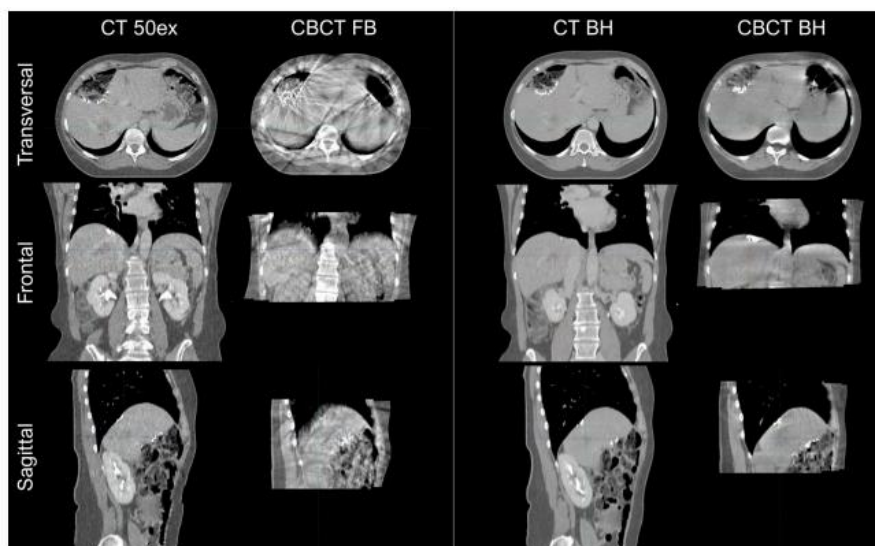
4.3.2 Limitações e desafios do manejo respiratório abdominal com SGRT

Apesar dos avanços tecnológicos recentes, o manejo respiratório abdominal guiado por superfície ainda apresenta limitações importantes. Embora estratégias avançadas tenham demonstrado ganhos relevantes em estabilidade respiratória e redução de volumes-alvo, a variabilidade intertração e interfração e a correlação limitada entre a superfície corporal e o movimento interno permanecem desafios centrais, exigindo cautela na adoção da SGRT como ferramenta única de monitoramento. Nesse contexto, Chen et al. (2024) compararam o movimento respiratório externo monitorado por SGRT com o rastreamento direto do diafragma em projeções kV durante DIBH, evidenciando correlação baixa e elevada dependência do paciente. Embora tenha sido observada alta concordância quando os deslocamentos externos permaneceram abaixo de 3 mm, a reprodutibilidade entre apneias consecutivas mostrou-se limitada, particularmente na direção crânio-caudal. Esses achados indicaram que, embora a SGRT seja eficaz para o monitoramento intrafração quando utilizada com janelas de tolerância restritas, ela não garante, de forma isolada, a estabilidade da posição interna do alvo abdominal. Assim, a integração com métodos

de IGRT permanece essencial, especialmente em cenários de SBRT hepática, nos quais pequenas incertezas geométricas podem resultar em impactos dosimétricos clinicamente relevantes.

Em outro cenário, Hazelaar et al. (2024) demonstraram que a integração da SGRT a estratégias de suporte ventilatório pode mitigar parte dessas limitações. Os autores relataram a implementação clínica da SBRT hepática em *deep inspiration breath-hold* (DIBH), utilizando um espirômetro para prolongamento das apneias e a SGRT para controle automático do feixe. O protocolo permitiu apneias prolongadas, com durações médias máximas entre 47 e 108 segundos, viabilizando tanto a aquisição de imagens de CBCT quanto a entrega do tratamento em janelas respiratórias estáveis. A Figura 21 ilustra a comparação entre aquisições de TC de planejamento e CBCT pré-tratamento em respiração livre e sob gerenciamento respiratório em inspiração profunda sustentada com espirômetro e monitorada com SGRT, evidenciando a redução dos artefatos de movimento diafragmático e a melhora da definição anatômica, o que favorece a acurácia do delineamento e a reprodutibilidade geométrica durante o tratamento.

Figura 22- Comparação entre aquisições de tomografia em respiração livre e DIBH prolongado.



Fonte: Adaptado de Hazelaar et al. (2024).

Observou-se redução significativa do ITV em inspiração profunda quando comparado à respiração livre, com diminuição média de aproximadamente 47% em relação ao ITV. O monitoramento por SGRT, com janela de tolerância de 2 mm, assegurou estabilidade respiratória durante a entrega da dose, enquanto as análises pós-tratamento por CBCT demonstraram deslocamentos tridimensionais médios compatíveis com as margens de PTV adotadas (HAZELAR et al., 2024).

Para além de tratamentos em DIBH, McKivitt et al. (2025), que avaliou a Surface-Guided Radiation Therapy (SGRT) como estratégia de manejo do movimento respiratório em SBRT hepática realizada em apneia ao final da expiração (EEBH). O estudo analisou 57 aquisições de CBCT em sessões de quatro pacientes, sendo uma parte delas adquiridas dentro da mesma fração, permitindo a avaliação objetiva da reprodutibilidade intrafração da posição do diafragma, que serviu como marcador para o movimento dos tumores hepáticos. A SGRT foi utilizada para monitorar continuamente a manutenção da apneia com tolerâncias de 1 mm e 1 grau durante todo o procedimento. Os resultados demonstraram a diferença média intrafração de 2,7 mm na posição superior–inferior do diafragma, e deslocamentos inferiores a 5 mm em 89% das frações analisadas. O deslocamento máximo observado foi de 6 mm. Esses achados sustentam a viabilidade da SGRT como ferramenta para controle intrafração em SBRT abdominal, entretanto apresenta limitações para tratamentos em fases expiratórias e de *gating*. Apesar disso, os autores concluem que o uso da SGRT em EEBH tem potencial para redução de margens internas para cobertura do movimento fisiológico.

Como estratégia para mitigar as limitações inerentes à correlação entre movimento externo e deslocamento interno em tratamentos abdominais, Wang et al. (2021) propuseram um modelo preditivo aplicado à SGRT baseado em redes neurais do tipo *long short-term memory* (LSTM), uma arquitetura de *deep learning* especialmente adequada para a modelagem de sinais temporais e dependentes do tempo, como o movimento respiratório. O estudo desenvolveu um modelo integrado capaz de prever o movimento respiratório externo e estimar o deslocamento interno do fígado a partir desses sinais externos. Os resultados demonstraram que os modelos baseados em LSTM apresentaram desempenho com erros inferiores a 0,5 mm na predição do sinal externo e inferiores a 0,6 mm na estimativa do movimento hepático. O modelo integrado apresentou o tempo de latência do sistema, intervalo

entre a ocorrência do movimento real do paciente e a resposta do sistema de monitoramento, de até 450 ms. Além disso, os autores evidenciaram que a atualização contínua do modelo de correlação externo–interno reduz significativamente os erros ao longo do tempo, ressaltando a natureza dinâmica da relação entre a superfície corporal e o movimento interno em tratamentos abdominais guiados por SGRT.

Observa-se que o manejo respiratório abdominal via SGRT apresenta-se como um campo de alta complexidade, onde a variabilidade individual da mecânica diafragmática exige protocolos rigorosos de implementação. Diferente das regiões torácica e mamária, o abdome demanda uma seleção criteriosa da Região de Interesse (ROI). Embora a SGRT demonstre ser uma ferramenta poderosa para o monitoramento intrafração e para a redução de margens (ITV/PTV), os dados reforçam que sua utilização não prescinde da verificação por imagem (IGRT) frequente.

5 DISCUSSÃO

A incorporação da Radioterapia Guiada por Superfície aos fluxos modernos em tratamentos de radioterapia reflete a crescente necessidade de estratégias tecnológicas não invasivas para garantir precisão geométrica, reprodutibilidade e segurança do paciente em tratamentos com controle respiratório. Ao permitir o monitoramento contínuo e em tempo real da superfície corporal, a SGRT viabiliza não somente o controle posicional do paciente para prevenção de movimentos voluntários durante o tratamento, mas também permite a execução do controle respiratório durante as sessões, configurando-se como uma ferramenta multifacetada aplicável a diferentes sítios anatômicos (PADILA et al., 2016).

A análise bibliométrica dos estudos incluídos desta revisão evidencia que a Radioterapia Guiada por Superfície tem sido progressivamente adotada em diversos centros clínicos ao redor do mundo, com forte presença em países como Estados Unidos, China e países da Europa Ocidental, refletindo uma tendência mundial na incorporação dessa tecnologia nas técnicas contemporâneas de radioterapia. Essa tendência também é relatada em pesquisa multicêntrica internacional desenvolvida por Bastista et al. (2022), onde a prevalência de 172 instalações de radioterapia com SGRT encontra-se nos países desenvolvidos da Europa e nos Estados Unidos.

Revisões sistemáticas recentes também demonstram que a SGRT proporciona melhorias significativas no reposicionamento diário de pacientes e redução de movimentos intrafração e interfração em comparação a métodos tradicionais baseados em marcações cutâneas, o que corrobora o papel dessa técnica na redução de incertezas geométricas e no conforto do paciente oncológico por não precisar de tatuagens e de marcações à caneta. Além disso, as análises amplas da literatura também indicam que o manejo respiratório com SGRT tem aplicações que vão além do contexto mamário, sendo explorada em tórax e abdome e que sua capacidade de monitoramento contínuo com *feedback* em tempo real pode ser integrada tanto a fluxos de DIBH quanto a abordagens dinâmicas como *gating* respiratório (FREISLEDERER et al., 2020; PAN et al, 2023).

As recomendações da Associação Americana de Física Médica (AAPM) estabelecem que o gerenciamento do movimento respiratório deve ser integrado ao planejamento e à entrega do tratamento, particularmente em cenários de técnicas

conformacionais avançadas e hipofracionadas. O TG-76 versa sobre os efeitos do movimento respiratório e fornece recomendações técnicas para o manejo respiratório. Nesse contexto, a SGRT atende a esses princípios ao promover elevada estabilidade interfração e intrafração, sem a necessidade de dispositivos invasivos ou exposição adicional à radiação ionizante, favorecendo fluxos clínicos mais eficientes e seguros. Refletindo na diminuição da margem de movimento tumoral, do ITV, na dose dos órgãos de risco e na distribuição correta da dose tumorocida na região afetada pela doença, incentivadas no relatório (AAPM, 2006).

O TG-147 aborda a garantia de qualidade para sistemas de localização e posicionamento não radiográficos em radioterapia. Nesta publicação, o sistema Align-RT é mencionado como uma ferramenta para sincronização respiratória para radioterapia de câncer de mama, tumores torácicos e abdominais. Assim como os achados dos resultados, a AAPM reforça a limitação do sistema em rastrear apenas a superfície, sendo necessário um sistema adicional para determinar a correlação entre o alinhamento do paciente e o alinhamento do alvo interno (AAPM, 2012). Apesar disso, os autores que desenvolveram os estudos voltados à avaliação da variação intrafração e estabilidade geométrica apresentam resultados onde os desvios causados pelo movimento respiratório permanecem dentro dos limites aceitáveis definidos no planejamento e sugerem a diminuição do uso das imagens radiográficas durante as sessões. Ademais, Rudat et al. (2024) conclui que o monitoramento óptico implica um risco mínimo de eventos cardíacos devido a desvios de 0,14 Gy contra 0,48 Gy cumulativos por CBCT diário na dose média cardíaca.

Ainda sobre a estabilidade geométrica e movimento intrafração, a associação de bocais ou espirômetros ao SGRT investigadas por Hamming et al. (2019), Vander Veken et al. (2023), Hazelaar et al. (2024), Cho et al. (2025), Chan et al. (2024) e novamente por Chan et al. (2025), trazem em unanimidade a superioridade dos bocais para controle do movimento intrafração. Entretanto, ao associar ao SGRT para controle respiratório perde-se uma das maiores qualidades do manejo respiratório guiado por SGRT: o conforto do paciente. Neste sentido, o TG - 302, que trata das recomendações de prática clínica e garantia de qualidade para a radioterapia guiada por superfície, enfatiza que a escolha de estratégias de controle respiratório deve equilibrar a redução do movimento com fatores humanos, como conforto, cooperação e fadiga, reconhecendo que abordagens excessivamente invasivas podem

comprometer a consistência do tratamento ao longo do tempo, que afetam diretamente na reprodutibilidade e na adesão do paciente ao tratamento (AAPM, 2022). Sob essa perspectiva, os resultados desta revisão sustentam que, embora estratégias híbridas possam oferecer ganhos incrementais de estabilidade, a SGRT isolada representa uma solução eficaz e viável para a maioria dos cenários terapêuticos, desde que associada a protocolos adequados de verificação por meio de imagens.

É notável que a Radioterapia Guiada por Superfície encontra o seu cenário de aplicação mais consolidado e maduro no manejo respiratório para tratamentos de mama. A elevada correlação entre a superfície torácica e a posição das estruturas internas favorece a obtenção de estabilidade geométrica submilimétrica ao longo das frações, independentemente do sistema SGRT empregado (BUCHMANN et al., 2023; LAAKSOMAA et al., 2022). Entretanto, é comum um desvio ligeiramente maior no sentido longitudinal (crânio-caudal) durante os tratamentos, que ocorre por uma combinação de fatores biomecânicos e técnicos (AAPM, 2022). Mesmo em apneia inspiratória, pequenas variações no tônus diafragmático produzem oscilações residuais nesse eixo e, adicionalmente, a disposição das câmeras térmicas e do canhão de luz estruturada acima do paciente, na extremidade correspondente aos pés da mesa de tratamento podem contribuir para pequenas variações na leitura do deslocamento longitudinal (Cerviño et al. 2011). Contudo, para o Comitê Consultivo sobre Radioncologia da Sociedade Europeia de Radioterapia e Oncologia (ESTRO-ACROP, 2023) a variação mais importante durante o tratamento em DIBH para mama é do eixo vertical (antero-posterior), uma vez que é responsável pelo maior distanciamento do coração em relação ao PTV. Por esse motivo, deve-se priorizar este eixo tanto no monitoramento SGRT como na verificação de imagem, onde a amplitude respiratória é medida pela distância entre a coluna vertebral e o esterno através da fusão de imagens radiográficas em perfil ou CBCT no corte sagital da TC de simulação com a imagem de *setup*.

Para tratamentos torácicos e abdominais, os achados indicam que a aplicação da SGRT é especialmente útil em cenários de radioterapia hipofracionada e SBRT, nos quais pequenas incertezas geométricas podem resultar em impactos dosimétricos clinicamente relevantes (SARUDIS et al., 2021; WANG et al., 2021). Diferentemente do observado na mama, a região interior do tórax e abdominal apresenta maior

variabilidade do movimento interno, particularmente em tumores pulmonares e hepáticos, o que impõe maior complexidade à correlação entre o movimento da superfície corporal e a posição do alvo interno (HEINZERLING et al., 2021; HAZELAR et al., 2024). Ainda assim, a literatura evidencia que a SGRT contribui significativamente para a redução de movimentos intrafração, com deslocamentos residuais frequentemente inferiores a 2–3 mm. Ademais, a estabilidade respiratória proporcionada pela SGRT viabiliza a redução de ITV e do PTV, refletindo diretamente em melhorias dosimétricas, como diminuições expressivas na entrega de dose nos OARs e na manutenção da cobertura tumoral (SAURUDIS et al, 2021).

Para além destes resultados em tratamentos em inspiração profunda, as pesquisas de McKivitt et al. (2025) e Wang et al. (2021) explanam sobre controle respiratório em expiração e um sistema SGRT com *deep learning* capaz de prever o movimento respiratório externo e estimar o deslocamento de órgãos internos de referência, respectivamente. Estes estudos revelam o próximo possível *upgrade* dos SGRTs: monitoramento de tratamentos em *gating* respiratório e em *tracking*, que é uma técnica que monitora em tempo real o movimento do PTV e adapta os componentes geométricos do AL para ajustar a direção do feixe, seguindo o movimento do tumor sem retenção respiratória (STOWE, 2019). Para a realização destas técnicas é necessário que o tempo de latência do sistema, intervalo entre a ocorrência do movimento real do paciente e a resposta do sistema de monitoramento, seja extremamente pequeno, para Wang et al. (2021) o valor de latência do sistema pesquisado foi de 450 ms. Entretanto, para a realização dessas técnicas com monitoramento por SGRT é fundamental que os sistemas apresentem baixa latência, elevada estabilidade temporal e correlação confiável entre a superfície externa e o movimento dos volumes internos, uma vez que atrasos na resposta do sistema podem comprometer a entrega correta da dose (ASTRO, 2019).

Nesse sentido, documentos técnicos da AAPM destacam que a latência dos sistemas de monitoramento constitui um fator limitante para aplicações em *gating* e, sobretudo, em *tracking* em tempo real, exigindo rigorosos processos de comissionamento, controle de qualidade e validação clínica (AAPM, 2010). De forma complementar, os protocolos cooperativos do RTOG/NRG *Oncology* reforçam que, embora promissoras, essas abordagens ainda demandam evidência clínica completa e padronização técnica antes de sua incorporação na rotina terapêutica, posicionando

o uso de SGRT em *tracking* respiratório como um campo emergente e em desenvolvimento (NRG ONCOLOGY, 2019). Dessa forma, os achados desta revisão reforçam o papel da SGRT como uma estratégia não invasiva, segura e eficiente no controle respiratório em radioterapia, ao mesmo tempo em que delineiam seus limites atuais e perspectivas futuras de desenvolvimento tecnológico e clínico.

6 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada, foi possível constatar que as evidências científicas que fundamentam o uso do SGRT no manejo respiratório de pacientes submetidos à radioterapia baseiam-se nos relatórios e guias internacionais preexistentes que sustentam todas as técnicas de controle respiratório, independentemente da técnica de monitoramento utilizada. Também é notável que os componentes que formam o sistema de monitoramento SGRT podem variar de acordo com o fabricante e as atualizações de cada linha, mesmo assim, possuem desempenho semelhante no controle posicional do paciente, e mantém a finalidade: o monitoramento com sensibilidade submilimétrica da superfície do paciente e de seus movimentos sem a utilização de métodos de imagem com radiação ionizante.

Por meio do desenvolvimento da revisão integrativa foi possível identificar que a área anatômica mais pesquisada e tratada com o monitoramento respiratório guiado por SGRT é a mama, especialmente esquerda, provavelmente relacionado com o fato da mama ser a região onde há maior recorrência de neoplasia no cenário mundial (OMS, 2023), e que se beneficia do DIBH através da diminuição da dose nos OARs. A região torácica também recebe estes benefícios, principalmente quando o PTV está mais afastado do mediastino. O maior desafio se concentra no abdômen devido ao movimento respiratório abdominal ser mais imprevisível.

A técnica DIBH é a mais consolidada para manejo respiratório com o uso da SGRT, a manobra de inspiração com a suspensão da respiração dá ao sistema o tempo necessário para a medição do posicionamento correto, considerando a latência do sistema. Neste sentido, a limitação dos sistemas de monitoramento de superfície encontra-se justamente na falta de investigações sobre latência que permitam o desenvolvimento da tecnologia para tratamentos em *gating*, ou até mesmo *tracking*. Como perspectiva de pesquisas futuras, o aprofundamento do estudo da correlação entre movimento externo e deslocamento interno, associado à caracterização precisa da latência dos sistemas, mostra-se fundamental para o avanço dessas técnicas.

Nesse cenário, abordagens baseadas em inteligência artificial, especialmente modelos preditivos aplicados à SGRT, despontam como estratégias promissoras para mitigar as limitações atuais, ao permitir a antecipação do movimento respiratório e a adaptação dinâmica do sistema às variações individuais do paciente. Tais avanços têm potencial para viabilizar estratégias de manejo respiratório mais eficientes, menos

invasivas e menos cansativas, ampliando a aplicabilidade do SGRT em tratamentos radioterápicos dependentes do movimento respiratório.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM). The management of respiratory motion in radiation oncology. Report of AAPM Task Group 76. College Park, MD: **AAPM**, 2006. (AAPM Report No. 91). Disponível em: https://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_91.pdf. Acesso em: 05 ago. 2025.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE (AAPM). *Quality assurance for nonradiographic radiotherapy localization and positioning systems: report of Task Group 147*. **Medical Physics**, Hoboken, v. 39, n. 4, p. 1728–1745, abr. 2012. DOI: 10.1118/1.3681967. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1118/1.3681967>. Acesso em: 22 dez. 2025.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Surface Guided Radiotherapy**. *AAPM Task Group Report No. 302*. College Park, MD: American Association of Physicists in Medicine, 2022. Disponível em: <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=224>. Acesso em: 15 jan. 2026.

AL-HALLAQ, Hania A. et al. **AAPM** task group report 302: surface ;guided radiotherapy. **Medical Physics**, Alexandria, v. 49, n. 4, p. 1-32, 15 mar. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/mp.15532>. Acesso: 23 set. 2025.

AMERICAN CANCER SOCIETY. **Radiation Therapy for Cancer**. Atlanta: American Cancer Society, 2021. 2 slides, color. Disponível em: <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/cancer-control/en/booklets-flyers/radiation-therapy-for-cancer.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2025

AZNAR, Marianne et al. The role of motion management and position verification in lymphoma radiotherapy. **The British Journal Of Radiology**, [S.L.], v. 94, n. 1127, p. 1127-94, 1 nov. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.20210618>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34677090/>. Acesso em: 03 jun. 2025.

BABA AI, Câtoi C. Oncologia Comparada. Bucureste (RO): Editora da Academia Romena; 2007. Capítulo 19, **PRINCÍPIOS DA TERAPIA ANTICÂNCER**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9546/> Acesso em: 29 fev. 2025

BARRETT, A. et al. **Practical radiotherapy planning**. 4. ed. London: Hodder Arnold, 2009. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=Y5ISPgAACAAJ> Acesso em: **30 jan. 2026**.

BATISTA, V. Surface guided radiation therapy: An international survey on current clinical practice. **Technical innovations & patient support in**

radiation oncology, 22, 1–8 (2022). Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.tipsro.2022.03.003> Acesso em: 11 jan. 2025.

BENTZEN, Søren M. et al. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): an introduction to the scientific issues. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 76, n. 3, p. S3–S9, 2010.

BELLALA, R. S. Cardiac and lung sparing radiotherapy in breast and chest wall irradiation with surface guided radiotherapy using deep inspiratory breath hold technique. *Annals of Oncology*, v. 33, supl. 9, p. S1437, 2022.

DOI: 10.1016/ANNONC.2022.10.027.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2022.10.027>.

Acesso em: 11 nov. 2025.

BENITES, Rafaela Freitas Oliveira et al. Principais Aspectos Técnicos e Benefícios Clínicos do Gating Respiratório para Radioterapia do Câncer de Pulmão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES, 3., 2016, Rio de Janeiro. **Principais Aspectos Técnicos e Benefícios Clínicos do Gating Respiratório para Radioterapia do Câncer de Pulmão**. Rio de Janeiro: Cbmri, 2016. p. 1-8. Disponível em: https://cbmri.org.br/CBMRI2016/trabalhos/CBMRI_55.pdf. Acesso em: 25 maio 2021.

BERG, L. et al. *Intra-fractional isocenter shifts and dose evaluation of deep inspiration breath hold using surface guided radiotherapy for left-sided breast cancer*. *Radiotherapy and Oncology*, v. 123, n. 3, p. 487–494, 2017.

Disponível:

<https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L618191886&from=export> U2 - L618191886 Acesso em: 4 nov. 2025.

BOTTICELLA, Angela et al. Tumour motion management in lung cancer: a narrative review. *Translational Lung Cancer Research*, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 2011-2017, abr. 2021. AME Publishing Company.

<http://dx.doi.org/10.21037/tlcr-20-856>. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8107759/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRAINLAB AG. **ExacTrac Dynamic Surface®: SGRT com câmera térmica 4D**. Brainlab [site eletrônico].abr. 2023. Disponível em: <https://www.brainlab.com/bp/produtos-de-radiocirurgia/exactrac-dynamic-surface/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BUSCHMANN, Martin et al. Stereoscopic X-ray image and thermo-optical surface guidance for breast cancer radiotherapy in deep inspiration breath-hold. *Strahlentherapie Und Onkologie*, [S.L.], v. 200, n. 4, p. 306-313, 5 out. 2023. Springer Science and Business Media LLC.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00066-023-02153-y>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37796341/>. Acesso em: 29 set. 2025.

BRAY, Freddie; MØLLER, Bjørn. Predicting the future burden of cancer.

Nature Reviews Cancer, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 63-74, 22 dez. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrc1781>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16372017/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

CAMARGO, Renato. História da radioterapia. In: CAMARGO, Renato. Radioterapia e Medicina Nuclear: radconceitos, instrumentação, protocolos, tipos de exames e tratamentos. São Paulo: **Saraiva**, 2015. Cap. 12. p. 104-105. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536521336/pageid/104>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CERVIÑO, L. I.; GUPTA, S.; ROSE, M. A.; YASHAR, C.; JIANG, S. B. Using surface imaging and visual coaching to improve the reproducibility and stability of deep-inspiration breath hold for left-breast-cancer radiotherapy. **Physics in Medicine and Biology**, v. 54, n. 22, p. 6853–6865, 2009. DOI: 10.1088/0031-9155/54/22/007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19864703/> Acesso: 11 nov. 2025

CHAN, A. W.; HOANG, A.; CHEN, H.; MCGUFFIN, M.; VESPRINI, D.; ZHANG, L.; WRONSKI, M.; KARAM, I. *Prospective trial on the impact of weekly cone beam computed tomography-guided correction on mean heart dose in breast cancer breath-hold radiation therapy*. **Advances in Radiation Oncology**, v. 9, 101651, 2024. DOI: 10.1016/j.adro.2024.101651. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39524526/> Acesso: 11 nov. 2025

CHAN, A. W. et al. Comparing interfractional stability of heart dose among three breath-hold radiotherapy techniques in breast cancer. **Clinical Oncology**, v. 38, art. 103699, 2025. DOI: 10.1016/j.clon.2024.103699. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clon.2024.103699>. Acesso em: 30 jan. 2026.

CHANG, Joe Y. et al. Image–Guided Radiation Therapy for Non–small Cell Lung Cancer. **Journal Of Thoracic Oncology**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 177-186, fev. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1097/jto.0b013e3181622bdd>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18303441/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

CHAUDHRY, Raheel; OMOLE, Adekunle E.; BORDONI, Bruno. *Anatomy, thorax, lungs*. In: **StatPearls [Internet]**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [atualizado em 20 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470197/>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI/Identificadores: PMID 29262068.

CHEN, Mingli et al. Motion analysis comparing surface imaging and diaphragm tracking on kV projections for deep inspiration breath hold (DIBH). **Physica**

Medica, v. 125, art. 104495, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2024.104495>. Acesso em: 19 jan. 2026.

CRESWELL, John W. *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. 2. ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2007. Disponível em:
https://community.csusm.edu/pluginfile.php/21115/mod_resource/content/1/Creswell_J.W._2007_-_Designing_a_Qualitative_Study_Qualitative_inquiry_and_research_design-_Choosing_among_5_approaches_2nd_ed._Thousand_Oaks_CA-_SAGE.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

DEKKER, J.; ESSERS, M.; VERHEIJ, M.; KUSTERS, M.; DE KRUIJF, W. Dose coverage and breath-hold analysis of breast cancer patients treated with surface-guided radiotherapy. **Radiation Oncology**, v. 18, n. 72, p. 1–11, 2023. DOI: 10.1186/s13014-023-02261-0.

EUROPEAN SOCIETY FOR RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY – ADVISORY COMMITTEE ON RADIATION ONCOLOGY PRACTICE (ESTRO-ACROP) *guideline: Recommendations on implementation of breath-hold techniques in radiotherapy*. **Radiotherapy and Oncology**, v. 185, p. 109734, 2023. DOI: 10.1016/j.radonc.2023.109734. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37301263/>. Acesso em: 12 dez. 2025

FREISLEDERER, P. et al. ESTRO-ACROP guideline on surface guided radiation therapy. **Radiotherapy And Oncology**, [S.L.], v. 173, p. 188-196, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2022.05.026>. Disponível em: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(22\)04132-9/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(22)04132-9/fulltext). Acesso em: 23 abr. 20

FREISLEDERER, P. et al. Recent advances in surface guided radiation therapy. **Radiation Oncology**, v. 15, n. 1, p. 187, 2020. DOI: 10.1186/s13014-020-01629-w. Disponível em:
<https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-020-01629-w>. Acesso em: 24 jan. 2026.

FREISLEDERER, P. *Surface guided radiation therapy: a new reality, pros and cons*. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY (ESTRO 37)**, 2018. *Radiotherapy and Oncology*, 2018. Disponível em:
[https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(18\)30902-3/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(18)30902-3/fulltext). Acesso em: 4 nov. 2025.

GAÁL, Szilvia et al. Deep-inspirational breath-hold (DIBH) technique in left-sided breast cancer: various aspects of clinical utility. **Radiation Oncology**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-8, 13 maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13014-021-01816-3>.

GARBACZ, Magdalena et al. Application of the deep inspiration breath-hold technique in proton therapy for mediastinal lymphomas: initial experience.

Cancers, v. 17, n. 12, art. 1985, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/cancers17121985>. Acesso em: 19 jan. 2026.

GARSA, Adam et al. Radiation Therapy for Brain Metastases: a systematic review. **Practical Radiation Oncology**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 354-365, set.

2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prro.2021.04.002>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34119447/>. Acesso em: 01 set. 2025.

GHANI, Muhammad Nur Hidayat Abdul et al. Management of respiratory motion for lung radiotherapy: a review. **Journal Of Xiangya Medicine**, [S.L.], v. 3, p. 27-27, jul. 2018. AME Publishing Company.

<http://dx.doi.org/10.21037/jxym.2018.06.03>. Disponível em:

<https://jxym.amegroups.org/article/view/4615/html>. Acesso em: 29 jun. 2025.

GNERUCCI, A.; ESPOSITO, M.; GHIRELLI, A.; PINI, S.; PAOLETTI, L.; BARCA, R.; FONDELLI, S.; ALPI, P.; GRILLI, B.; ROSSI, F.; SCOCCIANI, S.; RUSSO, S. *Surface-guided DIBH radiotherapy for left breast cancer: impact of different thresholds on intrafractional motion monitoring and DIBH stability.*

Strahlentherapie und Onkologie, v. 199, p. 55–66, 2023. DOI:

10.1007/s00066-022-02008-y. Acesso em: 11 nov. 2025.

GNERUCCI, A. et al. *Robustness analysis of surface-guided DIBH left breast radiotherapy: personalized dosimetric effect of real intrafractional motion within the beam gating thresholds.* **Strahlentherapie und Onkologie**, v. 200, p. 71–82, 2024. DOI: 10.1007/s00066-023-02102-9 Disponível:

<https://dx.doi.org/10.1007/s00066-023-02102-9> Acesso em: 11 nov. 2025.

GENESISCARE (Espanha) (org.). **Radioterapia guiada por superfície e a questão da utilização do bolus**. 2022. Disponível em:

<https://www.anatge.com/en/surface-guided-radiotherapy-and-the-issue-of-bolus-utilization/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

GOMES, N.; FURTADO, A. M.; COELHO, M. D. G.; POSSANZINI, M.; MORALES, J.; GRECO, C. *Implementation of DIBH for gated IMRT of left-sided breast cancer using optical surface guidance.* **Radiotherapy and Oncology**, v. 133 (Suplemento), p. S50, 2019. DOI: 10.1016/S0167-

8140(19)30516-X. Disponível em: <https://www-embase-com.ez130.periodicos.capes.gov.br/records?subaction=viewrecord&rid=1&page=1&id=L2002557596>

GUIMARÃES PEREIR, V.; SANTOS FORTES, S.; SEIXAS DUBEUX, C.

Avaliação do movimento intrafração em tratamento de SBRT de pulmão.

Revista Brasileira de Física Médica, [S. l.], v. 19, p. 787, 2025. DOI:

10.29384/rbfm.2025.v19.19849001787. Disponível em:

<https://rbfm.org.br/rbfm/article/view/787>. Acesso em: 29 abr. 2025.

GUEDES, Vânia L. S.; BORSCHIVER, Suzana. **Bibliometria**: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: VI CINFORM – Congresso Internacional de Métodos Formativos, Universidade Federal da Bahia, [s.l.], 2005. Disponível em: https://cinform-antiores.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025.

HAMMING, Vincent C. et al. Evaluation of a 3D surface imaging system for deep inspiration breath-hold patient positioning and intra-fraction monitoring. **Radiation Oncology**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 1-9, 11 jul. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13014-019-1329-6>. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1186/s13014-019-1329-6>. Acesso em: 29 set. 2025.

HATTEL, S. H. et al. Evaluation of setup and intrafraction motion for surface guided whole-breast cancer radiotherapy. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 20, n. 6, p. 39–44, 2019. DOI: 10.1002/acm2.12599.

HAZELAAR, Colien et al. PO-1388: Clinical implementation and evaluation of liver SBRT in breath-hold using nasal high flow therapy. **Radiotherapy and Oncology**, v. 182, p. S1117–S1118, 2023. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-8140\(23\)66303-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8140(23)66303-0). Acesso em: 19 jan. 2026.

HEINZERLING, J. H. et al. Prospective study of surface guided radiation therapy (SGRT) for breath-hold SBRT treatments of the lung: analysis of reliability of surface guidance alone for internal tumor position during breath hold. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 111, n. 3, supl. 1, p. e539, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2021.07.1510>. Acesso em: 19 jan. 2026.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS (ICRU). *Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT)* — ICRU Report 83. Oxford: **International Commission on Radiation Units and Measurements**, 2010. Disponível em: <https://www.icru.org/report/prescribing-recording-and-reporting-intensity-modulated-photon-beam-therapy-imrticru-report-83/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS (ICRU). *Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy*. Bethesda, MD: **ICRU**, 1993. (ICRU Report 50). Disponível em: <https://www.icru.org/report/prescribing-recording-and-reporting-photon-beam-therapy-icru-report-50/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS (ICRU). *Prescribing, recording and reporting photon beam therapy: supplement to ICRU Report 50*. Bethesda, MD: ICRU, 1999. (ICRU Report 62). Disponível em: <https://www.icru.org/report/prescribing-recording->

and-reporting-photon-beam-therapy-supplement-to-icru-report-50-icru-report-62/. Acesso em: 30 jan. 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA – **IFSC**. Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/mestrado-protecao-radiologica/areas-de-concentracao-e-linhas-de-pesquisa>. Acesso em: 8 set. 2025.

INGROSSO, Gianluca et al. Image-guided moderately hypofractionated radiotherapy for localized prostate cancer: a multicentric retrospective study (ipopromise). **La Radiologia Medica**, [S.L.], v. 129, n. 4, p. 643-652, 19 fev. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11547-024-01782-2>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38369638/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (Inca). Inca (org.). **ABC do Câncer**: abordagens básicas para o controle do câncer. 6. ed. Rio de Janeiro: Inca, 2020. 114 p. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/livro_abc_6ed_0.pdf. Acesso em: 14 abr. 2025.

INCA (Rio de Janeiro). Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (org.). **Radioterapia**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>. Acesso em: 14 abr. 2025.

IPPOLITO, Edy et al. Implementation of a voluntary deep inspiration breath hold technique (vDIBH) using BrainLab ExacTrac infrared optical tracking system. *PLOS ONE*, v. 13, n. 5, e0195506, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195506>. Acesso em: 02 nov. 2025.

JAFFRAY D. A. (2012). Image-guided radiotherapy: from current concept to future perspectives. **Nature reviews. Clinical oncology**, 9(12), 688–699. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23165124/> Acesso em: 15/06/2025

JERMOUMI, M. et al. 3D Surface Guided Radiation Therapy System as Surrogate to Assess the Chest Wall Excursion for Lung SBRT Patients. **International Journal Of Radiation Oncology*Biolog*Physics**, [S.L.], v. 99, n. 2, p. 674-675, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2017.06.2229>. Disponível em: https://www.redjournal.org/article/S0360-3016%2817%2933283-2/fulltext?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 15 jun. 2025.

KADHIM, M.; HARALDSSON, A.; KÜGELE, M.; ENOCSON, H.; BÄCK, S.; CEBERG, S. *Surface guided ring gantry radiotherapy in deep inspiration breath hold for breast cancer patients. Journal of Applied Clinical Medical Physics*, v. 25, e14463, 2024. DOI: 10.1002/acm2.14463 Disponível em:

<https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/acm2.14463> Acesso em: Acesso em: 12 nov. 2025.

KALET, A. M.; CAO, N.; SMITH, W. P.; YOUNG, L.; WOOTTON, L.; STEWART, R. D.; FANG, L. C.; KIM, J.; HORTON, T.; MEYER, J. Accuracy and stability of deep inspiration breath hold in gated breast radiotherapy – a comparison of two tracking and guidance systems. *Physica Medica*, v. 60, p. 174-181, 2019. DOI: 10.1016/j.ejmp.2019.03.025. Acesso em: 29 set. 2025.

KAUR, Mandeep et al. Affordable realtime respiratory monitoring system for radiation oncology. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, v. 26, e70250, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/acm2.70250>. Acesso em: 19 jan. 2026.

KEALL, Paul J. (org.). **The Management of Respiratory Motion in Radiation Oncology**. 91. ed. College Park: American Association Of Physicists In Medicine, 2006. 80 p.

KIM, Taeho et al. Feasibility of surface-guidance combined with CBCT for intra-fractional breath-hold motion management during Ethos RT. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, v. 25, e14242, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/acm2.14242>. Acesso em: 19 jan. 2026.

KÜGELE, M. et al. *Dosimetric effects of intrafractional isocenter variation during deep inspiration breath-hold for breast cancer patients using surface-guided radiotherapy*. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, v. 19, n. 1, p. 25–38, 2018. DOI: 10.1002/acRadiological Society of North America (RSNA). <http://dx.doi.org/10.1148/rycan.230011>. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/rycan.230011>. Acesso em: 29 jun. 2025.

KÜGELE, Malin et al. Surface guided radiotherapy (SGRT) improves breast cancer patient setup accuracy. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, [S.l.], v. 20, n. 9, p. 61–68, 2019. DOI: 10.1002/ACM2.12700. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/acm2.12700>. Acesso em: 01 jun. 2025.

LAI, J. et al. *SGRT-based DIBH radiotherapy practice for right-sided breast cancer combined with RNI: A retrospective study on dosimetry and setup accuracy*. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, v. 24, e13998, 2023. DOI: 10.1002/acm2.13998 Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/acm2.13998>. Acesso em: 12 nov. 2025.

LAVROVA, Elizaveta et al. *Adaptive radiation therapy: a review of CT-based techniques*. **Radiology: Imaging Cancer**, v. 5, n. 4, art. e230011, 1 jul. 2023. DOI: 10.1148/rycan.230011. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rycan.230011>. Acesso em: **30 jan. 2026**.

LAAKSOMAA, Marko et al. *AlignRT® and Catalyst™ in whole-breast*

radiotherapy with DIBH: Is IGRT still needed? **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 20, n. 3, p. 97–104, 2019.

DOI: 10.1002/acm2.12553.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acm2.12553>.

Acesso em: 04 nov. 2025.

LI, Guang et al. Advances and potential of optical surface imaging in radiotherapy. **Physics In Medicine & Biology**, [S.L.], v. 67, n. 16, p. 1-21, 9 ago. 2022. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6560/ac838f>.

Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6560/ac838f/meta>. Acesso em: 23 abr. 2025.

LI, G. Advances and potential of optical surface imaging in radiotherapy.

Physics in Medicine and Biology, v. 67, n. 16, 2022. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1088/1361-6560/ac838f>

. Acesso em: 4 nov. 2025.

LI, G. et al. A uniform and versatile surface-guided radiotherapy procedure and workflow for high-quality breast deep-inspiration breath-hold treatment in a multi-center institution. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 23, n. 3, e13511, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/acm2.13511>.

Acesso em: 4 nov. 2025.

LI, G. et al. A uniform and versatile surface-guided radiotherapy procedure and workflow for high-quality breast deep-inspiration breath-hold treatment in a multi-center institution. *Medical Physics*, v. 45, n. 6, p. e120–e126, 2018. DOI: 10.1002/mp.12938.

LI, C.; WU, D.; GUO, S.; ZHANG, B.; WEI, Q.; ZHANG, T. *Postoperative radiotherapy for right breast cancer with regional nodal irradiation utilizing the surface-guided radiotherapy based deep inspiration breath hold technique on a TrueBeam HD linear accelerator: A case report.* **Medical Dosimetry**, v. 50, p. 13–18, 2025. DOI: 10.1016/j.meddos.2024.07.001 Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39079803/>

Acesso em: 11 nov. 2025

LIMA, Miriam Aparecida Campos; MIOTO, Regina Célia Temporini.

Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: uma pesquisa bibliográfica. **Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, São Paulo, v. 11, ed. especial, p. 2637, mar. 2025. Disponível em: <https://periodicos.claec.org/index.php/relacult/article/view/2637>

. Acesso em: 8 set. 2025.

LÓPEZ, Álvaro G. et al. Nonlinear cancer chemotherapy: modelling the norton-simon hypothesis. **Communications In Nonlinear Science And Numerical Simulation**, [S.L.], v. 70, p. 307-317, maio 2019. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cnsns.2018.11.006>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S100757041830354X>.

Acesso em: 03 set. 2025.

LUVEZUTI, Lecio Leonardo. **Comparação das técnicas 3DCRT, IMRT sliding window e VMAT nos tratamentos radioterápicos de câncer de esôfago distal**. 2015. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Residência Multiprofissional em Física Médica Com Ênfase em Radioterapia, Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://ninho.inca.gov.br/jspui/bitstream/123456789/10900/1/TCC_vers%C3%A3o%20final_corre%C3%A7%C3%B5es%20SAFF.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

MAJOR, Tibor et al. The value of brachytherapy in the age of advanced external beam radiotherapy: a review of the literature in terms of dosimetry. **Strahlentherapie Und Onkologie**, [S.L.], v. 198, n. 2, p. 93-109, 1 nov. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00066-021-01867-1>. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8789711/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 29 jun. 2025.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016. ISBN 978-85-9700-811-1. Disponível em: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5335/533557910005/html/index.html?> Acesso em: 1 set. 2025.

MAST, Mirjam; PERRYCK, Sophie. Introduction to: surface guided radiotherapy (sgrt). **Technical Innovations & Patient Support In Radiation Oncology**, [S.L.], v. 22, p. 37-38, 23 abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tipsro.2022.04.004>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9027274/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

McKIVITT, O. et al. Surface-guided radiotherapy: a reliable motion management solution for end-expiration breath-hold in stereotactic body radiotherapy to the liver. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 123, n. 1S, p. e79–e80, 2025. Disponível em: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L2041399211&from=export U2 - L2041399211>. Acesso em: 30/12/2025.

MENDES, Vanessa da Silva et al. ExacTrac Dynamic workflow evaluation: combined surface optical/thermal imaging and x-ray positioning. **Journal Of Applied Clinical Medical Physics**, [S.L.], v. 23, n. 10, p. 1-9, 24 ago. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/acm2.13754>. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acm2.13754>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MENDES, Karina dal Sasso et al. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 758-764, dez. 2008.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-07072008000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 16 set. 2025.

NAUMANN, Patrick et al. Feasibility of optical surface-guidance for position verification and monitoring of stereotactic body radiotherapy in deep-inspiration breath-hold. **Frontiers in Oncology**, v. 10, art. 573279, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.573279>. Acesso em: 19 jan. 2026.

NANDI, Dorival Menegaz. **ESTUDO DE FUNCIONALIDADE E SEGURANÇA PARA ACELERADORES LINEARES UTILIZADOS EM RADIOTERAPIA**: uma contribuição para a gestão de tecnologia médico hospitalar. 2004. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Cap. 3.

NGUYEN, D. et al. Reporting the first clinical implementation of AlignRT InBore, the new Halcyon™-dedicated surface guided radiation therapy solution. In: **GLOBAL ONCOLOGY: RADIATION THERAPY IN A CHANGING WORLD – ASTRO ANNUAL MEETING, 2020**. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.07.762>. Acesso em: 4 nov. 2025.

NRG ONCOLOGY. *Radiation Therapy Template for Breast Cancer: Photon and Proton Therapy*. Philadelphia: **NRG Oncology/Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)**, 2022. Disponível em: <https://www.nrgoncology.org>. Acesso em: 10 jan 2026.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira. **METODOLOGIA CIENTÍFICA**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: **Universidade Federal de Goiás**, 2011. 72 p. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025.

OLIVEIRA HF, et al. Radioterapia de intensidade modulada (IMRT) para pacientes do SUS: análise de 508 tratamentos em dois anos de instalação da técnica. *Rev Bras Radioter*. 2014. Available from: <https://www.scielo.br/j/rb/a/zVDmTM5SMFtFdtLpQKhP5ht/?lang=pt>. Accessed 28 Apr 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). *Breast cancer*. Geneva: WHO, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>. Acesso em: 22 jan. 2026.

OH et al. Optimal Gating Window for Respiratory-Gated Radiotherapy with Real-Time Position Management and Respiration Guiding System for Liver

Cancer Treatment. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-9, 13 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-40858-2>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30867519/>. Acesso em: 03 jun. 2025.

OTTO, Karl. Volumetric modulated arc therapy: imrt in a single gantry arc. **Medical Physics**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 310-317, 26 dez. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1118/1.2818738>. Disponível em: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1118/1.2818738>. Acesso em: 11 maio 2025.

OUZZANI, Mourad et al. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 1-10, dez. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>. Disponível em: https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0384-4?utm_source=chatgpt.com#citeas. Acesso em: 11 set. 2025.

PADILLA, L. et al. Assessment of interfractional and intrafractional motion using surface guided radiation therapy. **Radiotherapy and Oncology**, Amsterdam, v. 120, n. 3, p. 465–471, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167814016301963>. Acesso em: 22 dez. 2025.

PAPPAS, Eleftherios P. et al. Target localization accuracy in frame-based stereotactic radiosurgery: comparison between mr ;only and mr/ct co ;registration approaches. **Journal Of Applied Clinical Medical Physics**, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 1-32, 14 mar. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/acm2.13580>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35285583/>. Acesso em: 04 set. 2025.

PAN, M.; NDEMBO, S.; CAETANO, M. Impacto da surface guided radiotherapy no posicionamento do doente: revisão sistemática. **Saúde & Tecnologia**, n. 28, p. 14–20, maio 2023. ISSN: 1646-9704. Disponível em: <https://journals.ipl.pt/stecnologia/article/view/591>. Acesso em: 24 jan. 2026.

PAOLANI, Giulia et al. A novel tool for assessing the correlation of internal/external markers during SGRT guided stereotactic ablative radiotherapy treatments. **Physica Medica**, v. 92, p. 40–51, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.10.021>. Acesso em: 19 jan. 2026.

PENG, Haiyan et al. Optimal fractionation and timing of weekly cone-beam CT in daily surface-guided radiotherapy for breast cancer. **Radiation Oncology**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 1-3, 5 jul. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13014-023-02279-4>. Disponível em: https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-023-02279-4?utm_source=chatgpt.com#citeas. Acesso em: 15 jun. 2025.

PIRES, Pedro et al. SGRT no tratamento de mama esquerda em inspiração forçada: revisão sistemática de literatura. **Saúde & Tecnologia**, [S.L.], p. 1-7, 30 dez. 2023. Saúde & Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.25758/SET.767>. Disponível em: <https://journals.ipl.pt/stecnologia/article/view/767>. Acesso em: 01 set. 2025.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Plos Medicine**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 1-15, 29 mar. 2021. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1003583>. Acesso em: 11 set. 2025.

PIZARRO TRIGO, F.; MARTÍN ALBINA, M. L.; MORILLAS RUIZ, J.; NÚÑEZ MARTÍNEZ, L.; SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J. Análisis estadístico local de la SGRT para tratamientos de mama. Decisiones basadas en la experiencia. **Revista de Física Médica**, v. 25, n. 1, p. 13–20, 2024. DOI: 10.37004/sefm/2024.25.1.001.

PROSPERO. International prospective register of systematic reviews. University of York, **Centre for Reviews and Dissemination**, 2011–. Disponível em: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD42024576863>. Acesso em: 8 set. 2025.

RCR (London). The Royal Of Radiologists (org.). **On The Target 2**:: updated guidance for image-guided radiotherapy. 2. ed. London: Ipem, 2021. 182 p.

ROSENZWEIG, Kenneth et al. The deep inspiration breath-hold technique in the treatment of inoperable non–small-cell lung cancer. **International Journal Of Radiation Oncology*Biophysics**, [S.L.], v. 48, n. 1, p. 81-87, ago. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0360-3016\(00\)00583-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0360-3016(00)00583-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360301600005836>. Acesso em: 01 jun. 2025.

Radiation Therapy Oncology Group (RTOG). Radiation Therapy Oncology Group. RTOG protocols. Disponível em: <https://www.rtog.org>. Acesso em: 11 set. 2025.

RUDAT, V.; ZHAO, R.; WANG, B.; ZHANG, L.; SHI, Y. Impact of deep inspiration breath hold, surface-guided radiotherapy, and daily CBCT on the organs at risk in breast cancer radiotherapy. *Scientific Reports*, v. 14, n. 27814, p. 1–12, 2024. DOI: 10.1038/S41598-024-77482-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77482-8>. Acesso em: 4 nov. 2025.

SALVAJOLI, João Victor et al. **Radioterapia em Oncologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: O Atheneu, 2022. 1465 p.

SILVA, C. da; DOROW, P. F. .; MÜLLER, J. dos S. .; PIEDADE, P. A. . **Cardiac dose in radiotherapy treatments for left-sided breast cancer**: use of the Deep Inspiration Breath Hold technique . Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e308101018773, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18773. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18773>. Acesso em: 29 apr. 2025.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa et al. A ESTRATÉGIA PICO PARA A CONSTRUÇÃO DA PERGUNTA DE PESQUISA E BUSCA DE EVIDÊNCIAS. **V Latino-Am Enfermagem**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1-4, jul. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/CfKNnz8mvSqVjZ37Z77pFsy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 jul. 2025.

SARUDIS, Sebastian et al. Surface guided frameless positioning for lung stereotactic body radiation therapy. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 22, p. 215–226, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/acm2.13370>. Acesso em: 19 jan. 2026.

SONG, Yulin et al. Evidence-based region of interest (ROI) definition for surface-guided radiotherapy (SGRT) of abdominal cancers using deep-inspiration breath-hold (DIBH). **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 23, e13748, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/acm2.13748>. Acesso em: 19 jan. 2026.

STOWE, H. et al. Improved respiratory motion tracking through a novel fiducial marker placement guidance system during electromagnetic navigational bronchoscopy (ENB). **Radiation Oncology**, v. 14, n. 1, p. 124, 2019. DOI: 10.1186/s13014-019-1306-0. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31296231/>. Acesso em: 18 jan. 2026.

TAYLOR, A.. Intensity-modulated radiotherapy - what is it? **Cancer Imaging**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 68-73, 2004. E-MED LTD. <http://dx.doi.org/10.1102/1470-7330.2004.0003>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1434586/>. Acesso em: 08 maio 2025.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas. Tipos de revisão de literatura. Botucatu: UNESP, 2015. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.

UYEDA, Mari et al. High dose rate (HDR) brachytherapy in gynecologic cancer regression: a review of the literature. **Applied Cancer Research**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 1-5, dez. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s41241-018-0070-z>. Disponível em:

https://appliedcr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41241-018-0070-z?utm_source=chatgpt.com#citeas. Acesso em: 30 jul. 2025.

VARIAN MEDICAL SYSTEMS. *Respiratory Gating for Scanners*. Palo Alto: Varian Medical Systems, 2025. Disponível em: <https://www.varian.com/pt-br/products/radiotherapy/real-time-tracking-motion-management/respiratory-gating-scanners>. Acesso em: 6 ago. 2025.

VAN HERK, Marcel. *Errors and margins in radiotherapy*. **Radiotherapy and Oncology**, Amsterdam, v. 56, n. 1, p. 31–40, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14752733/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

VANDER VEKEN, Loïc et al. Voluntary versus mechanically-induced deep inspiration breath-hold for left breast cancer: a randomized controlled trial. **Radiotherapy and Oncology**, v. 183, art. 109598, 2023. DOI: 10.1016/J.RADONC.2023.109598. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.109598>. Acesso em: 19 dez. 2025.

WANG, Jiaxin et al. Application and dosimetric comparison of surface-guided deep inspiration breath-hold for lung stereotactic body radiotherapy. **Medical Dosimetry**, v. 49, p. 372–379, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meddos.2024.05.003>. Acesso em: 19 jan. 2026.

WANG, Guangyu et al. Real-time liver tracking algorithm based on LSTM and SVR networks for use in surface-guided radiation therapy. **Radiation Oncology**, v. 16, art. 13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13014-020-01729-7>. Acesso em: 19 jan. 2026.

WANG, Guangyu et al. Correlation of optical surface respiratory motion signal and internal lung and liver tumor motion: a retrospective single-center observational study. **Technology in Cancer Research & Treatment**, v. 21, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/15330338221112280>. Acesso em: 19 jan. 2026.

ZENG, C.; FAN, Q.; LI, X.; SONG, Y.; KUO, L.; ARISTOPHANOUS, M.; CERVINO, L. I.; HONG, L.; POWELL, S.; LI, G. *A potential pitfall and clinical solutions in surface-guided deep inspiration breath hold radiation therapy for left-sided breast cancer*. **Advances in Radiation Oncology**, v. 8, 101276, 2023. DOI: 10.1016/j.adro.2023.101276 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38047221/> Acesso em: 11 nov. 2025.

ZHAO, Y.; LIN, J.; LIU, M.; YANG, R.; ZHANG, X.; ZHANG, Y.; ZHOU, Y. *Clinical evaluation of a newly released surface-guided radiation therapy system on DIBH for left breast radiation therapy*. **Medical Physics**, v. 50, n. 10, p. 6313-6325, 2023. DOI: 10.1002/mp.16699.

ZHANG, Geoffrey G. et al. Motion Management in Stereotactic Body Radiotherapy. **Journal Of Nuclear Medicine & Radiation Therapy**, [S.L.], v. 6, n. 01, p. 1-5, 2013. OMICS Publishing Group.

<http://dx.doi.org/10.4172/2155-9619.s6-012.m2.12214>. Disponível em:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5768000/pdf/ACM2-19-25.pdf>.
 Acesso em: 4 nov. 2025.

APÊNDICE A – Tabelas dos Resultados da Coleta de Dados da Revisão Integrativa.

Tabela 4 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Mama

Título		País	Autores	Ano
1	Análise da posição do isocentro intrafração e avaliação da dose de DIBH usando RT guiada por superfície	Áustria	BERG; KÜGELE; EDVARDSSON; ALKNER.	2017
2	Movimento da parede torácica durante a apneia de inspiração profunda ativa: um estudo usando um sistema de mapeamento de superfície no tratamento da mama do lado esquerdo	Estados Unidos	JIANG; CAO; MEHTA; SHEPARD.	2018
3	Radioterapia guiada por superfície: uma nova realidade, prós e contras	Holanda	FREISLEDERER.	2018
4	Efeitos dosimétricos da variação isocentral intrafracionária durante a apneia de inspiração profunda para pacientes com câncer de mama usando radioterapia guiada por superfície.	Suíça	KÜGELE; EDVARDSSON; BERG; ALKNER; ANDERSSON-LJUS; CEBERG.	2018
5	Implementação de uma técnica voluntária de apneia de inspiração profunda (DIBH) usando o sistema de rastreamento óptico infravermelho BrainLab ExacTrac.	Estados Unidos	IPPOLITO; FIORE; DI DONATO; SILIPIGNI; RINALDI; CORNACCHION E.	2018
6	AlignRT e Catalyst™ na radioterapia de mama inteira com DIBH: o IGRT ainda é necessário?	Suíça	LAAKSOMAA; SARUDIS;	2019

			ROSSI; LEHTONEN.	
7	Precisão e estabilidade da apneia de inspiração profunda em radioterapia de mama fechada - Uma comparação de dois sistemas de rastreamento e orientação.	Estados Unidos	KALET; CAO; SMITH; YOUNG.	2019
8	Avaliação de um sistema de imagem de superfície 3D para inspiração profunda, apneia, posicionamento do paciente e monitoramento intrafração.	Estados Unidos	HAMMING; VISSER; BATIN; MCDERMOTT; BUSZ.	2019
9	Relatando a primeira implementação clínica do Alignrt Inbore, a nova solução de radioterapia guiada por superfície dedicada à Halcyon™	França	NGUYEN; YOSSI; LORCHEL; POUCHARD; RENOULT.	2020
10	Avaliação clínica das variações do paciente entre tratamento e simulação em apneia por inalação profunda da mama (DIBH) usando imagens ópticas de superfície e radiografia 2D a bordo	Estados Unidos	YAN, LI.	2021
11	<u>19P Radioterapia poupadora</u> de coração e pulmão na irradiação da mama e da parede torácica com radioterapia guiada por superfície usando a técnica de apneia inspiratória profunda	Índia	BELLALA.	2022
12	Precisão do posicionamento do paciente na radioterapia DIBH de câncer de mama com inclusão de linfonodos usando rastreamento de superfície e orientação por imagem.	Finlândia	ROSSI; LAAKSOMAA;LE SSON.	2022
13	Avaliação da radioterapia guiada por imagem e guiada por superfície para pacientes com câncer de mama tratadas em apneia inspiratória profunda: uma única experiência institucional	Holanda	PENNINKHOF; FREMEIJER; OFFEREINS-VAN HARTEN; VAN WANROOIJ; QUINTSWAAK; BAAIJENS; DIRKX.	2022

14	3DCRT guiado por superfície em apneia de inspiração profunda para radioterapia de câncer de mama do lado esquerdo: implementação e primeira experiência clínica no Irã	Irã	ABDOLLAHI; YAZDI; MOWLAVI; CEBERG; AZNAR; TABRIZI; SALEK; GHODSI; JAMALI	2022
15	Avaliação da eficácia do treinamento respiratório em pacientes com DIBH guiadas pela superfície da mama esquerda	China	ZHANG.	2022
16	Avanços e potencialidades da imagem óptica de superfície em radioterapia	Estados Unidos	LI.	2022
17	AlignRT,® Catalyst™ e RPM™ na radioterapia locorregional do câncer de mama com DIBH. O IGRT ainda é necessário?	Finlândia	LAAKSOMA; AHLROTH; PYNNONEN; MURTOLA; ROSSI.	2022
18	Análise de modos e efeitos de falha para radioterapia de mama DIBH guiada por superfície.	Estados Unidos	BRIGHT; FOSTER; HAMPTON; RUIZ; MOELLER.	2022
19	Um procedimento de radioterapia guiado por superfície uniforme e versátil e fluxo de trabalho para tratamento de apneia de inspiração profunda da mama de alta qualidade em uma instituição multicêntrica.	Estados Unidos	LI; LU; O'GRADY; YAN; YORKE; ARRIBA; POWELL; HONG.	2022
20	IGRT radiográfico estereoscópico e SGRT termo-óptico para radioterapia mamária DIBH	Áustria	BUSCHMANN; KAUER-DORNER; KONRAD; GEORG; WIDDER; KNÄUSL.	2023
21	Respiração livre (CE) vs apneia inspiratória profunda (DIBH) na irradiação da mama esquerda: o impacto do uso de um sistema SGRT	Suíça	MONTEIRO; CARDOSO; JACOB;	2023

			FERNANDEZ; RODRIGUES.	
22	Reprodutibilidade da posição da parede torácica e do coração usando radioterapia DIBH guiada por superfície versus guiada por RPM para câncer de mama esquerdo.	Estados Unidos	LU; LI; HONG; YORKE; TANG; MECHALAKOS; ZHANG; POWELL; BERRY.	2023
23	Implementação clínica do ExacTrac Dynamic DIBH para pacientes com mama esquerda.	Bélgica	GEVAERT; TEIXEIRA; KETELAERS; MULLIEZ; DE RIDDER.	2023
24	Experiência inicial com radioterapia DIBH para câncer de mama esquerdo usando SGRT e <i>bore-base</i>.	China	LIANG; QIU; HU; SUN; ZHANG.	2023
25	Radioterapia DIBH guiada por superfície para câncer de mama esquerda: impacto de diferentes limiares na monitorização do movimento intrafracionário e na estabilidade da DIBH	Itália	GNERUCCI; ESPOSITO; GHIRELLI; PINI; ALPI; GRILLI; ROSSI.	2023
26	Avaliação clínica de um sistema de radioterapia guiada por superfície recém-lançado em DIBH para radioterapia da mama esquerda.	Estados Unidos	ZHAO; SARKAR; PAXTON; HUANG; HAACKE; PREÇO; FRANCES SU; SZEGEDI; RASSIAH; SALTER.	2023
27	Apneia de inspiração profunda voluntária versus induzida mecanicamente para câncer de mama esquerdo: um estudo controlado randomizado.	Bélgica	VANDER VEKEN; VAN OOTEHEM; RAZAVI; VANDERMEULE N.	2023
28	Prática de radioterapia DIBH baseada em SGRT para câncer de mama do lado direito combinada com RNI: um estudo	China	LAI; LUO; HU; JIANG; WU; LEI; LAN; QU; LI; WU.	2023

	retrospectivo sobre dosimetria e precisão de configuração.			
29	Cobertura de dose e análise de apneia de pacientes com câncer de mama tratadas com radioterapia guiada por superfície.	Holanda	DEKKER; ESSERS; VERHEIJ; KUSTERS; DE KRUIJF.	2023
30	Revisão de aplicações clínicas e desafios com radioterapia guiada por superfície.	Índia	BELLALA; KUPPUSAMY; BELLALA; TYAGI	2023
31	Uma armadilha potencial e soluções clínicas na radioterapia de inspiração profunda guiada por superfície para câncer de mama do lado esquerdo	Estados Unidos	ZENG; VENTILADOR; LI; CANÇÃO; KUO; CERVINO; HONG.	2023
32	Margens de setup com base no erro de configuração inter e intrafracionário da radioterapia de câncer de mama do lado esquerdo usando a técnica de apneia de inspiração profunda (DIBH) e radioterapia guiada por superfície (SGRT).	Estados Unidos	RUDAT; SHI; ZHAO; YU.	2024
33	Análise de robustez da radioterapia de mama esquerda DIBH guiada por superfície: efeito dosimétrico personalizado do movimento intrafracionário real dentro dos limiares de gating do feixe.	Itália	GNERUCCI; ESPOSITO; GHIRELLI; PINI; BARCA; FONDELLI.	2024
34	Impacto da apneia de inspiração profunda, radioterapia guiada por superfície e TCFC diária nos órgãos de risco na radioterapia do câncer de mama	China	RUDAT; ZHAO; WANG; ZHANG; SHI.	2024
35	Análise estatística local do SGRT para tratamentos de mama. Decisões baseadas na experiência	Espanha	PIZARRO; ALBINA; RUIZ; MARTÍNEZ; JIMÉNEZ.	2024
36	Imagem de raios-X estereoscópica e orientação de superfície termo-óptica	Áustria	BUSCHMAN; KONRAD; GEORG;	2024

	para radioterapia de câncer de mama em apneia de inspiração profunda.		WIDDER; KNÄUSL.	
37	Radioterapia de pórtico de anel guiado por superfície em apneia de inspiração profunda para pacientes com câncer de mama.	Suíça	KADHIM; HARALDSSON; KÜGELE; ENOCSON; BÄCK; CEBERG.	2024
38	Investigação dos benefícios clínicos do treinamento regular de apneia utilizando tecnologia de radioterapia guiada por superfície para pacientes com câncer de mama esquerdo	China	LI; MIAO; SHEN; XIAO; YANG; TIAN; SUN; ZHOU; SHEN; QIU.	2025
39	Radioterapia pós-operatória para câncer de mama direito com irradiação nodal regional utilizando a técnica de apneia de inspiração profunda baseada em radioterapia guiada por superfície em um acelerador linear TrueBeam HD: um relato de caso.	China	LI; WU; GUO; ZHANG; WEI; ZHANG.	2025
40	Comparando a estabilidade interfractionária da dose cardíaca entre três técnicas de radioterapia em apneia no câncer de mama.	Reino Unido	CHAN; HOANG; CHEN; MCGUFFIN; SHEIKH.	2025
41	Comparando a qualidade de vida em três diferentes técnicas de retenção respiratória em pacientes com radiação mamária.	Reino Unido	HIRCOCK; CHAN; HOANG; CHEN; MCGUFFIN; VESPRINI; ZHANG; WRONSKI; KARAM.	2025
42	Avaliação de desempenho da tecnologia SGRT em conjunto com uma plataforma de parto helicoidal para DIBH no tratamento do câncer de mama do lado esquerdo	Índia	NIRHALI; NAIK; PAGARE; HUNUGUNDMAT H; DEPUTY.	2025
43	Avaliação da Nova Abordagem Baseada em SGRT para DIBH para Cânceres de	Índia	HUNUGUNDMAT H; DEPUTY;	2025

	Mama do Lado Esquerdo em uma Plataforma de Helical		NIRHALI; NAIK; GADHVE.	
44	Melhorando o posicionamento e a postura do paciente para radioterapia do câncer de mama usando técnicas DIBH e SGRT, modificando dispositivos de fixação e apertando as tolerâncias ao SGRT	Polonia	JÄRVINEN; LAAKSOMA; BJÖRKQVIS; KEYRILÄINEN.	2025
45	Reprodutibilidade e estabilidade da DIBH e da respiração livre na radioterapia mamária baseada em um sistema de imagem óptica de superfície tridimensional em tempo real	China	WU; TANG; ORLANDINI.	2025
46	Análise Comparativa da Radioterapia Guiada por Superfície e Precisão da Configuração de TC por Feixe Cone em Radioterapia de Inspiração Profunda Respiração Retinda da Respiração do Lado Esquerdo	China	CHEN; LU; ZENG; LIU; LEE.	2025
47	Radioterapia guiada pela superfície mamária/radioterapia guiada por imagem (SGRT/IGRT) durante a respiração profunda inspirada (DIBH): o que você planeja e o que você entrega?	Itália	DELANA; ROSE; LUCIDI; MENEGOTTI; ANDOLINA; BANDERA; BRINA; FERRAZZA; FERSINO; MAGRI; MUSSARI; VESHAJ; ZIGLIO; MARTIGNANO; TRIANNI; VANONI.	2025
48	Integrando radioterapia guiada por superfície e pressão positiva contínua nas vias aéreas para câncer de mama: Melhorando a reprodutibilidade e a eficácia.	Coreia	CHO; HAN; LEE; LEE; NAM.	2025
49	Precisão do posicionamento baseado em radioterapia guiada por superfície e do	Australia	KATAYAMA; TAKAHASHI;	2025

	rastreamento de superfície na radioterapia mamária usando um sistema de câmera termo-óptica.		KITAOKA; KAWASAKI; TANII; TANIGUCHI; TSUZUKI.	
--	---	--	--	--

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Tabela 5 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Tórax

Título		País	Autores	Ano
1	Sistema de radioterapia guiada por superfície 3D como substituto para avaliar a excursão da parede torácica para pacientes com SBRT pulmonar	Estados Unidos	JERMOUMI; CAO; MEHTA; SHEPARD	2017
2	Radioterapia guiada por superfície: uma nova realidade, prós e contras	Holanda	FREISLEDERER	2018
3	Viabilidade da orientação óptica de superfície para verificação de posição e monitoramento de radioterapia corporal estereotóxica em apneia de inspiração profunda.	Estados Unidos	NAUMANN; BATISTA; FARNIA; FISCHER; LIERMANN	2020
4	Posicionamento sem moldura guiado por superfície para radioterapia estereotóxica pulmonar corporal.	Suécia	SARUDIS; KARLSSON; BÄCK	2021
5	Estudo Prospectivo de Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) para Tratamentos SBRT de Apneia do Pulmão: Análise da Confiabilidade da Orientação de Superfície Isolada para a Posição do Tumor Interno Durante a Apneia	Estados Unidos	HEINZERLING; BIESTER; ROBINSON; MOELLER; PRABHU	2021
6	Correlação do sinal de movimento respiratório da superfície óptica e do movimento interno do tumor pulmonar e	China	WANG; SONG; LI; DUAN; LI;	2022

	hepático: um estudo observacional retrospectivo de centro único		DAI; BAI; XIAO; ZHANG; SONG	
7	Aplicação e comparação dosimétrica da apneia de inspiração profunda guiada por superfície para radioterapia corporal estereotóxica pulmonar.	Estados Unidos	WANG; DONG; MENG; LI; LI; WANG; YANG; QIU	2024
8	Viabilidade da orientação de superfície combinada com CBCT para gerenciamento de movimento de apneia intrafracionária durante o Ethos RT.	Estados Unidos	KIM; LAUGEMAN; KISER; MARASINI; PRICE; GACH; ROBINSON	2024
9	Aplicação da técnica de apneia de inspiração profunda na terapia de prótons para linfomas mediastinais: experiência inicial.	Polonia	GARBACZ; SKÓRA; CEPIGA; FOLTYŃSKA; GAJEWSKI; GÓRA	2025
10	Sistema de monitoramento respiratório em tempo real acessível para oncologia de radiação.	Estados Unidos	KAUR; AL- HALLAQ; AXENTE	2025

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Tabela 6 - Artigos sobre SGRT para Tratamentos de Abdome

Título		País	Autores	Ano
1	Viabilidade da orientação óptica de superfície para verificação de posição e monitoramento de radioterapia corporal estereotóxica em apneia de inspiração profunda.	Estados Unidos	NAUMANN; BATISTA; FARNIA; FISCHER; LIERMANN	2020

2	Algoritmo de rastreamento hepático em tempo real baseado em redes LSTM e SVR para uso em radioterapia guiada por superfície.	China	WANG; LI; LI; DAI; XIAO; BAI; YISONG; LIU; BAI	2021
3	Definição de região de interesse (ROI) baseada em evidências para radioterapia guiada por superfície (SGRT) de cânceres abdominais usando apneia de inspiração profunda (DIBH).	Estados Unidos	SONG; ZHAI; LIANG; ZENG; MUELLER; LI	2022
4	Implementação clínica e avaliação do SBRT hepático em apneia usando terapia nasal de alto fluxo	Holanda	HAZELAAR.; CANTERS; LUBKEN; KREMER; VAASSEN; BUIJSEN; BERBÉE; VAN ELMPT.	2023
5	Análise de movimento comparando imagens de superfície e rastreamento de diafragma em projeções de kV para apneia de inspiração profunda (DIBH).	Estados Unidos	CHEN; CHIU; FOLKERT; TIMMERMAN; GU; LU; PARSONS.	2024
6	Radioterapia Guiada por Superfície: Uma Solução Confiável de Gerenciamento de Movimento para Atenuação da Respiração no Fim da Expiração na Radioterapia Corporal Estereotáxica ao Fígado	Irlanda	MCKIVITT; ROCHE; CIOCAN; O'DWYER; MAHER; MOHANTY; KELLY; O'BRIEN; BUGGY; O'CATHAIL; BARRY.	2025
7	Determinação do Rois Superficial Ideal para o Tratamento Dibh Guiado por SGRT para Câncer Abdominal	Estados Unidos	STONE; HERNANDEZ; KIM; FERNANDEZ;	2025

			NAVEED; SINGH; DALY; MONJAZEB; PARK.	
--	--	--	---	--

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

APÊNDICE B – Template para submissão de artigo à Revista Brasileira de Física Médica

Comunicação Técnica

Revista Brasileira de Física Médica (2026)

APLICAÇÕES DA SGRT NO MANEJO RESPIRATÓRIO EM RADIOTERAPIA: Uma Revisão Integrativa da Literatura

D.Müller¹, M. Scopel², C. Machado³

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

² Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços, Florianópolis, Brasil

³ Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Tecnologias Radiológicas, Florianópolis, Brasil

Resumo

A movimentação respiratória é um desafio para a precisão da radioterapia em tumores de mama, torácicos e abdominais. Este estudo analisou as evidências científicas sobre o uso da Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) no manejo respiratório em radioterapia, por meio de uma revisão integrativa da literatura. A busca foi realizada em bases de dados internacionais e nacionais, considerando publicações entre 2015 e 2025. Os achados indicam que a SGRT melhora a acurácia no posicionamento do paciente, permite o monitoramento em tempo real do movimento respiratório e contribui para a redução das margens de planejamento e da dose em órgãos de risco, especialmente em técnicas como o Deep Inspiration Breath Hold. Conclui-se que a SGRT é uma ferramenta promissora para o manejo respiratório em radioterapia, fortalecendo a precisão terapêutica e os princípios da proteção radiológica.

Palavras-chave: Radioterapia, Controle Respiratório, SGRT, DIBH, Proteção Radiológica.

Abstract

Respiratory motion is a challenge to the accuracy of radiotherapy in breast, thoracic, and abdominal tumors. This study analyzed the scientific evidence on the use of Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) for respiratory motion management in radiotherapy through an integrative literature review. The search was conducted in international and national databases, considering publications from 2015 to 2025. The findings indicate that SGRT improves patient positioning accuracy, enables real-time monitoring of respiratory motion, and contributes to the reduction of planning margins and dose to organs at risk, especially in techniques such as Deep Inspiration Breath Hold. It is concluded that SGRT is a promising tool for respiratory motion management in radiotherapy, enhancing therapeutic precision and reinforcing the principles of radiological protection.

Keywords: Radiotherapy; Respiratory control; SGRT; DIBH; Radiation protection.

1. Introdução

A radioterapia é um tratamento médico que utiliza radiações ionizantes para destruir ou danificar células tumorais. Essa técnica é frequentemente usada no tratamento de neoplasias, tanto como tratamento curativo quanto como parte de um plano de tratamento combinado com cirurgia, quimioterapia ou imunoterapia; sendo utilizada também como tratamento paliativo para o controle de dor e sangramentos, dependendo do tipo e estágio da doença.¹

A radioterapia tem como premissa a entrega da dose prescrita no Volume Alvo de Planejamento (PTV), com a menor exposição dos tecidos adjacentes.² Para isso, é necessário atingir a reprodutibilidade do posicionamento do paciente realizado durante a simulação em todas as frações terapêuticas. Diante disso, a movimentação respiratória torna-se um desafio recorrente, uma vez que as variações respiratórias podem impactar diretamente a precisão da entrega da dose, comprometendo a eficácia terapêutica e aumentando o risco de toxicidade nos tecidos adjacentes.³

Nesse contexto, a movimentação respiratória configura-se como um desafio recorrente, uma vez que as variações respiratórias podem impactar diretamente a precisão da entrega da dose, comprometendo a eficácia terapêutica e aumentando o risco de toxicidade nos tecidos adjacentes. Estratégias como margens de segurança ampliadas e técnicas de imobilização são frequentemente utilizadas para mitigar esses efeitos; contudo, essas abordagens podem aumentar o volume irradiado e não garantem o monitoramento contínuo da movimentação respiratória durante a sessão de tratamento.⁴

Com o avanço das tecnologias de imagem e monitoramento, a Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) tem se destacado como uma técnica não invasiva no monitoramento posicional em radioterapia. Baseada na aquisição e análise contínua da superfície externa do paciente por meio de sistemas ópticos tridimensionais, a SGRT permite o rastreamento em tempo real da posição e dos movimentos respiratórios, possibilitando intervenções imediatas em caso de desvios posicionais.

A SGRT baseia-se no monitoramento contínuo e não invasivo da superfície corporal do paciente por meio de sistemas ópticos tridimensionais, compostos por câmeras estereoscópicas e projetores de luz estruturada. Esses sistemas realizam a reconstrução em tempo real da geometria da superfície externa, que é comparada a uma superfície de referência previamente adquirida durante a tomografia de simulação ou em uma captura inicial do próprio sistema. A partir dessa comparação, o SGRT permite a detecção de desvios translacionais e rotacionais com precisão submilimétrica, viabilizando tanto o posicionamento inicial quanto o monitoramento intrafração do paciente, sem o uso adicional de radiação ionizante.⁴⁻⁹ Essa tecnologia tem sido especialmente eficaz em protocolos que exigem controle respiratório, como nos tratamentos de tumores de mama, pulmão e fígado, incluindo técnicas como Deep Inspiration Breath Hold (DIBH) e gating respiratório.⁵

Diante disso, este estudo propõe a realização de uma revisão integrativa da literatura com o objetivo de analisar as evidências científicas disponíveis sobre o uso da técnica SGRT no manejo respiratório de pacientes submetidos à radioterapia, buscando identificar seus benefícios e limitações, bem como suas contribuições para a eficácia terapêutica e para a proteção radiológica.

2. Materiais e Métodos

Para atingir o objetivo deste estudo, optou-se pelo desenvolvimento de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com base em pesquisa bibliográfica. A revisão teve como finalidade a interpretação e a síntese das informações presentes na literatura científica sobre a aplicação da técnica Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) no manejo respiratório em radioterapia.⁶

A revisão integrativa se mostrou como método capaz de reunir e analisar estudos teóricos, experimentais e não experimentais, permitindo a combinação de dados da literatura empírica e teórica e oferecendo uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado. Como recurso metodológico complementar, utilizou-se a bibliometria, com o objetivo de mapear indicadores da produção científica e identificar padrões de publicação.⁷

Para o desenvolvimento da revisão, foi adotado o protocolo de revisão integrativa da biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, contemplando as seguintes etapas: identificação do tema e delineamento da pergunta de pesquisa; definição dos critérios de inclusão e exclusão; construção da estratégia de busca; categorização dos estudos; avaliação, análise do conteúdo e exposição dos achados.

A pergunta de pesquisa foi formulada por meio da estratégia PICO, considerando pacientes

submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório, a utilização da técnica SGRT, a comparação com abordagens convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT, e os desfechos relacionados aos benefícios clínicos e técnicos, como maior precisão no posicionamento, melhor manejo da movimentação respiratória e redução de toxicidade e margens de planejamento.

A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados EMBASE, PubMed, LILACS/BVS, Scielo, Scopus, Web of Science e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, incluindo publicações no período de 2015 a 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram utilizadas diferentes estratégias de busca com descritores relacionados à radioterapia guiada por imagem, radioterapia guiada por superfície e controle respiratório.

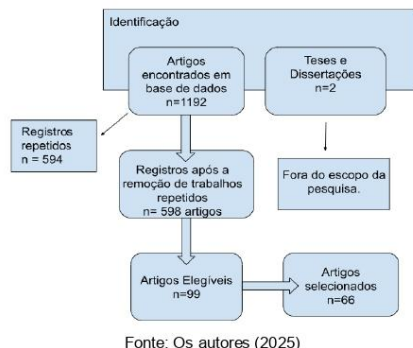
Os critérios de inclusão contemplaram artigos, dissertações e teses disponibilizados na íntegra, desenvolvidos com pacientes humanos e que abordassem o uso da técnica SGRT no contexto do controle respiratório durante a radioterapia. Foram excluídas publicações que tratavam de outras modalidades de IGRT, uso exclusivo da SGRT para posicionamento inicial ou monitoramento de fantasmas, além de editoriais, cartas ao editor, revisões narrativas e trabalhos opinativo.

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, buscando identificar padrões, convergências, tendências e lacunas na literatura, com foco nas contribuições da SGRT para a precisão do tratamento, a segurança do paciente e a eficácia terapêutica em radioterapia.

3. Resultados

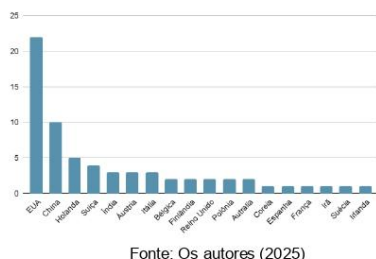
A estratégia de busca aplicada nas bases de dados resultou na identificação de 1.192 publicações. Após a remoção de 594 estudos duplicados pelo sistema de triagem do Rayyan, permaneceram 598 artigos para leitura de títulos e resumos. Com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, 99 estudos foram selecionados para leitura integral. Ao final desse processo, 66 publicações atenderam aos critérios e aos objetivos da pesquisa e foram incluídas na análise integrativa. O processo de seleção dos estudos foi conduzido conforme a estratégia PRISMA.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA da seleção de estudos.



A distribuição geográfica das publicações evidencia predominância dos Estados Unidos, com 22 artigos, seguido pela China, com 10 publicações. Outros países com participação relevante incluem Holanda, Suíça, Áustria, Itália, Índia, Bélgica, Finlândia, Reino Unido, Polônia, Austrália, Coreia, Espanha, França, Irã, Suécia e Irlanda, indicando uma concentração da produção científica em países desenvolvidos da América do Norte, Europa Ocidental e Ásia Oriental.

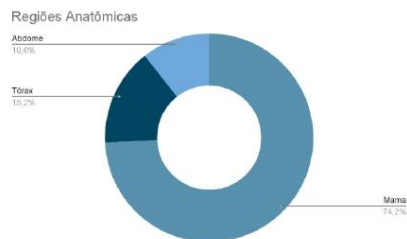
Gráfico 1 – Distribuição de artigos publicados por países.



Em relação aos autores mais produtivos e núcleos recorrentes de pesquisa, destacam-se LI, ZHANG, WANG e ROSSI, com maior número de publicações incluídas. Observa-se contribuição expressiva de autores asiáticos, particularmente chineses, associados principalmente a estudos envolvendo a região do tórax, enquanto autores europeus, como BERG, KÜGELE e LAAKSOMAA, estão mais frequentemente vinculados a estudos de mama, com ênfase na técnica de Deep Inspiration Breath Hold (DIBH).

Quanto à distribuição dos artigos por região anatômica, verificou-se predominância de estudos relacionados à mama, correspondendo a 49 publicações, seguida pelo tórax, com 10 artigos, e pelo abdômen, com 7 estudos. Duas publicações abordaram mais de uma região anatômica e foram contabilizadas em ambas.

Gráfico 2: Distribuição de publicações por região de tratamento.



Fonte: Os autores (2025).

A análise dos 66 artigos permitiu a identificação de três categorias temáticas predominantes: SGRT em mama, tórax e abdômen. A divisão por região anatômica foi mantida nos subcapítulos dos resultados e na organização das tabelas, considerando as diferenças relacionadas à aplicação da Radioterapia Guiada por Superfície conforme o sítio anatômico e os distintos comportamentos da movimentação respiratória.

3.1 SGRT no Manejo Respiratório de Tratamentos de mama

A radioterapia adjuvante após a cirurgia conservadora da mama é amplamente reconhecida como tratamento padrão, reduzindo significativamente o risco de recorrência locoregional. O número crescente de pacientes diagnosticadas precocemente, aliado aos avanços tecnológicos em oncologia, resultou em maior sobrevida e, consequentemente, em maior preocupação com os efeitos tardios da radiação. Em pacientes com câncer de mama esquerda, a proximidade entre a parede torácica e o coração aumenta o risco de toxicidade cardíaca tardia, que pode envolver o miocárdio, o pericárdio, as válvulas e os vasos coronarianos, culminando em doenças como cardiopatia isquêmica e defeitos de perfusão miocárdica.⁸ Diante disso, a redução da exposição cardíaca tornou-se um dos principais objetivos da radioterapia da mama esquerda. Nesse contexto, a técnica de Apneia em Inspiração Profunda (DIBH) associada à Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) tem sido amplamente investigada.⁹

A superfície do paciente é continuamente rastreada, e qualquer deslocamento fora das tolerâncias pré-definidas pode ser identificado de forma imediata. Quando o sistema está integrado ao acelerador linear, a interrupção automática do feixe terapêutico em caso de movimentação do paciente representa uma camada adicional de segurança radiobiológica, prevenindo irradiações incorretas e garantindo que a dose seja entregue apenas durante a apneia inspiratória correta.⁹ Para o rastreamento preciso, é necessária a definição adequada da região de interesse (ROI), que deve abranger toda a mama

e, quando indicado, áreas linfonodais, assegurando estabilidade na detecção dos movimentos torácicos e reduzindo ambiguidades na reconstrução óptica.¹⁰

Figura 2: Definições de região de interesse (ROI) da mama para tratamentos de mama do lado esquerdo(a) e o ROI para o tratamento de mama implantada no lado direito (b).



Fonte: Fonte: Li et al. (2022).

Diversos estudos destacam a importância da integração entre SGRT e IGRT (Radioterapia Guiada por Imagem) no controle respiratório em DIBH, uma vez que, embora o SGRT apresente elevada precisão no rastreamento superficial, a verificação das estruturas anatômicas internas permanece essencial. A literatura demonstra que a combinação do SGRT com imagens radiográficas ortogonais ou CBCT (Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico) de conferência após o posicionamento inicial resulta em desvios residuais reduzidos, geralmente inferiores a 3 mm, com melhora adicional após ajustes guiados por IGRT. Os resultados evidenciam elevada conformidade posicional entre frações, com controle translacional e rotacional preciso, independentemente do sistema óptico utilizado.^{11 12}

Estudos recentes demonstram que a SGRT apresenta precisão posicional equivalente ao CBCT, com impacto significativamente menor na dose cardíaca. O uso diário de kV-CBCT pode adicionar até 2,8 mGy cumulativos à dose cardíaca, enquanto a SGRT resulta em aumento mínimo da dose média cardíaca, com menor risco de toxicidade.¹² Resultados semelhantes foram observados em tratamentos hipofracados em DIBH, com concordância submilimétrica entre SGRT e CBCT.¹³ Mesmo em pacientes com padrão respiratório predominantemente abdominal, o DIBH manteve eficácia na preservação cardíaca, sendo recomendada a inclusão de ROIs abdominais para otimização do monitoramento.¹⁴

Quanto aos efeitos dosimétricos, os estudos demonstram reduções expressivas nas doses ao coração, à artéria descendente anterior, ao pulmão¹⁵ em tratamentos de mama esquerda e; em tratamentos de mama direita, reduções na dose hepática, quando comparado à respiração livre, sem comprometer a cobertura do volume-alvo.^{16 17}

Na comparação entre diferentes ferramentas de controle respiratório, os resultados indicam que o SGRT apresenta desempenho geométrico comparável a métodos alternativos, como espirômetros e sistemas de ventilação não invasiva, mantendo estabilidade submilimétrica¹⁸. Embora

algumas abordagens apresentem benefícios adicionais em contextos específicos, o SGRT destaca-se por ser não invasivo, integrado ao fluxo clínico e eficaz na redução da dose em órgãos de risco.¹⁹

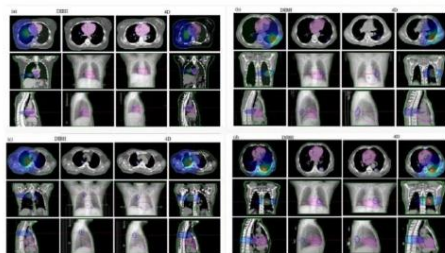
3.2 SGRT no Manejo Respiratório de Tratamentos no Tórax

Os estudos que avaliaram a aplicação da Radioterapia Guiada por Superfície em tumores torácicos demonstram elevada estabilidade geométrica e reprodutibilidade respiratória, tanto em estratégias com *gating* respiratório quanto em técnicas de inspiração profunda com apneia (DIBH).²⁰ A literatura evidencia que o movimento externo da parede torácica capturado pelo SGRT apresenta amplitudes interfração e intrafração estáveis, com variabilidade reduzida na maioria das frações, permitindo sua utilização como substituto externo para quantificação do movimento respiratório e definição de janelas de *gating*.²¹

Em tratamentos de SBRT (Radioterapia Estereotática Corporal) pulmonar, o monitoramento contínuo por SGRT mostrou estabilidade no posicionamento do paciente, com deslocamentos geralmente inferiores a 2 mm e raros desvios superiores a 4 mm. O sistema desempenhou papel ativo na segurança do tratamento, promovendo interrupções automáticas do feixe em situações de movimentação voluntária do paciente ou padrões respiratórios inconsistentes, prevenindo a entrega inadequada da dose terapêutica.²² Estudos prospectivos demonstraram que, mesmo quando utilizado como método exclusivo de monitoramento durante o DIBH, o SGRT foi capaz de manter o tumor dentro do volume-alvo de planejamento (PTV), com deslocamentos residuais mínimos.^{20 23}

Do ponto de vista dosimétrico, a principal contribuição da SGRT em tumores torácicos decorre de sua capacidade de viabilizar técnicas respiratórias reprodutíveis e de manter estabilidade durante a entrega do feixe, especialmente em SBRT pulmonar.²⁰ A combinação de SGRT com DIBH resultou em reduções expressivas do PTV, atribuídas à menor amplitude de movimento interno e à possibilidade de margens de ITV (Volume Interno do Alvo) mais restritas. A expansão pulmonar durante a inspiração profunda esteve associada a reduções significativas na dose média pulmonar e nos parâmetros volumétricos V20 Gy e V5 Gy, sem comprometimento da cobertura tumoral. Os benefícios cardíacos mostraram-se dependentes da localização tumoral, com reduções mais consistentes em PTV (Volume de Tratamento Planejado) mais afastados da área cardíaca.²⁴

Figura 3: Distribuição de dose em cortes axiais, coronais e sagitais em DIBH e respiração livre.



Fonte: Adaptado de Wang et al., (2024).

Os estudos apresentados confirmam que a integração da SGRT no manejo de tumores torácicos possibilita o monitoramento da estabilidade da superfície corporal, que é um indicador fidedigno da estabilidade interna, mas ainda assim é fortemente indicada a integração aos protocolos de verificação por imagem, consolidando-se como uma tecnologia essencial para a mitigação de erros geométricos e a otimização da proteção tecidual em patologias intratorácicas.²⁴

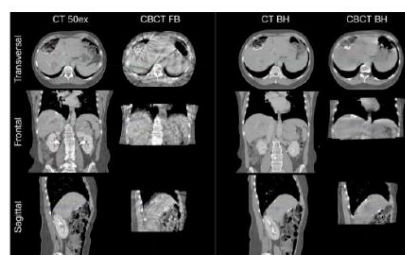
3.2 SGRT no Manejo Respiratório de Tratamentos no Abdome

A radioterapia guiada por superfície no manejo respiratório de sítios abdominais é aplicada tanto no posicionamento inicial quanto no monitoramento intrafração durante o DIBH.²⁴ Os tratamentos abdominais apresentam desafios específicos em razão da elevada variabilidade do abdome durante o movimento respiratório, especialmente em tumores hepáticos, que exibem deslocamentos tridimensionais significativos e dependentes do padrão respiratório individual. Nesse contexto, o DIBH destaca-se por reduzir a amplitude do movimento hepático e melhorar a reprodutibilidade posicional, permitindo a diminuição do ITV e, consequentemente, do PTV, desde que o paciente consiga manter apneias estáveis.²⁵

Estudos que avaliaram a aplicação da SGRT em tratamentos abdominais demonstraram redução significativa dos volumes irradiados quando comparados à respiração livre, particularmente em SBRT hepática em DIBH, com diminuição expressiva do PTV.²¹ Entretanto, os resultados evidenciam dependência da verificação radiográfica diária para compensar a variabilidade posicional intrafração dos tumores abdominais. A literatura aponta que a eficácia da SGRT no manejo respiratório abdominal está fortemente relacionada à correta definição da região de interesse (ROI), sendo que ROIs predominantemente abdominais apresentam maior correlação com o deslocamento do diafragma do que aquelas com maior inclusão de estruturas ósseas, refletindo maior sensibilidade às variações respiratórias.¹³

Apesar dos avanços tecnológicos, o manejo respiratório abdominal guiado por superfície ainda apresenta limitações relevantes. A correlação entre o movimento da superfície corporal e o deslocamento interno mostra-se variável e dependente do paciente, especialmente na direção crânio-caudal.^{1,3} Embora a SGRT seja eficaz para o monitoramento intrafração quando utilizada com janelas de tolerância restritas, os estudos indicam que ela não garante, de forma isolada, a estabilidade da posição interna do alvo abdominal, tornando a integração com métodos de IGRT essencial, sobretudo em cenários de SBRT hepática.²⁶

Figura 4: Distribuição de dose em cortes axiais, coronais e sagitais em DIBH e respiração livre.



Fonte: Adaptado de Wang et al., (2024).

Estratégias complementares, como a integração da SGRT a sistemas de suporte ventilatório, demonstraram potencial para mitigar parte dessas limitações, permitindo apneias prolongadas. O monitoramento por SGRT, associado a tolerâncias rigorosas, assegura estabilidade durante a entrega da dose, com deslocamentos tridimensionais compatíveis com as margens de PTV adotadas. Estudos adicionais também demonstraram a viabilidade da SGRT em apneia ao final da expiração, com controle intrafração adequado, embora com limitações para aplicações em fases expiratórias e técnicas de gating.²⁶

As abordagens baseadas em modelos preditivos com *deep learning* foram propostas como alternativa para aprimorar a correlação entre o movimento externo e o deslocamento interno em tratamentos abdominais. Modelos baseados em redes neurais demonstraram elevada precisão na predição do movimento respiratório externo e na estimativa do deslocamento hepático, reforçando o caráter dinâmico dessa relação e o potencial de evolução da SGRT nesse contexto. Os dados analisados indicam que o manejo respiratório abdominal guiado por SGRT constitui um campo de elevada complexidade, no qual a variabilidade individual exige protocolos rigorosos, seleção criteriosa do ROI e integração frequente com verificação por imagem, apesar dos benefícios observados na redução de margens e no monitoramento intrafração.²⁷

4. Discussão

A incorporação da Radioterapia Guiada por Superfície (SGRT) aos fluxos modernos de radioterapia reflete a necessidade crescente de estratégias não invasivas capazes de garantir precisão geométrica, reprodutibilidade e segurança do paciente, especialmente em tratamentos que envolvem controle respiratório. O monitoramento contínuo e em tempo real da superfície corporal possibilita tanto o controle posicional intrafração quanto o manejo respiratório durante a entrega do feixe, configurando a SGRT como uma ferramenta versátil e aplicável a diferentes sítios anatômicos.²⁸

A análise bibliométrica desta revisão evidencia a adoção progressiva da SGRT em centros clínicos ao redor do mundo, com predominância em países desenvolvidos, indicando uma tendência global de incorporação dessa tecnologia às práticas contemporâneas de radioterapia. Revisões da literatura corroboram que a SGRT melhora o reposicionamento diário e reduz os movimentos interfração e intrafração quando comparada a métodos tradicionais baseados em marcações cutâneas, além de proporcionar maior conforto ao paciente. Ademais, sua aplicação no manejo respiratório tem sido explorada não apenas em tratamentos de mama, mas também em sítios torácicos e abdominais, incluindo protocolos de DIBH e gating respiratório.²⁹

As recomendações da Associação Americana de Física Médica ressaltam que o gerenciamento do movimento respiratório deve estar integrado ao planejamento e à entrega do tratamento, especialmente em técnicas conformacionais e hipofracionadas. Nesse contexto, a SGRT atende a esses princípios ao promover elevada estabilidade geométrica interfração e intrafração, sem a necessidade de dispositivos invasivos ou exposição adicional à radiação ionizante, contribuindo para a redução do ITV, das margens de planejamento e da dose em órgãos de risco. Contudo, por monitorar exclusivamente a superfície corporal, sua utilização requer integração com métodos de verificação por imagem para assegurar a correspondência entre o alinhamento externo e a posição do alvo interno.⁴

Os estudos analisados demonstram que os desvios residuais associados ao movimento respiratório permanecem, na maioria dos casos, dentro dos limites aceitáveis definidos no planejamento, possibilitando inclusive a redução da frequência de imagens radiográficas durante as sessões e a diminuição da dose cumulativa em órgãos sensíveis. Embora a associação de dispositivos adicionais, como bocais e espirômetros, apresente maior controle do movimento intrafração, essas abordagens implicam maior invasividade e potencial desconforto, podendo comprometer a reprodutibilidade e a adesão do paciente ao tratamento ao longo do tempo. Nesse sentido, os achados desta revisão indicam que a SGRT isolada representa uma solução eficaz e clinicamente viável

para a maioria dos cenários terapêuticos, desde que associada a protocolos adequados de verificação por imagem.¹²

A aplicação da SGRT encontra-se mais consolidada no manejo respiratório de tratamentos de mama, especialmente em DIBH, em função da elevada correlação entre a superfície torácica e as estruturas internas, resultando em estabilidade geométrica submilimétrica ao longo das frações. Em tratamentos torácicos e abdominais, particularmente em radioterapia hipofracionada e SBRT, a maior variabilidade do movimento interno impõe desafios adicionais; ainda assim, a literatura evidencia redução consistente dos movimentos intrafração, possibilitando diminuição do ITV e do PTV e benefícios dosimétricos relevantes.¹²⁻²⁷

Perspectivas recentes incluem o uso da SGRT em estratégias de controle respiratório em expiração e o desenvolvimento de modelos baseados em aprendizado de máquina para aprimorar a correlação entre o movimento externo e o deslocamento interno. Apesar do potencial dessas abordagens, fatores como latência do sistema e necessidade de validação clínica rigorosa ainda limitam sua ampla aplicação, posicionando o uso da SGRT em técnicas de gating e tracking respiratório como um campo emergente que demanda padronização técnica e evidência clínica adicional antes de sua incorporação rotineira na prática clínica.²⁷

5. Conclusão

A presente investigação demonstrou que as evidências científicas que fundamentam o uso da Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) no manejo respiratório em radioterapia estão majoritariamente apoiadas em relatórios e diretrizes internacionais previamente estabelecidos, que embasam as diferentes técnicas de controle respiratório, independentemente do método de monitoramento utilizado. Observou-se que, apesar das variações entre fabricantes e atualizações tecnológicas, os sistemas de SGRT apresentam desempenho semelhante no controle posicional do paciente, mantendo como principal finalidade o monitoramento da superfície corporal com sensibilidade submilimétrica, sem o uso de radiação ionizante.

A revisão integrativa evidenciou que a mama, especialmente a mama esquerda, constitui a região anatômica mais investigada e tratada com monitoramento respiratório guiado por SGRT, possivelmente em função da elevada incidência dessa neoplasia e dos benefícios clínicos da técnica de Deep Inspiration Breath Hold (DIBH), particularmente na redução da dose em órgãos de risco. Benefícios semelhantes são observados em tratamentos da região torácica, sobretudo quando o volume-alvo planejado se encontra mais afastado do mediastino, enquanto o abdômen permanece como o

principal desafio, devido à maior imprevisibilidade do movimento respiratório abdominal.

A técnica de DIBH consolida-se como a abordagem mais estabelecida para o manejo respiratório associado à SGRT, uma vez que a suspensão da respiração durante a inspiração profunda permite a aquisição precisa do posicionamento, considerando as limitações relacionadas à latência do sistema. Nesse contexto, a escassez de estudos específicos sobre latência ainda limita a aplicação da SGRT em estratégias como gating e tracking. Como perspectiva futura, destaca-se a necessidade de aprofundar a correlação entre movimento externo e deslocamento interno, bem como a caracterização precisa da latência dos sistemas. Abordagens baseadas em inteligência artificial, especialmente modelos preditivos aplicados à SGRT, despontam como estratégias promissoras para antecipar o movimento respiratório e ampliar a aplicabilidade do SGRT em tratamentos radioterápicos dependentes do movimento, de forma mais eficiente e menos invasiva.

Referências

1. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). Radioterapia [Internet]. Rio de Janeiro: INCA; 2023 [cited 2025 Apr 14]. Available from: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>
2. Lavrova E, et al. Adaptive radiation therapy: a review of CT-based techniques. *Radiol Imaging Cancer*. 2023;5(4):e230011. doi:10.1148/rycan.230011. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/rycan.230011>
3. Botticella A, et al. Tumour motion management in lung cancer: a narrative review. *Transl Lung Cancer Res*. 2021;10(4):2011-2017. doi:10.21037/tlcr-20-856. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8107759/>
4. Al-Hallaq HA, et al. AAPM task group report 302: surface-guided radiotherapy. *Med Phys*. 2022;49(4):e1–e32. doi:10.1002/mp.15532.
5. Freisleder P, et al. ESTRO-ACROP guideline on surface guided radiation therapy. *Radiother Oncol*. 2022;173:188–196. doi:10.1016/j.radonc.2022.05.026.
6. Creswell JW. Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2007.
7. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm*. 2008;17(4):758–64. doi:10.1590/S0104-07072008000400018. Available from: <https://www.scielo.br/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNgNjKJLkXQ/?format=html&lang=pt>
8. Ippolito E, et al. Implementation of a voluntary deep inspiration breath hold technique (vDIBH) using BrainLab ExacTrac infrared optical tracking system. *PLoS One*. 2018;13(5):e0195506. doi:10.1371/journal.pone.0195506
9. Freisleder P. Surface guided radiation therapy: a new reality, pros and cons. In: Annual Conference of the European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO 37); 2018. *Radiother Oncol*. 2018. Available from: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(18\)30902-3/fulltext](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(18)30902-3/fulltext)
10. Li G, et al. A uniform and versatile surface-guided radiotherapy procedure and workflow for high-quality breast deep-inspiration breath-hold treatment in a multi-center institution. *J Appl Clin Med Phys*. 2022;23(3):e13511. doi:10.1002/acm2.13511
11. Laaksomaa M, Sarudis S, Rossi M, Lehtonen T, Pehkonen J, Remes J, et al. AlignRT® and Catalyst™ in whole-breast radiotherapy with DIBH: Is IGRT still needed? *J Appl Clin Med Phys*. 2019;20(3):97–104. doi:10.1002/acm2.12553
12. Rudat V, Zhao R, Wang B, Zhang L, Shi Y. Impact of deep inspiration breath hold, surface-guided radiotherapy, and daily CBCT on the organs at risk in breast cancer radiotherapy. *Sci Rep*. 2024;14:27814. doi:10.1038/s41598-024-77482-8
13. Chen M, et al. Motion analysis comparing surface imaging and diaphragm tracking on kV projections for deep inspiration breath hold (DIBH). *Phys Med*. 2024;125:104495. doi:10.1016/j.ejomp.2024.104495.
14. Zeng C, Fan Q, Li X, Song Y, Kuo L, Aristophanous M, et al. A potential pitfall and clinical solutions in surface-guided deep inspiration breath hold radiation therapy for left-sided breast cancer. *Adv Radiat Oncol*. 2023;8:101276. doi:10.1016/j.adro.2023.101276.
15. Bellala RS. Cardiac and lung sparing radiotherapy in breast and chest wall irradiation with surface guided radiotherapy using deep inspiratory breath hold technique. *Ann Oncol*. 2022;33(Suppl 9):S1437. doi:10.1016/j.annonc.2022.10.027.
16. Kugele M, et al. Surface guided radiotherapy (SGRT) improves breast cancer patient setup accuracy. *J Appl Clin Med Phys*. 2019;20(9):61–68. doi:10.1002/acm2.12700
17. Berg L, et al. Intra-fractional isocenter shifts and dose evaluation of deep inspiration breath hold using surface guided radiotherapy for left-sided breast cancer. *Radiother Oncol*. 2017;123(3):487–494. doi:10.1016/j.radonc.2017.05.006
18. Vander Veken L, et al. Voluntary versus mechanically-induced deep inspiration breath-hold for left breast cancer: a randomized controlled trial. *Radiother Oncol*. 2023;183:109598. doi:10.1016/j.radonc.2023.109598
19. Chan AW, Hoang A, Chen H, McGuffin M, Vesprini D, Zhang L, et al. Prospective trial on the impact of weekly cone beam computed tomography-guided correction on mean heart dose in breast cancer breath-hold radiation therapy. *Adv Radiat Oncol*. 2024;9:101651. doi:10.1016/j.adro.2024.101651
20. Sarudis S, et al. Surface guided frameless positioning for lung stereotactic body radiation therapy. *J Appl Clin Med Phys*. 2021;22:215–226. doi:10.1002/acm2.13370
21. Naumann P, et al. Feasibility of optical surface-guidance for position verification and monitoring of stereotactic body radiotherapy in deep-inspiration breath-hold. *Front Oncol*. 2020;10:573279. doi:10.3389/fonc.2020.573279
22. Jermoumi M, et al. 3D surface guided radiation therapy system as surrogate to assess the chest wall excursion for lung SBRT patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2017;99(2):674–675. doi:10.1016/j.ijrobp.2017.06.2229
23. Heinzerling JH, et al. Prospective study of surface guided radiation therapy (SGRT) for breath-hold SBRT treatments of the lung: analysis of reliability of surface guidance alone for internal tumor position during breath hold. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2021;111(3 Suppl 1):e539. doi:10.1016/j.ijrobp.2021.07.1510
24. Wang J, et al. Application and dosimetric comparison of surface-guided deep inspiration breath-hold for lung stereotactic body radiotherapy. *Med Dosim*. 2024;49:372–379. doi:10.1016/j.meddos.2024.05.003
25. Hazelaar C, et al. PO-1388: Clinical implementation and evaluation of liver SBRT in breath-hold using nasal high flow therapy. *Radiother Oncol*. 2023;182:S1117–S1118. doi:10.1016/S0167-8140(23)66303-0
26. Hazelaar C, et al. PO-1388: Clinical implementation and evaluation of liver SBRT in breath-hold using nasal high flow therapy. *Radiother Oncol*. 2023;182:S1117–S1118. doi:10.1016/S0167-8140(23)66303-0
27. Wang G, et al. Real-time liver tracking algorithm based on LSTM and SVR networks for use in surface-guided

ANEXO 1– Protocolo de Coleta de Dados

Protocolo utilizado para a coleta de dados da revisão integrativa desenvolvido com o apoio da biblioteca do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Florianópolis.

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina	INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA E ARQUIVO PERMANENTE														
PROTOCOLO PARA BUSCA SISTEMÁTICA DA LITERATURA															
1. QUESTÃO OU PROBLEMA DE PESQUISA De que maneira o uso da técnica Surface Guided Radiation Therapy (SGRT) contribui para o manejo respiratório de pacientes em radioterapia, e quais são seus benefícios, limitações e aplicações clínicas segundo a literatura científica recente?															
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA Objetivo geral Analisar as evidências científicas disponíveis sobre o uso da técnica SGRT no manejo respiratório de pacientes submetidos à radioterapia. Objetivos específicos a) Identificar as principais aplicações clínicas do SGRT no controle respiratório; b) Avaliar os benefícios e limitações da tecnologia nos protocolos atuais; c) Mapear os tipos de neoplasias mais frequentemente tratadas em controle respiratório com SGRT e técnicas associadas; d) Identificar possíveis lacunas na literatura e sugerir áreas para pesquisa futura.															
2. BUSCA NA LITERATURA 2.1 SELEÇÃO DOS TÓPICOS (TERMOS ALTERNATIVOS/SINÔNIMOS) <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="331 1406 596 1435">Tópico 1: População</th> <th data-bbox="608 1406 857 1435">Tópico 2: Intervenção</th> <th data-bbox="868 1406 1117 1435">Tópico 3: Comparação</th> <th data-bbox="1128 1406 1393 1435">Tópico 4: Desfecho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="331 1451 596 1518">Pacientes submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório.</td> <td data-bbox="608 1451 857 1518">Uso da técnica de Radioterapia Guiada por Superfície.</td> <td data-bbox="868 1451 1117 1518">Técnicas convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT.</td> <td data-bbox="1128 1451 1393 1608">Maior precisão no posicionamento, redução de margens do PTV (Volume de tratamento Planejado), melhor controle do movimento respiratório, redução de toxicidade</td> </tr> <tr> <td data-bbox="331 1624 596 1953"> termos alternativos/ sinônimos Radioterapia (termo autorizado) Terapia com manejo do movimento respiratório (termo não autorizado) Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Radiotherapy (termo autorizado) _____ _____ </td> <td data-bbox="608 1624 857 1953"> termos alternativos/ sinônimos Radioterapia Guiada por Imagem Sigla: IGRT (Image-Guided Radiation Therapy) (termo autorizado) Radioterapia Guiada por Superfície. Sigla: SGRT (Surface Guided Radiation Therapy) (termo não autorizado) Radiotherapy, Image-Guided (termo autorizado) _____ _____ </td> <td data-bbox="868 1624 1117 1953"> termos alternativos/ sinônimos Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Ganting Respiratório (termo não autorizado) Respiração Profunda com Suspensão da Respiração Sigla: DIBH (Deep Inspiration Breath Hold) (termo não autorizado) Manejo/controle respiratório (termo não autorizado) Suporte Ventilatório _____ _____ </td> <td data-bbox="1128 1624 1393 1953"> termos alternativos/ sinônimos Posicionamento do paciente Erros de posicionamento Efeitos adversos em radioterapia Erros de Configuração em Radioterapia ou Erros de setup Resultado do Tratamento Gerenciamento do Movimento _____ _____ </td> </tr> </tbody> </table>				Tópico 1: População	Tópico 2: Intervenção	Tópico 3: Comparação	Tópico 4: Desfecho	Pacientes submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório.	Uso da técnica de Radioterapia Guiada por Superfície.	Técnicas convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT.	Maior precisão no posicionamento, redução de margens do PTV (Volume de tratamento Planejado), melhor controle do movimento respiratório, redução de toxicidade	termos alternativos/ sinônimos Radioterapia (termo autorizado) Terapia com manejo do movimento respiratório (termo não autorizado) Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Radiotherapy (termo autorizado) _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Radioterapia Guiada por Imagem Sigla: IGRT (Image-Guided Radiation Therapy) (termo autorizado) Radioterapia Guiada por Superfície. Sigla: SGRT (Surface Guided Radiation Therapy) (termo não autorizado) Radiotherapy, Image-Guided (termo autorizado) _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Ganting Respiratório (termo não autorizado) Respiração Profunda com Suspensão da Respiração Sigla: DIBH (Deep Inspiration Breath Hold) (termo não autorizado) Manejo/controle respiratório (termo não autorizado) Suporte Ventilatório _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Posicionamento do paciente Erros de posicionamento Efeitos adversos em radioterapia Erros de Configuração em Radioterapia ou Erros de setup Resultado do Tratamento Gerenciamento do Movimento _____ _____
Tópico 1: População	Tópico 2: Intervenção	Tópico 3: Comparação	Tópico 4: Desfecho												
Pacientes submetidos à radioterapia com necessidade de controle respiratório.	Uso da técnica de Radioterapia Guiada por Superfície.	Técnicas convencionais de controle respiratório ou ausência de SGRT.	Maior precisão no posicionamento, redução de margens do PTV (Volume de tratamento Planejado), melhor controle do movimento respiratório, redução de toxicidade												
termos alternativos/ sinônimos Radioterapia (termo autorizado) Terapia com manejo do movimento respiratório (termo não autorizado) Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Radiotherapy (termo autorizado) _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Radioterapia Guiada por Imagem Sigla: IGRT (Image-Guided Radiation Therapy) (termo autorizado) Radioterapia Guiada por Superfície. Sigla: SGRT (Surface Guided Radiation Therapy) (termo não autorizado) Radiotherapy, Image-Guided (termo autorizado) _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Radioterapia com controle respiratório (termo não autorizado) Ganting Respiratório (termo não autorizado) Respiração Profunda com Suspensão da Respiração Sigla: DIBH (Deep Inspiration Breath Hold) (termo não autorizado) Manejo/controle respiratório (termo não autorizado) Suporte Ventilatório _____ _____	termos alternativos/ sinônimos Posicionamento do paciente Erros de posicionamento Efeitos adversos em radioterapia Erros de Configuração em Radioterapia ou Erros de setup Resultado do Tratamento Gerenciamento do Movimento _____ _____												

		Radioterapia Guiada por Imagen (termo autorizado)	Interativo (termo autorizado)	
			Interactive Ventilatory Support (termo autorizado)	
			Soporte Ventilatorio Interactivo (termo autorizado)	

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	Incluir	Excluir
Tipo de estudo	Artigos, dissertações e teses	X	
Tipo de estudo	Monografias não publicadas Relatórios organizacionais internos Artigos de opinião Documentos de marketing e comerciais de fabricantes		X
Área geográfica	Sem Restrição		
Período de tempo	2015 à 2025	X	
Idioma	Português, inglês e espanhol	X	
Outros			

2.3 FONTES DE INFORMAÇÃO

2.3.1 Fontes de informação eletrônica (base de dados, bibliotecas digitais, mecanismos de busca, repositórios, etc.)

Fonte Específica	Fonte multidisciplinar
EMBASE <i>Estratégia 1) 4</i> <i>Estratégia 2) 140</i>	SciELO <i>Estratégia 1) 0</i> <i>Estratégia 2) 1</i>
PubMed/MEDLINE <i>Estratégia 1) 2</i> <i>Estratégia 2) 183</i>	Scopus <i>Estratégia 1) 2</i> <i>Estratégia 2) 291</i>
LILACS / BVS <i>Estratégia 1) 0</i> <i>Estratégia 2) 303</i>	Web of Science <i>Estratégia 1) 2</i> <i>Estratégia 2) 101</i>
	Catálogo de teses e dissertações da CAPES <i>Estratégia 1) 2</i>

2.3.2 Outras fontes de informação:

Não foram utilizadas outras fontes de informação.

2.4 Estratégia de busca de acordo com o recurso utilizado

As estratégias utilizadas está no arquivo de edição de texto .odt enviado em anexo.

3. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Retornaram no total, somando todas as bases e estratégias utilizadas, 1.031 resultados, utilizando os descritores elencados no item 2.1.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (RELATÓRIO)

Com base nos termos elencados pelo autor, utilizou-se o Tesouro da área da saúde mais reconhecido, o DeCS - Descritores em ciências da saúde (<https://decs.bvsalud.org/>) para busca dos termos autorizados.

Com base nos termos apontados, foi montada a estratégia de busca, utilizando operadores booleanos mais comuns, OR e AND, para recuperação de estudos relacionados ao tema, e operadores de proximidade como aspas "" e parênteses ().

O filtro temporal utilizado na pesquisa são publicações de 2015 a 2025. O filtro de idiomas utilizados foram português, inglês e espanhol. Não foi filtrada a área geográfica.

A busca sistemática foi realizada entre os dias 15 de agosto e 04 de setembro de 2025, pelo Bibliotecário e Coordenador de Biblioteca do IFSC câmpus Florianópolis, Raphael Vieira Gomes Costa.

Para recuperação de documentos foram utilizadas as seguintes bases de dados específicas na área da saúde: **EMBASE**, **Pubmed**, e **LILACS/BVS**. Como fontes multidisciplinares foram utilizadas as bases da **Scielo**, **Scopus** e **Web of Science** e **Catálogo de teses e dissertações da CAPES**.

Foi elaborada as seguintes estratégias de busca: a primeira foram utilizados os termos ***Radioterapia Guiada por Imagem*** e suas relações e ***Suporte Ventilatório Interativo*** e suas relações. Para segunda estratégia foram utilizados os mesmos termos utilizados na primeira estratégia, adicionando os termos ***Respiração*** e ***Radioterapia*** e suas relações. Para o Catálogo de teses e dissertações da CAPES utilizou-se a ***Radioterapia Guiada por Imagem e Respiração*** na busca de teses e dissertações publicadas.

Para o alcance dos resultados, é necessário utilizar os filtros disponíveis nas bases de dados (tipos de estudo, período de publicação, linguagem, entre outros).

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se:

1. Realizar a compilação dos dados para a melhor recuperação e análise dos documentos;

Os resultados das publicações recuperadas seguem abaixo:

EMBASE: (<https://www.embase.com/search/quick>): Estratégia 1) 4; Estratégia 2) 140.

Pubmed/Medline (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>): Estratégia 1) 2; Estratégia 2) 183.

LILACS/BVS (<https://bvsalud.org/>): Estratégia 1) 0; Estratégia 2) 303.

Scielo (<https://www.scielo.org/>): Estratégia 1) 0; Estratégia 2) 1.

Scopus (Acessar via portal de periódicos CAPES <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez130.periodicos.capes.gov.br/>): Estratégia 1) 2; Estratégia 2) 291.

Web of Science (Acessar via portal de periódicos CAPES <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez130.periodicos.capes.gov.br/>): Estratégia 1) 2; Estratégia 2) 101.

Catálogo de teses e dissertações da CAPES: (Acessar <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>): Estratégia 1) 2.

Raphael Vieira Gomes Costa
Bibliotecário-Documentalista
Coordenador de Biblioteca
CRB 14/1341