ISSN: 2447-2301

REVISÃO / REVIEW / REVICIÓN

NEW TECHNOLOGIES USED IN RADIOTHERAPY: INSTENSION MODULATED RADIOTHERAPY (IMRT) AND VOLUMETRIC MODULATED ARCHOTHERAPY (VMAT)

NOVAS TÉCNOLOGIAS EMPREGADAS NA RADIOTERAPIA: A RADIOTERAPIA DE INSTENSIDADE MODULADA (IMRT) E ARCOTERAPIA VOLUMÉTRICA MODULADA (VMAT)

NUEVAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN RADIOTERAPIA: RADIOTERAPIA MODULADA POR INSTENSIÓN (IMRT) Y ARCOTERAPIA VOLUMÉTRICA MODULADA (VMAT)

Kariele Stefane Silva Sousa[1]
Luis Eduardo Barroso Da Silva[2]
Railany Morais Santana[3]
Walison Breno De Sousa Silva[4]
João Vitor Dos Santos Silva[5]

DESCRIPTORS:
Radiotherapy, Teletherapy, Oncology

DESCRITORES:
Radioterapia, Teleterapia, Oncologia

DESCRIPTORES:
Radioterapia, Teleterapia, Oncología

ABSTRACT: Malignant tumors are responsible for high rates of global morbidity and mortality, affecting people of productive age and the elderly. Their incidence is linked to population aging and socioeconomic growth, with mortality ranging from 20% in developed countries to 5% in developing countries. In Brazil, it was 12.4% in 1995. Radiation therapy is essential in the treatment of cancer, using ionizing radiation to destroy or slow down cancer cells. The main forms of application are teletherapy, with external radiation, and brachytherapy, which places the radiation source on the body. Advanced techniques, such as IMRT, use 3D images to apply radiation with high precision, protecting healthy tissue. VMAT, an evolution of IMRT, uses continuous rotation and modulation to treat tumors from different angles, offering greater comfort and efficiency. However, its high cost and technological limitations restrict its implementation.

RESUMO: Os tumores malignos são responsáveis por altas taxas de morbidade e mortalidade global, afetando pessoas em idades produtivas e idosos. Sua incidência está ligada ao envelhecimento populacional e ao crescimento socioeconômico, com mortalidade variando de 20% em países desenvolvidos a 5% nos em desenvolvimento. No Brasil, foi de 12,4% em 1995. A radioterapia é essencial no tratamento do câncer, usando radiação ionizante para destruir ou retardar células cancerígenas. As principais formas de aplicação são a teleterapia, com radiação externa, e a braquiterapia, que coloca a fonte de radiação no corpo. Técnicas avançadas, como a IMRT, usam imagens 3D para aplicar a radiação com alta precisão, protegendo tecidos saudáveis. A VMAT, evolução da IMRT, utiliza rotação e modulação contínuas para tratar tumores de diferentes ângulos, oferecendo maior conforto e eficiência. Contudo, seu custo elevado e limitações tecnológicas restringem sua implementação.

RESUMEN: Los tumores malignos son responsables de altas tasas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial y afectan a personas en edad laboral y a personas mayores. Su incidencia está relacionada con el envejecimiento de la población y el crecimiento socioeconómico, con una mortalidad que oscila entre el 20% en los países desarrollados y el 5% en los países en desarrollo. En Brasil, era del 12,4% en 1995. La radioterapia es esencial en el tratamiento del cáncer, ya que utiliza radiación ionizante para destruir o retardar las células cancerosas. Las principales formas de aplicación son la teleterapia, con radiación externa, y la braquiterapia, que sitúa la fuente de radiación en el cuerpo. Las técnicas avanzadas, como la IMRT, utilizan imágenes en 3D para administrar radiación con alta precisión, protegiendo el tejido sano. VMAT, una evolución de IMRT, utiliza rotación y modulación continua para tratar tumores desde diferentes ángulos, ofreciendo mayor comodidad y eficiencia. Sin embargo, su alto costo y limitaciones tecnológicas limitan su implementación.

[1] Graduanda do curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão – UniFacema, Caxias – Maranhão – Brasil, karielestefane2018@gmail.com
[2] Graduando do curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão – UniFacema, Caxias – Maranhão – Brasil, luised342@gmail.com
[3] Graduanda do curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão – UniFacema, Caxias – Maranhão – Brasil, moraes33railanny@gmail.com
[4] Graduando do curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão – UniFacema, Caxias – Maranhão – Brasil, walisonbrenoss@gmail.com
[5] Docente do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão – UniFacema, Caxias – Maranhão – Brasil, radjoaovitor@gmail.com

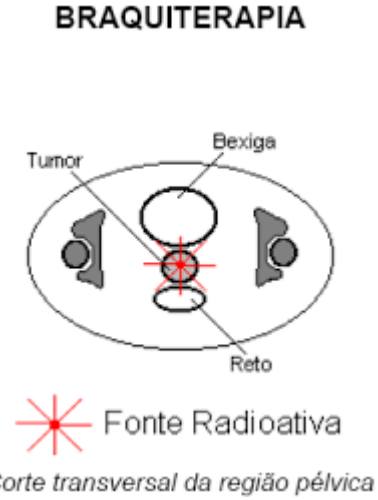
1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Tumores malignos são responsáveis por morbidade e mortalidade elevadas na população de todo o mundo, afetando, em diferentes proporções, pessoas em idades produtivas ou idosas. Relatórios de agências internacionais de saúde mostram uma preocupação progressiva com a crescente incidência de tumores malignos na população em geral. O envelhecimento progressivo da população é uma característica relacionada com o desenvolvimento da sociedade, com as pessoas vivendo até idades progressivamente mais avançadas. O desenvolvimento socioeconômico e o aumento da expectativa de vida são fatores que contribuem para o aparecimento de um maior número de casos de doenças malignas. A proporção de óbitos por câncer em países desenvolvidos se aproxima de 20% de todas as causas de morte, enquanto em países menos desenvolvidos a mesma alcança somente 5%. No Brasil, em 1995, a frequência relativa dos óbitos por câncer foi de 12,4%. O Brasil situa-se, portanto, em um padrão intermediário entre as taxas verificadas em países de melhor ou pior nível socioeconômico (Salvajoli et al., 1999).

A radioterapia é um tratamento no qual se utiliza radiação ionizante, sendo essa uma energia em trânsito, que permite destruir, eliminar ou impedir que as células de um tumor aumentem seu tamanho. Em parte relevante dos casos de tratamento oncológico, a radioterapia pode ser associada com a quimioterapia ou cirurgia. É válido ressaltar que durante o tratamento essa radiação não será vista ou sentida pelo paciente (ROS, 2015).

Existem duas divisões nesta modalidade de tratamento, que serão indicadas/realizadas de acordo com a localização do tumor, a teleterapia e a braquiterapia (Figura 1). (PEREIRA, Iany Keviny Martins et al, 2021)

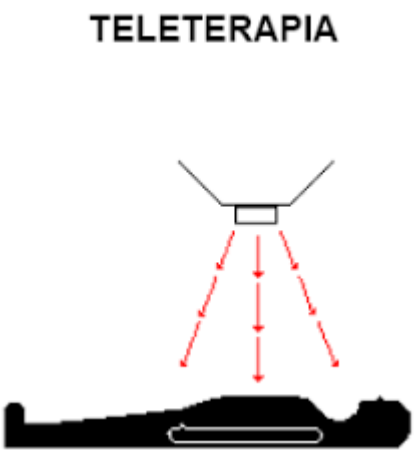
Figura 1: Tratamento de braquiterapia



Fonte: Google Imagem, 2025

A Teleterapia ou também chamada de radioterapia externa consiste no tratamento do tumor com uma distância entre o equipamento e a região a ser tratada (Figura 2). Dura de 8 a 5 semanas dependendo da dose recomendada, se a necessidade de ser hospitalizado pois não afeta o cotidiano do paciente. (CÂNDIDO, R. M et al, 2017)

Figura 2: Tratamento de teleterapia



Fonte: Google Imagem, 2025

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura / pesquisa de cunho exploratório, bibliográfico e também de campo, onde serão associados os dados obtidos através de bibliografias (livros, artigos e sites oficiais do governo).

Para a elaboração deste estudo, foi adotada uma metodologia de pesquisa bibliográfica, com levantamento de dados em plataformas acadêmicas e científicas de acesso livre e confiável. Os principais sites utilizados foram o Google Acadêmico, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e PubMed. A busca pelos materiais foi realizada por meio de descritores específicos relacionados ao tema central da pesquisa, como: Radioterapia, Teleterapia e Oncologia. Esses descritores permitiram a seleção de artigos científicos, publicações técnicas e normativas que fundamentaram teoricamente a análise proposta, garantindo a relevância e a atualidade das informações coletadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

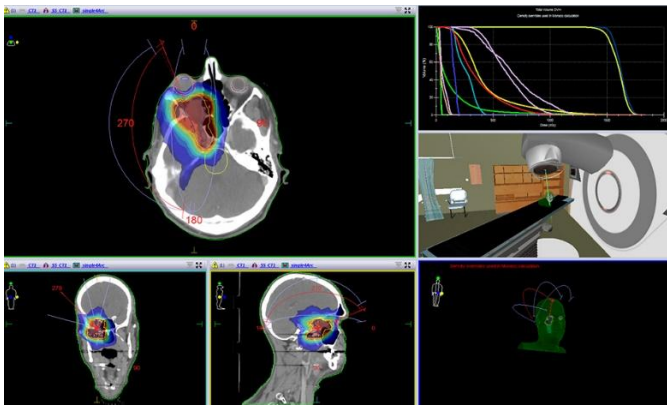
A técnica da radioterapia está intimamente ligada ao desenvolvimento tecnológico. A cada ano, surgem novos equipamentos - com acessórios mais complexos - e técnicas terapêuticas, decorrentes deste desenvolvimento, que permitem maior sofisticação e eficácia do tratamento, o que evidencia a importância de um controle de qualidade mais apurado destes equipamentos e das técnicas utilizadas. (SOUZA, Roberto Salomon de. Et al. 2012)

No ano de 1900 iniciou-se a utilização da radioterapia externa, tal técnica teve seu possível uso e impulso devido à grande cientista ganhadora do Prêmio Nobel Marie Curie. Com o passar dos anos, foram construídas unidades de Cobalto, Aceleradores Lineares, simuladores, e sistemas computadorizados de planejamento, assim como equipamentos de alta taxa de dose, com novos isótopos radioativos para braquiterapia e teleterapia. (PEREIRA, Iany Keviny Martins et al, 2021)

Na Radioterapia, e em qualquer outra segregação de tratamento, haverá os benefícios e também os efeitos adversos ao tratamento, ambos dependem da dose utilizada e da área do corpo que está sendo tratada. É possível, em muitas

ocasiões, o paciente não ter qualquer efeito colateral durante o tratamento ou apresentar apenas uma reação passageira na pele por onde a radiação atravessou. Como cada efeito colateral depende de cada caso, é muito importante que o paciente seja orientado pelo médico quanto a esses efeitos e como tratá-los ou amenizá-los. Um dos prós da Radioterapia em relação a estima e vida dos pacientes, principalmente mulheres, é a não queda de cabelo, (a não ser que a região da cabeça seja tratada) e, mesmo assim, depende da técnica e da dose utilizadas. Com os avanços tecnológicos obtidos nos últimos anos, a radioterapia se tornou muito menos tóxica e mais efetiva (Figura 3) (EINSTEIN, 2020)

Figura 3: Paciente com 5 metástases cerebrais, cada uma sendo tratada com 30 Gy usando VMAT



Fonte: Google Imagem, 2025

Todos estes equipamentos, diferentemente dos da radiologia convencional de diagnostico, são dedicados, unicamente, ao tratamento das neoplasias malignas. Neste contexto a radiação é usada para tratamento de tumores por ter uma absorção seletiva dos raios se comparada com os tecidos sadios, devido ao planejamento realizado. Em outras palavras: quando se irradia um tumor, busca-se a absorção maior nas células tumorais e menor nos tecidos sadios. (BUSSOLOTTI,R.M, 2019).

A Radioterapia tem avançado muito nos últimos anos e a disseminação das novas tecnologias tem acontecido com maior rapidez inclusive nos países em desenvolvimento como o Brasil. Os avanços tecnológicos visam diminuir a toxicidade e ao mesmo tempo aumentar a eficiência dos tratamentos com radiação ionizante. (WATANABE, Érika Yumi. 2015)

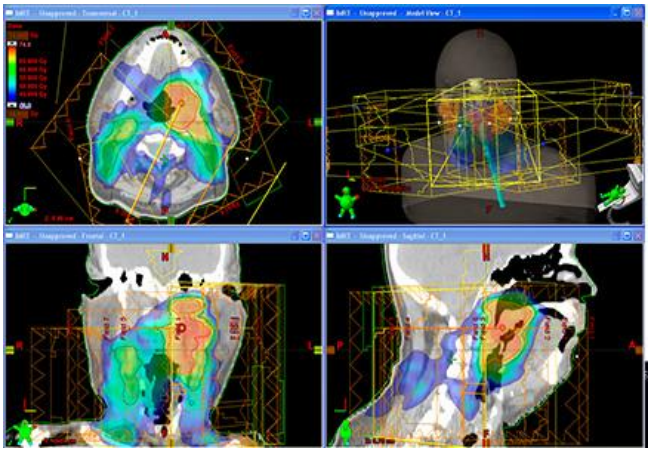
A radioterapia tem evoluído significativamente nas últimas décadas, as novas tecnologias dos Aceleradores Lineares (AL) e os modernos Sistemas de Planejamento do Tratamento (SPT) vem tornando a entrega de dose de radiação ao paciente mais eficiente. (MARTIN, M. C. 2019)

E acompanhando esse desenvolvimento, se destacam duas técnicas de radioterapia, a Radioterapia de Intensidade Modulada do inglês Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) e a Radioterapia de Intensidade Modulada em Arco do inglês Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) tem sido predominantes, garantindo a conformação da dose nos volumes de tratamento e permitindo diminuir a dose de radiação nos tecidos sadios adjacentes. (POON, I. et al, 2007)

Vale destacar que tanto o IMRT quanto o VMAT, são técnicas que surgiram a partir da radioterapia 3D. que segundo PEREIRA, Iany

Keviny Martins et al, 2021, a radioterapia 3D conformacional é possível visualizar e delinear as estruturas a serem tratadas, os órgãos que devem ser protegidos, definir geometrias de planos para poupar os órgãos sadios e maximizar a dose na área tumoral e avaliar a relação dose/volume para cada área de interesse. Muitas lesões englobam ou "abraçam" órgãos de risco, deixando limitada a técnica 3D conformacional, mas com opções de outras técnicas a serem empregadas, como por exemplo IMRT (Figura 4).

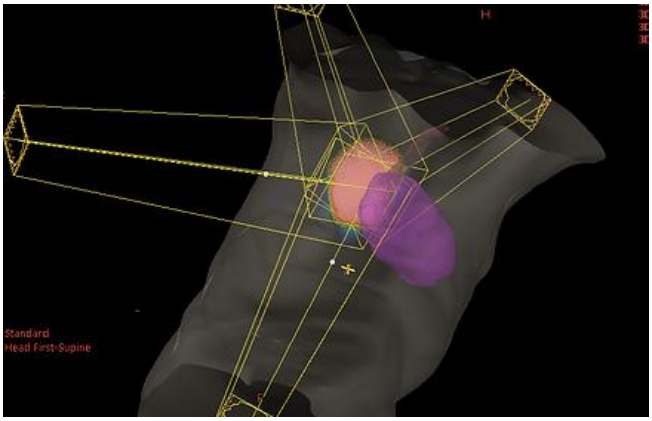
- Figura 4: Radioterapia de Intensidade Modulada IMRT



Fonte 3: Google Imagem, 2025

Segundo o Ministério da Saúde (2017), "A radioterapia de intensidade modulada (IMRT) é definida como toda técnica que modula a intensidade da radiação de cada campo de tratamento por meio de diferentes formatos de subcampos (colocação de alguma forma de filtro na frente do feixe) (Figura 5), levando-se em consideração as estruturas anatômicas que esse feixe vai atravessar. Essa técnica permite uma distribuição de dose altamente conformada como, por exemplo, em formato não convexo, com alta concentração de dose, permitindo altas doses no volume alvo e diminuição importante de dose nos tecidos normais adjacentes. A técnica, comercialmente disponível desde 1992, não tem demonstrado impacto na sobrevida. Tem como objetivo principal a redução da toxicidade. Conforme informações coletadas no serviço de radioterapia do Instituto Nacional do Câncer (INCA), a IMRT é a técnica do planejamento inverso, ou seja, primeiro delimitam-se as estruturas adjacentes e depois a dose é otimizada para o volume alvo.

Figura 5: Reconstrução tridimensional do planejamento



Fonte: Google Imagem, 2025

Ainda segundo o Ministério da Saúde (2017), o funcionamento da técnica de IMRT pode ser fundamentado em 4 pontos, sendo eles:

1- O acelerador que vai tratar com a técnica de IMRT precisa ter um colimador multi lâminas (MLC) com funcionamento dinâmico.

2- O sistema de planejamento

precisa possibilitar o cálculo com plano inverso.

3- O sistema de gerenciamento precisa estar disponível para que o tratamento seja seguro.

4- O sistema de controle de qualidade tem que ser capaz, no mínimo, de medir dose absoluta e relativa destes planejamentos dinâmicos, isto em adição ao controle de qualidade da máquina."

A Radioterapia em Arco Modulado Volumétrico (VMAT) é uma modalidade de radioterapia baseada na Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT). Essa técnica utiliza simultaneamente o feixe de radiação com rotação contínua do gantry e a modulação do feixe através do uso de colimadores multileaf (MLC). Se comparada à IMRT, a VMAT proporciona uma menor toxicidade no tratamento do paciente, maior intensidade de dose no volume alvo e maior preservação das regiões de tecido saudável ao redor do tumor. Essa nova técnica de radioterapia também proporciona uma diminuição do tempo de irradiação durante o tratamento e um número menor de Unidades Monitoras (MU). Portanto, a VMAT se mostra como uma

técnica mais segura, precisa e mais rápida durante os tratamentos do paciente. (BRAVIM, Amanda. 2015)

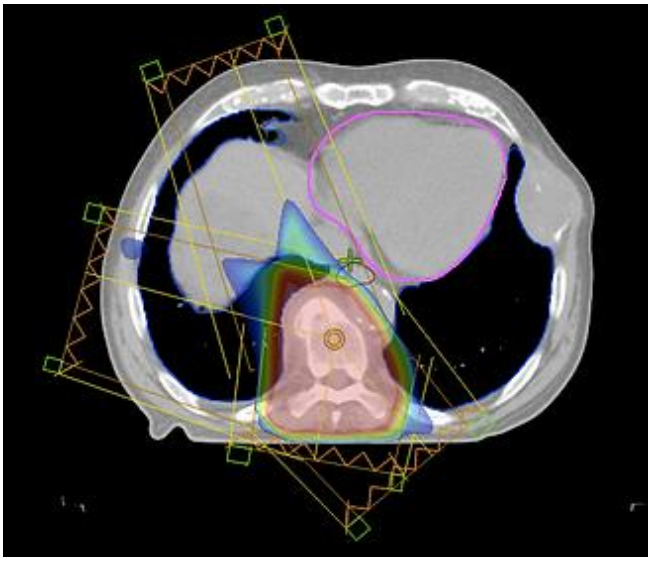
Ainda segundo o Instituto Oncoguia, (2014) "Essa técnica consiste em um tratamento em arco volumétrico que proporciona uma distribuição de dose 3D precisa com uma única rotação de 360 graus do equipamento em torno do volume alvo. Isso é possível devido a um algoritmo de planejamento que altera simultaneamente três parâmetros durante o tratamento: a velocidade de rotação do equipamento, o uso do colimador multifolhas e a taxa de dose liberada. Assim, todo o volume alvo é atingido de tal forma que a radiação seja distribuída precisamente em três dimensões".

O planejamento com a VMAT é realizado através de sofisticados programas de computador que analisam os dados de imagem de diagnóstico e calculam a melhor maneira de entregar a dose de radiação para minimizar o impacto sobre os tecidos saudáveis para cada paciente. (MENEZES, C. 2015).

Ainda sobre as técnicas IMRT e VMAT, é importante salientar e apontar a importância da Radioterapia Guiada Por Imagem, que é base para o planejamento de radioterapia que irá usar essas duas técnicas, ou outra técnica de radioterapia 3D conformacional, normalmente se utiliza imagens tomográficas para o melhor mapeamento do tumor, e delimitação dos feixes para preservação dos tecidos sadios (Figura 6).

Figura 6: Radioterapia tridimensional (3D) -

guiada por tomografia



Fonte: Google Imagem, 2025

Assim como cita Instituto Oncoguia, (2014) “é o que permite a verificação das alterações que podem ocorrer na localização e no tamanho do volume alvo durante o tratamento, gerando a necessidade de novos planejamentos. Esses novos planejamentos são conhecidos hoje como radioterapia adaptativa. Dependendo da região a ser irradiada ou propriamente da anatomia do paciente, é possível que existam variações entre seu posicionamento ou do órgão-alvo durante o exame de imagem de referência, e durante o tratamento, como, por exemplo, quando se trata de tumores prostáticos, em que a próstata pode se movimentar internamente em função das mudanças fisiológicas do reto e da bexiga, que estão localizados próximos ao órgão. Essa movimentação pode ser expressiva entre diferentes frações do tratamento e, por isso, necessitam de controles mais aprimorados. A IGRT pode ser indicada para auxiliar em tratamentos, como a radiocirurgia de dose única ou com máscara e a radiocirurgia estereotáxica corpórea.

4. CONCLUSÕES

Em conclusão, o aumento dos casos de tumores na população mundial é um dos maiores desafios enfrentados pelo setor da saúde, demandando inovações tecnológicas que tornem o tratamento oncológico mais eficiente, rápido e menos incômodo para os pacientes. A radioterapia, especialmente por meio de técnicas avançadas como a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) e a Arcoterapia Volumétrica Modulada (VMAT), destaca-se como uma das principais opções terapêuticas, proporcionando maior precisão na irradiação de tumores, maior velocidade de tratamento e maior proteção aos órgãos saudáveis adjacentes ao câncer. No entanto, o alto custo de investimento ainda representa um obstáculo significativo para a ampla implementação dessas tecnologias.

Além disso, o papel do tecnólogo em radioterapia é essencial para garantir a eficácia dos tratamentos, desde o posicionamento do paciente até a operação dos equipamentos e a realização da dosimetria. Estudos comprovam a confiabilidade de técnicas como TL e OSL na dosimetria aplicada ao VMAT, com destaque para os microdosímetros de LiF:Mg,Ti, que apresentam elevada precisão. Embora a técnica OSL ofereça

vantagens em determinadas condições, a técnica TL se mostra mais viável para hospitais sem laboratórios especializados, devido à sua maior praticidade.

Portanto, o aprimoramento constante das tecnologias, a avaliação rigorosa da distribuição de dose, o controle de qualidade dos equipamentos e a capacitação dos profissionais são fatores indispensáveis para o avanço da radioterapia. Somente por meio de investimentos adequados e da expansão dessas inovações será possível oferecer tratamentos oncológicos cada vez mais seguros, eficazes e acessíveis à população.

5. REFERÊNCIAS

BRAVIM, Amanda. Aplicação das técnicas de dosimetria termoluminescente (TL) e luminescência opticamente estimulada (OSL) na determinação de curvas de isodose em uma simulação de tratamento de câncer pela técnica de radioterapia em arco modulado volumétrico-VMAT. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BUSSOLOTTI, Raquel M. Radioterapia e seus Tratamentos. Blog AC Camargo Câncer Center. Disponível em: https://www.accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tratamento-oncologico/radioterapia

CÂNDIDO, R. M.; LOPES, H.; LIMA, V. A. Modalidades da radioterapia: teleterapia, braquiterapia e radiociurgia. Institutional Repository Academic and Intellectual Production, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2017.

INSTITUTO ONCOGUIA, Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT). 2014. Disponível em: http://www.oncoguia.org.br/conteudo/radioterapia-guiada-por-imagem-igrt/5396/710/.

MARTIN, M. C. Radiation oncology-external-beam radiation therapy. Health physics, v. 116, n. 2, p. 184–188, 2019.

MENEZES, C. Radioterapia. Conheça a Arcoterapia Volumétrica Modulada. Radiologia Blog. 2015. Disponivel em: http://radiologia.blog.br/radioterapia/radioterapia- conheca-a-arcoterapia-volumetrica-modulada.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT) para Tumores de Cabeça e Pescoço. COMITEC, 2006. Disponivel em: http://conitec.gov.br/images/Relatorios/2017/Recomendacao/Relatorio_IMRT_TumorCabecaPescoco_final.pdf .

PEREIRA, Iany Keviny Martins et al. A EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DA TELETERAPIA: 2D AO VMAT. Revista Científica Eletrônica Race Interdisciplinar, v. 1, 2021.

POON, I. et al. A treatment planning analysis of inverse-planned and forward-planned intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, v. 69, p. 1625–1633, 12 2007. ISSN 03603016

RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEM IGRT e Gating. Blog de Imagem Guiada Hospital Israelita Albert Einstein. Disponível em: https://www.einstein.br/especialidades/oncologia/exames-tratamentos/radioterapia- guiada-imagem

ROS, Renato Assenci. Metodologia de Controle de Qualidade de Equipamentos de Raios X e Calibração de Instrumentos. Núcleo da Matéria. Apostila ABFM, 2015.

Salvajoli, J.V.; Souhami, L.; Faria, S. L. Radioterapia em oncologia. Rio de Janeiro: Medsi, 1999.

SOUZA, Roberto Salomon de. Et al.

Desenvolvimento de um sistema para controle de qualidade em radioterapia de intensidade modulada (IMRT). UFRJ, Rio de janeiro, RJ, 2012.

WATANABE, Érika Yumi. Comparação da técnica de radioterapia em arco modulada volumetricamente (VMAT) em relação à técnica de radioterapia de intensidade modulada (IMRT) para tumores de próstata e cabeça e pescoço. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.