

O FÍSICO MÉDICO NA GESTÃO DO FLUXO DE RADIOTERAPIA

THE MEDICAL PHYSICIST IN THE MANAGEMENT OF RADIOTHERAPY FLOW

EL FÍSICO MÉDICO EN LA GESTIÓN DEL FLUJO DE RADIOTERAPIA

Camila Marmitt Dollabilia¹
Daniel Guimarães Tedesco²

Resumo

O fluxo do tratamento de radioterapia dentro do departamento de física médica de hospitais e clínicas é algo complexo e envolve equipe multidisciplinar; sendo assim, requer atenção máxima em cada etapa do processo para evitar erros que possam chegar ao paciente e afetar o seu tratamento e a sua vida. Dentro deste contexto, o físico médico é o responsável por manter a organização do fluxo e criar barreiras para evitar que eventos e falhas aconteçam. Ele é o responsável em gerir uma equipe multidisciplinar que envolve recepção, técnicos de radioterapia, dosimetristas, médicos radioncologistas, enfermagem e pacientes. Embora cada profissional tenha suas funções muito bem especificadas, o físico médico é responsável pela execução da proteção radiológica do departamento como um todo; sendo assim necessita gerir o fluxo da maneira mais segura possível. Para tal, é importante mapear o fluxo de radioterapia, estabelecer — de acordo com referências nacionais e internacionais — barreiras de segurança dentro do departamento de Física Médica. De acordo com a literatura e traçando um mapeamento do fluxo de radioterapia, foi possível criar e sugerir uma barreira automatizada de fluxo, que pode ser inserida em um Sistema de Planejamento Computadorizado, utilizado em clínicas e hospitais para planejamento de dose de radioterapia. A barreira contribuirá efetivamente para um fluxo mais fluido e seguro, que beneficiará principalmente os pacientes.

Palavras-chave: fluxo de radioterapia; físico médico; radioproteção.

Abstract

The radiotherapy treatment flow within the medical physics department of hospitals and clinics is complex and involves a multidisciplinary team; therefore, it requires maximum attention at each stage of the process to avoid errors that may reach the patient and affect their treatment and life. In this context, the medical physicists are responsible for maintaining the organization of the flow and creating barriers to prevent events and failures from happening. They are responsible for managing a multidisciplinary team that involves reception, radiotherapy technicians, dosimetrists, radiation oncologists, nursing, and patients. Although each professional has their specified roles, the medical physicist is responsible for the department's radiological protection; therefore, it is necessary to manage the flow as safely as possible. To this end, it is important to map the flow of radiotherapy, and establish — according to national and international references — safety barriers within the Medical Physics department. According to the literature and mapping the radiotherapy flow, it was possible to create and suggest an automated flow barrier, which can be inserted into a Computerized Planning System, used in clinics and hospitals for planning the radiotherapy doses. The barrier will effectively contribute to a more fluid and safe flow, which will mainly benefit patients.

Keywords: radiotherapy flow; medical physicist; radioprotection.

Resumen

El flujo del tratamiento de radioterapia dentro del departamento de física médica de hospitales y clínicas es algo complejo y exige un equipo multidisciplinario; de esa manera, se requiere de máxima atención en cada etapa del proceso para evitar errores que puedan llegar al paciente y afectar su tratamiento y su vida. En ese contexto, el físico médico es

¹ Bacharela em Física pelo Centro Universitário Internacional UNINTER. E-mail: camilamarmitt2@gmail.com.

² Docente no Centro Universitário Internacional UNINTER. E-mail: daniel.te@uninter.com.

el responsable por mantener la organización del flujo y crear barreras para evitar que sucesos y fallas se produzcan. Él es responsable por dirigir un equipo multidisciplinario que incluye recepción, técnicos en radioterapia, dosimetristas, médicos oncólogos radioterápicos, enfermeros y pacientes. Aunque cada profesional tenga sus funciones muy bien especificadas, el físico médico es el responsable por la ejecución de la protección radiológica integral del departamento; así, necesita dirigir el flujo de la forma más segura posible. Para ello, es importante mapear el flujo de radioterapia, establecer — en atención a referencias nacionales e internacionales — barreras de seguridad dentro del departamento de Física Médica. De acuerdo con la literatura y a partir de un mapeo del flujo de radioterapia, fue posible crear y sugerir una barrera automatizada de flujo, que puede ser incluida en un Sistema de Planificación Computarizado, utilizado en clínicas y hospitales para planificar la dosis de radioterapia. La barrera contribuirá efectivamente para un flujo más fluido y seguro, en provecho principalmente de los pacientes.

Palabras-clave: flujo de radioterapia; físico médico; radioprotección.

1 Introdução

O profissional que trabalha no ramo da Física Médica desempenha um papel muito importante para a sociedade; podemos afirmar que:

A Física Médica é o ramo da Física que compreende a aplicação dos conceitos, leis, modelos, agentes e métodos da Física para a prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, desempenhando uma importante função na assistência médica, na pesquisa biomédica e na otimização da proteção radiológica (O QUE É..., c2021, n. p.).

A atuação do profissional na área da medicina ultrapassa os requisitos de conhecimento em cálculos e conceitos físicos; exige conhecimento em gestão de qualidade, relacionamento interpessoal, comunicação e principalmente conhecimento aprofundado em radioproteção. As normas aplicadas no país, hoje regidas e fiscalizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, descrevem algumas das principais funções do físico médico especialista e exigem a presença de um supervisor de radioproteção credenciado pela CNEN em cada instalação que contenha equipamentos de radiação ionizante (BRASIL, 2008; CNEN, 2021).

Desde a descoberta da radiação e sua utilização para fins de tratamentos medicinais, é grande a evolução na área de proteção radiológica, esta muitas vezes baseada em erros e falhas documentadas ao longo dos anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008; COSSET, 2002).

O fluxo de um tratamento de radioterapia é considerado muito complexo, pois envolve uma equipe multidisciplinar e várias etapas até o final do tratamento. De acordo com documentos da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) — que relatam problemas durante procedimentos de tratamento de radioterapia —, em sua grande maioria são erros e falhas humanas que se produzem durante o processo de planejamento e entrega de dose em radioterapia (SAFETY IS NO ACCIDENT..., 2012).

A cultura de registro de acidentes e erros ainda precisa ser difundida com maior ênfase, principalmente no Brasil, onde há poucos registros. De acordo com a *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), a exposição a acidentes é definida como “qualquer discrepância substancial entre a prescrição e entrega”, levando em consideração que na radioterapia trabalhamos com altas doses de radiação (RADICCHI, 2017).

Entre 10 e 20 de dezembro de 1990, na Espanha, houve um registro de que 27 pacientes receberam uma sobredose de radiação devido a um defeito no acelerador linear. Os pacientes foram irradiados com a maior energia disponível de elétrons no acelerador, 36 MeV, sendo que a energia selecionada deveria ter sido mais baixa. A dose recebida por estes pacientes foi de até sete vezes maior do que a pretendida (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

Em setembro de 1996, em Costa Rica, houve sobredose em 109 pacientes irradiados devido a um erro na troca de fonte de uma unidade de cobaltoterapia. O erro levou quase um mês para ser detectado — apenas em outubro do mesmo ano, quando os pacientes apresentaram sintomas graves de sobre-exposição. A falha foi detectada devido à calibração do tempo de tratamento ter sido de 30 segundos e não de 18 s. (0,3 minutos), o que acarretou uma sobre-exposição de fator = 1,72 (LESSONS LEARNED..., 2000).

Há relatos de que 3125 pacientes foram afetados entre os períodos de 1976 e 2007, com sérios danos à saúde e até mesmo óbito por sobredose de radiação. Entre 1992 e 2007, foram relatados mais de 4500 incidentes envolvendo radiação ionizante em radioterapia, sendo 420 (9%) na etapa de planejamento, 1732 (38%) na etapa de transferência de informações e 844 (18%) na fase de tratamento; os demais incidentes ocorreram nos diversos estágios de planejamento e tratamento (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008).

Temos disponíveis hoje na literatura e em recomendações nacionais e internacionais, diversos modelos de criação de barreiras para evitar possíveis eventos e acidentes em radioterapia, principalmente a criação de um programa de Garantia de Qualidade efetivo. A cultura de segurança começa desde o treinamento de uma equipe especializada até o controle de qualidade dos equipamentos em radioterapia.

Para aplicar com maior eficiência um programa de barreira de erros e acidentes em radioterapia, o físico médico precisa entender perfeitamente o fluxo de tratamento no qual ele participa, descrever esse fluxo detalhadamente e as funções de cada profissional, o que pode auxiliar na criação de ferramentas importantes dentro do plano de radioproteção (RADICCHI, 2017).

Quanto ao objetivo e natureza desta pesquisa, ela se caracteriza como exploratório-qualitativa, visto que busca a melhoria de um processo. A coleta de dados fez-se de acordo com as normas das agências reguladoras. Com relação à análise de dados, o estudo consiste em observar o fluxo existente na literatura, descrever as etapas e funções desempenhadas pelos profissionais responsáveis e sugerir uma ferramenta de barreira de incidentes e erros.

Sabemos que a padronização é fortemente recomendada por documentos nacionais e internacionais de tratamentos em radioterapia, como TG-263 e o TG-100 da *American Association of Physicists in Medicine – AAPM*; portanto, padronizar o fluxo e as funções de cada profissional leva à otimização do trabalho e fluidez das atividades (FORD *et al.*, 2020; HENDGES, 2019).

2 Gerenciamento de riscos em radioterapia

Quando falamos em gerenciamento de risco em radioterapia, significa saber como identificar um risco, avaliar, analisar, entender e saber como agir frente às questões que envolvem o risco. Compreende todos os aspectos da organização do trabalho visando melhorar a segurança, incluindo ferramentas específicas de avaliação de riscos.

Os acidentes e erros seguem uma sequência lógica de acontecimentos, e a figura 1 descreve muito bem o que acontece quando temos uma ameaça iminente e as barreiras não são efetivas para conter um possível dano ou erro (REASON, 2000).

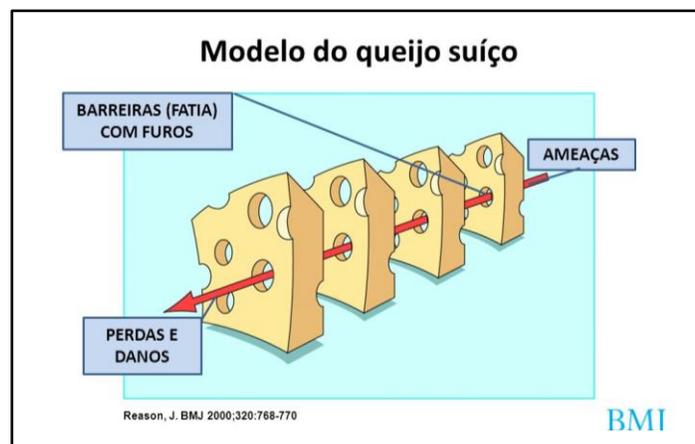


Figura 1: Modelo “Queijo Suiço”. Adaptado: REASON, 2000.

Neste caso podemos observar a importância do mapeamento dos processos para a criação de barreiras efetivas de proteção contra erros e incidentes.

Um dos modelos utilizados para avaliação de riscos e incidentes, é a matriz de risco. Ela é prática, fácil de utilizar e pode ser adaptada de diversas formas, como no Excel ou tabela. Consiste em uma classificação básica de priorização das tabelas, conforme figura 2.

Probabilidade / Impacto	Sem Impacto	Leve	Médio	Grave	Gravíssimo
Quase certo	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo	Risco Extremo
Alta	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo
Média	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo
Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Extremo
Raro	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado

Figura 2: Modelo de Matriz de Risco. Fuente: AVC Consultoria (<https://www.acvconsultoria.com/matriz-de-risco/>).

Outra ferramenta criada especificamente para a radioterapia, com objetivo de incentivar a cultura de segurança nas instalações de radioterapia, é o Sistema de Avaliação de Risco em Radioterapia (SEVRRA – *Sistema de Evaluación del Riesgo en Radioterapia*).

[...] foi desenvolvido no âmbito do FORO Ibero-americano de Organismos Reguladores Radiológicos e Nucleares (<http://foroiberam.org>), entidade da qual o Brasil é membro e está representado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O objetivo do SEVRRA é fomentar a autoavaliação do risco pelas instalações de radioterapia e subsidiar as ações para prevenção de exposições acidentais nesta atividade (SISTEMA DE AVALIAÇÃO..., 2015).

O SEVRRA baseia-se no modelo de matriz de risco e se aplica a aceleradores lineares, cobaltoterapia e braquiterapia. É gerenciado através de um login dentro da plataforma da CNEN e deve ser alimentado regularmente com os dados propostos.

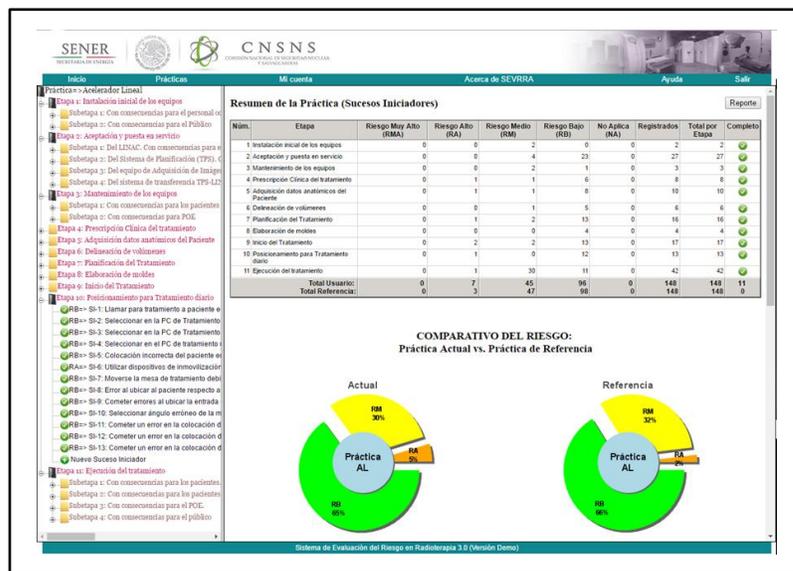


Figura 3: Visualização da Plataforma SEVRRRA³.

3 Mapeamento do fluxo do departamento de radioterapia

O fluxo de um departamento de radioterapia é considerado complexo, pois envolve uma equipe multidisciplinar de atendimento ao paciente, desde a primeira consulta até a finalização do tratamento. Na literatura podemos encontrar algumas descrições do fluxo, que mapeiam o processo e definem algumas das mais importantes etapas, como podemos observar na figura 4 (SAFETY IS NO ACCIDENT..., 2012)



Figura 4: Fluxo de Radioterapia. Adaptado de: SAFETY IS NO ACCIDENT..., 2012.

Podemos destacar outros pontos que são de extrema importância e a descrição prática de algumas funções dos profissionais envolvidos no fluxo de tratamento radioterápico do paciente (CNEN, 2014,2021):

³ Disponível em: <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/safetyassessment/Shared%20Documents/Presentation%20G%20Herramienta%20SEVRRRA.pdf>

Recepção: O paciente é admitido no departamento de radioterapia após indicação do médico oncologista, que sugere tratamento e avaliação por um médico radioncologista para verificar a necessidade ou não da radioterapia. A recepção faz o cadastro do paciente no setor e em seguida agenda uma consulta com o radioncologista. A recepção tem o importante papel de acolher o paciente e dirigi-lo ao profissional correto em todas as etapas do tratamento do paciente; interage com o paciente diversas vezes durante o seu percurso na radioterapia.

Médico radioncologista: Profissional formado em medicina, especialista em radioterapia; faz a avaliação do paciente e a prescrição do tratamento, assim como acompanhamento da evolução do tratamento durante as sessões de radioterapia. Caso necessário — e a depender da região anatômica de tratamento —, pode solicitar a intervenção de nutricionista, psicólogo, fisioterapeuta ou dentista para acompanhamento do paciente antes ou durante as sessões de radioterapia. O radioncologista é responsável por delinear, dentro do sistema de planejamento, o local exato do tratamento do paciente, prescrever a dose de radiação que será entregue no alvo e aprovar o planejamento realizado pelo físico médico. Considera a dose no alvo e nos órgãos adjacentes ao tumor, visando sempre baixa toxicidade e entrega de dose correta. Faz o acompanhamento do paciente através de consultas de revisão semanais, para avaliar a evolução do tratamento.

Enfermagem: O profissional da enfermagem atua em diversas etapas do fluxo, auxiliando principalmente nas orientações ao paciente sobre possíveis efeitos colaterais do tratamento, sobre o preparo fisiológico para o exame de tomografia, manejo de pacientes que necessitam de anestesia junto ao tratamento, entre outras funções.

Dosimetrista: Profissional habilitado na função; na maioria são tecnólogos em radiologia ou biomédicos com formação específica como dosimetrista na radioterapia. É responsável por executar a etapa de simulação do tratamento de radioterapia, manipulação de imagens e delineamento de órgãos de risco, podendo auxiliar, quando necessário, no planejamento da radioterapia, no cálculo dosimétrico e na montagem das fichas de tratamento. Na etapa de simulação, realiza-se um exame de tomografia computadorizada, considerando aqui o tratamento com técnica conformacional tridimensional ou de intensidade modulada, onde o paciente é tomografado com os acessórios de imobilização com que irá realizar o tratamento. Importante ressaltar que o profissional precisa posicionar o paciente de modo que ele fique imóvel durante todo o tempo de tratamento, que em média demora 12 minutos, e com o maior conforto possível, prezando pela reprodutibilidade diária do posicionamento. Após a etapa de simulação, o dosimetrista também é responsável pela

manipulação das imagens tomográficas e diagnósticas, caso o médico solicite fusão com alguma imagem diagnóstica prévia, como ressonância magnética e PET CT. O dosimetrista então realizará o delineamento dos órgãos de risco próximos à região de tratamento, no qual o objetivo é reduzir ao máximo a dose de incidência. O delineamento é realizado dentro do software específico de planejamento de radioterapia.

Físico médico: O físico médico é o profissional com formação em Física ou Física Médica e especialização em Física Médica, adquirida através dos programas de residência multiprofissional pelo período de 2 anos. O físico médico atua dentro do departamento de radioterapia em várias etapas. Ele é o responsável pelos planejamentos radioterápicos, mesmo sendo executados por um dosimetrista, por exemplo. O físico médico deve conferir e liberar este planejamento para o médico radioncologista. O planejamento radioterápico consiste em estabelecer o melhor arranjo de campos possível, fazer a entrega da dose prescrita no alvo, reduzir a dose nos órgãos adjacentes, indicando através do cálculo de unidades monitoras, como será feita a entrega da dose pelo acelerador linear. Além do planejamento e cálculo de unidades monitoras, o físico médico também atua com responsabilidades burocráticas do departamento, sendo responsável pela documentação exigida pelos órgãos responsáveis, como CNEN e ANVISA, manter o controle de qualidade de todos os equipamentos para assegurar a eficiência do fluxo de tratamento, bem como cumprir o plano de radioproteção para toda a equipe envolvida.

Técnico em radioterapia: profissional das técnicas radiológicas, responsável por executar o plano de tratamento aprovado pelo físico médico e radioncologista. Usa uma ficha técnica onde confere todos os parâmetros de execução do tratamento e o posicionamento do paciente na máquina de tratamento. O técnico em radioterapia executa o tratamento do paciente diariamente, de acordo com o seu planejamento e prescrição.

Na figura 5 podemos observar o fluxo de planejamento do tratamento de radioterapia do paciente, antes mesmo de iniciar efetivamente as sessões:

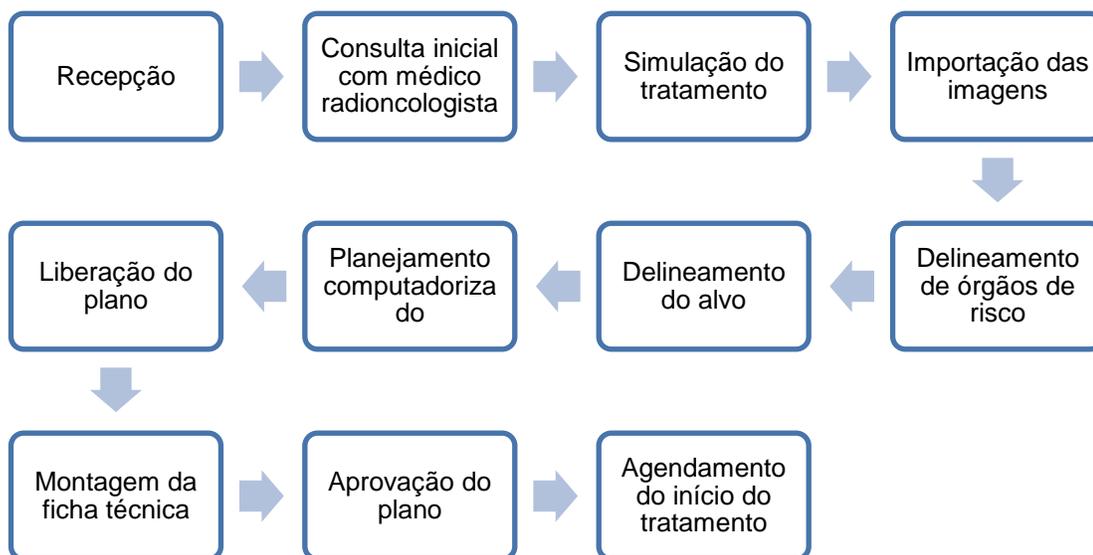


Figura 5: Fluxograma da etapa de planejamento do tratamento de radioterapia

Após o mapeamento do fluxo e descrição das tarefas e atividades de cada profissional, é possível propor uma ferramenta de barreira de riscos dentro do sistema de planejamento de dose, utilizado em instituições que executam o tratamento de radioterapia.

Realizou-se o mapeamento da etapa de planejamento computadorizado, criando tarefas dependentes dentro do Sistema de Planejamento, onde somente após o profissional completar a tarefa e assinar o *check list*, o fluxo segue para a próxima etapa. A tarefa se completa com a assinatura com login próprio do usuário e com prazos pré-definidos para que também se possam priorizar casos e tarefas mais urgentes.

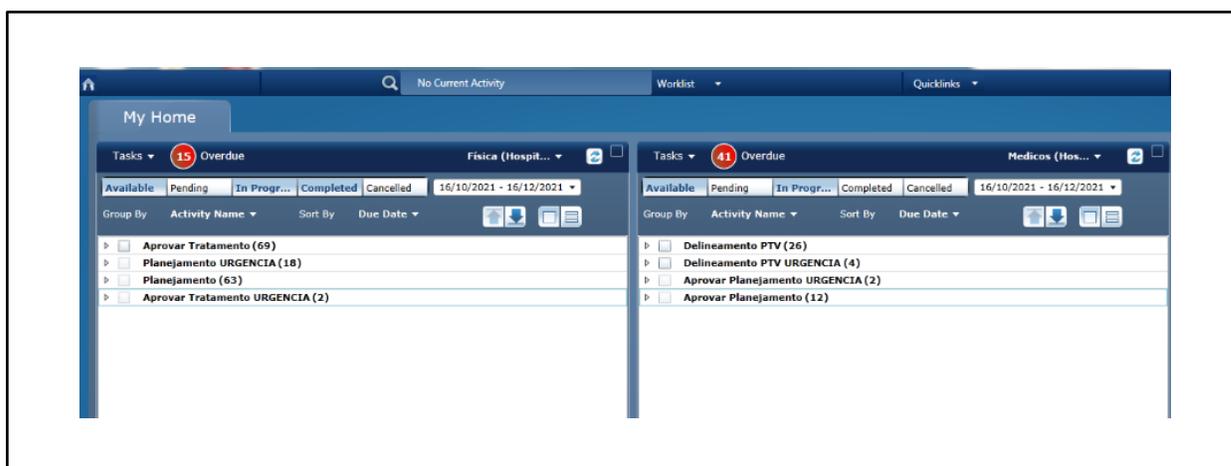


Figura 6: Tela inicial do Sistema de Planejamento utilizado em Instituições que realizam tratamento de radioterapia. Após implementação do fluxo de trabalho, as tarefas são listadas na tela inicial, quantidade de casos pendentes e agenda personalizável por usuário ou grupo.

O fluxo inserido dentro do TPS contemplou toda a parte de planejamento computadorizado do tratamento de radioterapia do paciente. Portanto, após a coleta das imagens realizadas na tomografia, o fluxo é inserido no TPS e todas as etapas até o início do tratamento são realizadas dentro do sistema.

Importar tomografia: Etapa de transferência das imagens DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) para dentro do Sistema de Planejamento. **Responsável:** Dosimetrista.

Delineamento de OAR: Etapa de delineamento dos órgãos de risco próximos ao local de tratamento. **Responsável:** Dosimetrista.

Delineamento PTV: Delineamento do volume alvo do tratamento. **Responsável:** Médico radioncologista.

Planejamento: Etapa de inserção do arranjo de campos, tamanho do colimador, tamanho de campo, utilização de filtros compensadores ou não, todas as configurações geométricas para execução do plano, escolha do isocentro de tratamento, energia e cálculo de unidades monitoras feitas pelo sistema de planejamento. **Responsável:** Físico médico.

Aprovação do plano: Etapa em que o médico radioncologista avalia o plano e a distribuição de dose calculada pelo físico médico, visando dose de prescrição no volume alvo e máxima proteção dos órgãos adjacentes. **Responsável:** Médico radioncologista.

Montar ficha: Montagem da ficha técnica; após aprovação do plano são impressos todos os dados necessários para conferência da execução do tratamento no Acelerador Linear; são impressos tamanho de campo, colimador, ângulo de Gantry, unidades monitoras, entre outros dados necessários para execução segura no AL. Nessa etapa também é realizada uma verificação independente das unidades monitoras entregues no tratamento, ou seja, um cálculo que não tenha sido realizado pelo mesmo sistema. **Responsável:** Físico médico.

Aprovar tratamento: Após a realização da verificação paralela das unidades monitoras e impressão dos documentos do plano, é feita uma segunda checagem da ficha de tratamento, para garantir que nenhum parâmetro foi impresso de forma equivocada e que não se tenha esquecido algum documento. Somente então o tratamento é aprovado e vai para o agendamento do início do tratamento onde o paciente é convocado. **Responsável:** Físico médico.

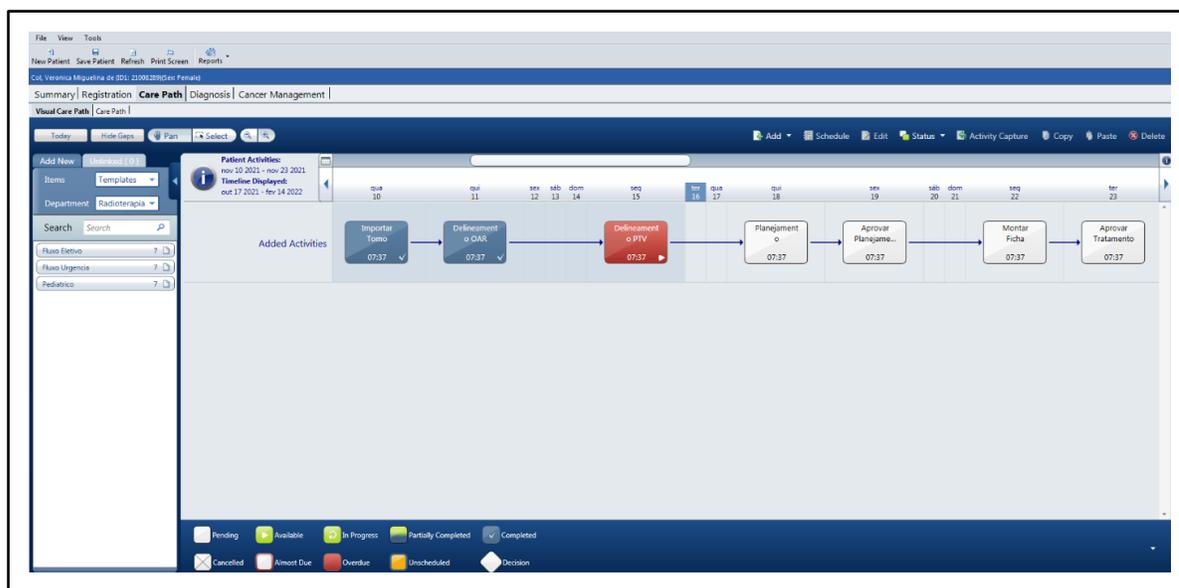


Figura 7: Visualização do fluxo inserido no prontuário do paciente; as etapas em azul são as que já foram completadas, em vermelho a que está disponível e atrasada e, em branco, a ser realizada no futuro. Cada etapa somente pode ser iniciada após a tarefa anterior estar completa, pois são dependentes.

Em cada etapa do fluxo, também foi possível inserir um *check list* para lembrar funções importantes antes de liberar a tarefa para a próxima etapa.

Etapa	Check List
Importar Tomografia	--
Delineamento OAR	<ul style="list-style-type: none"> • Zerar imagem • Associar médico • Renomear TC • Conferir fusão • Retirar Bib do corpo
Delineamento PTV	<ul style="list-style-type: none"> • Renomear PTV

Planejamento	<ul style="list-style-type: none">• Nomes dos campos• Verificar origem da imagem• Verificar artefatos de imagem
Aprovar Planejamento	<ul style="list-style-type: none">• Aprovar plano
Montar Ficha	<ul style="list-style-type: none">• Imprimir DVH (Histograma Dose Volume)• Imprimir DRR e deslocamento• Exportar DICOM• Anotar portal• Cálculo de MU• Inserir foto do paciente• Agendar frações no ARIA
Aprovar Tratamento	<ul style="list-style-type: none">• Conferência da Ficha



Figura 8: Visualização do *check list* dentro do Sistema de planejamento.

Geralmente o fluxo é controlado através de uma planilha de Excel, onde vários usuários podem fazer modificações e cometer erros de digitação; além de automatizar o processo, a barreira de fluxo se torna mais robusta e cada usuário tem seu acesso restrito.

4 Considerações finais

Mapear os processos e funções de cada profissional nos traz uma maior clareza na hora de investigar possíveis erros e falhas; assim, é possível sugerir ações que visam melhoria do fluxo e maior segurança no trabalho.

Treinamento da equipe: Uma equipe que recebe educação continuada, sempre será mais segura nas funções que desenvolve no cotidiano; o treinamento constante é fundamental para o sucesso do tratamento, tendo em vista que o paciente é único.

Check Lists: A criação de *check lists* em várias etapas do fluxo auxilia e serve como barreira fundamental durante o processo; evita o esquecimento e falhas na etapa.

Simplificação e padronização: Uma linguagem simplificada e padronizada deve ser utilizada em um departamento onde trabalham profissionais de diversas áreas de conhecimento; a equipe precisa saber se comunicar de forma simples e efetiva, evitando erros e falhas de transmissão de dados.

Automação e informatização: Facilita e agiliza o fluxo como um todo. Os erros registrados ao longo do tempo nos provam que a maioria é advinda de erros humanos; quanto mais automatizado o processo, menos chance de falhas humanas e de comunicação interpessoal. É preciso não esquecer de que precisamos ter um controle de qualidade de toda automatização também.

Restrições de tarefas e intertravamento: Toda vez que colocamos barreiras de intertravamento, criamos uma barreira robusta contra ações indesejadas ou esquecidas; as restrições são importantes para que profissionais despreparados ou não habilitados não cometam erros durante o fluxo.

Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 38, de 4 de junho de 2008.** Dispõe sobre a instalação e o funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear "in vivo". Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

CNEN. **PORTARIA PR/CNEN Nº 57/2021.** Rio de Janeiro: CNEN, 2021.

CNEN. **Normas para Proteção Radiológica.** CNEN 2022. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>. Acesso em: 13 jul. 2022.

CNEN. **Norma CNEN NN 3.01. Resolução 164/14.** Diretrizes básicas de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.

COSSET, Jean Marc. ESTRO Breur Gold Medal Award Lecture 2001: Irradiation accidents—lessons for oncology? **Radiotherapy and oncology**, Ireland, v. 63, n. 1, p. 1-10, 2002.

FORD, Eric *et al.* Strategies for effective physics plan and chart review in radiation therapy: report of AAPM Task Group 275. **Medical Physics**, Melville – NY, v. 47, n. 6, 2020.

HENDGES, Maria Beatriz. **Revisão integrativa sobre acidentes e incidentes envolvendo pacientes na radioterapia.** 2019. 51 f. TCC (Curso Superior em Tecnologia em Radiologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

HUQ, M. Saiful *et al.* The report of Task Group 100 of the AAPM: Application of risk analysis methods to radiation therapy quality management. **Medical Physics**, Melville – NY, v. 43, n. 7, p. 4209-4262, 2016.

LESSONS LEARNED from accidental exposures in radiotherapy. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.

O QUE É a física médica. **ABFM**, São Paulo, c2021. Conheça a Física Médica. Disponível em: <https://www.abfm.org.br/paginas/conheca-a-fisica-medica.html#:~:text=A%20F%C3%ADsica%20M%C3%A9dica%20o,na%20otimiza%C3%A7%C3%A3o%20da%20prote%C3%A7%C3%A3o%20radiol%C3%B3gica>. Acesso em: 22 fev. 2022.

RADICCHI, L. A. **Sistema de aprendizagem com incidentes: desenvolvimento e implementação em um serviço de radioterapia.** 2017. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade de São Carlos, São Carlos – SP, 2017.

REASON, James. Human error: models and management. **Bmj**, London, v. 320, n. 7237, p. 768-770, 2000.

SAFETY IS NO ACCIDENT - a framework for quality radiation oncology and care. **American Society for Radiation Oncology** - ASTRO, [s. l.], 2012.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO de risco em radioterapia. **CNEM. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.** Brasília, 16 jul. 2015. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/2015-07-16-18-05-60>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SOUZA, Cleber Nogueira de; MONTI, Carlos Roberto; SIBATA, Cláudio Hissao. Recomendações para se evitar grandes erros de dose em tratamentos radioterapêuticos. **Radiologia Brasileira**, São Paulo – SP, v. 34, p. 29-37, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Radiotherapy Risk Profile: Technical Manual.** Geneva: WHO, 2008.