

CORRESPONDÊNCIA ENTRE A MATRIZ CURRICULAR DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA DA UFMG E O CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DAS PROVAS DE CERTIFICAÇÃO DE QUALIFICAÇÃO DE SUPERVISORES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA DA CNEN

Yago V. Pinto¹, Marinara L. Chaves¹, Josemberg N. Cordeiro¹, Andrea V. Ferreira², Rodrigo M. G. Gontijo¹

¹Departamento de Anatomia e Imagem/ IMA
Universidade Federal de Minas Gerais
31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil

² Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN, 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil.

yago-viana@ufmg.br

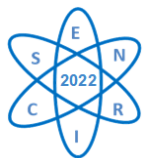
Palavras-Chave: Supervisor de proteção radiológica; Tecnologia em radiologia; Proteção radiológica

Área: Ciência das Radiações

Sub-área: Radioproteção

RESUMO

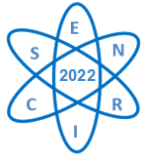
O Curso Superior de Tecnologia em Radiologia (CSTR) da UFMG propõe-se a formar profissionais que atuem nas aplicações pacíficas das radiações ionizantes e não ionizantes para diversas finalidades. O egresso pode atuar em áreas como Radiologia Médica, Odontológica, Mamografia, Densitometria Óssea, Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, Medicina Nuclear, Radioterapia e Radiologia Industrial, além de poder realizar cursos de pós-graduação *Lato Sensu* (especializações) e *Stricto Sensu* (mestrado e doutorado). O CSTR também oferece formação acadêmica para realizar as provas de Certificação de Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica (CQ-SPR) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O CSTR está inserido nas áreas do conhecimento requeridas pela Norma específica de certificação e apresenta em sua Grade Curricular conteúdos correlatos àqueles pertinentes à rotina do SPR e, portanto, às provas de Qualificação. Importante observar que estas são realizadas em duas ou três etapas, a depender da área de certificação (Classes I e II). A primeira prova é de caráter geral e as demais de caráter específico, teóricas e práticas. O profissional SPR é responsável pelo controle das fontes radioativas; liberação de efluentes e rejeitos radioativos; monitoração da radiação; treinamento e avaliação dos IOE's sob o ponto de vista de proteção radiológica. O objetivo é avaliar a correspondência do conteúdo da Matriz Curricular do CSTR da UFMG àquele estabelecido no edital do exame para CQ-SPR de 2021. Para isso, foi realizada uma análise qualitativa das disciplinas do CSTR, a fim de identificar a correspondência dos conteúdos àquele abordado nas Provas (CQ-SPR), geral e específicas para Medicina Nuclear. A



análise revelou quatro disciplinas obrigatórias e duas optativas como sendo aquelas de maior abrangência para o conteúdo da Prova Geral, a saber: Física das Radiações, Radiobiologia e Radioproteção, Legislação CNEN/ANVISA, Biossegurança (obrigatórias), Aplicações das Radiações nos Processos Industriais e na Segurança e Bioestatística (optativas). Com relação às provas específicas, o edital de 2022 não previu certificação para as áreas da saúde: Radioterapia (Classe I) e Medicina Nuclear (Classe II). No entanto, o CSTR da UFMG oferece disciplinas obrigatórias voltadas para as tecnologias de Radioterapia e MN. Adicionalmente, importante mencionar que caso o estudante do CSTR sinta necessidade de complementar sua formação específica para candidatar-se à CQ-SPR, a UFMG permite a complementação curricular em outros departamentos. Neste contexto, é possível citar disciplinas ofertadas pelo Departamento de Engenharia Nuclear (DEN) cuja ementa atende ao conteúdo programático do edital, como Instrumentação Nuclear e Radioproteção.

1. INTRODUÇÃO

Radiação pode ser definida como energia em trânsito, a qual se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio. Pode apresentar-se na forma de partícula energética atômica ou subatômica, tais como partículas alfa, elétrons, pósitrons, prótons, nêutrons etc., cuja produção se dá em aceleradores de partículas, reatores ou por emissão espontânea de núcleos de átomos radioativos. Apresenta-se também na forma de onda eletromagnética, a qual é caracterizada pelo comprimento ou pela frequência da onda, onde as várias faixas constituem o espectro eletromagnético, o qual pode variar desde frequências extremamente baixas, como as ondas de rádio até altas frequências como raios X e raios gama. Neste contexto, a radiação ionizante é aquela capaz de arrancar elétrons de um átomo: para isso, a respectiva partícula ou onda eletromagnética deve apresentar energia maior que aquela de ligação do átomo em que incide. Desta forma, dentro do espectro eletromagnético, apenas os raios de alta frequência de onda, tais como os raios X e gama são caracterizados como ionizantes [1]. Desde a descoberta dos raios X por *Wilhelm Conrad Röntgen*, em 1895, as radiações ionizantes têm prestado grandes contribuições para as mais diversas áreas do conhecimento, com destaque para as aplicações médicas, as quais têm permitido diagnósticos e tratamentos cada vez mais precisos. Todavia, já nos primeiros anos seguintes à descoberta, iniciam-se relatos a respeito dos danos biológicos provocados pelos raios X em profissionais que utilizavam desta técnica: naquele período, eram relatados apenas os danos imediatos das radiações ionizantes, enquanto os efeitos tardios levaram até cinquenta anos para serem detectados. Sendo assim, em 1915, a *Röntgen Society* publicou as primeiras recomendações de proteção para trabalhadores, marcando assim, o início das medidas e estudos de proteção radiológica [2].



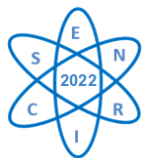
A prevenção ou a diminuição dos efeitos somáticos causados pelas radiações ionizantes e a redução da deterioração genética dos povos são os principais objetivos da proteção radiológica, onde o problema das exposições crônicas adquire importância fundamental [3].

No Brasil, o planejamento, orientação, supervisão e fiscalização de assuntos relacionados à proteção radiológica são responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Ela estabelece normas e regulamentos na área, e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil. Em sua Normativa referente às Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, a CNEN preconiza que toda prática que envolva manuseio, produção, posse e utilização de fontes, bem como transporte, armazenamento e a deposição de materiais radioativos, deve ser supervisionada por pelo menos um indivíduo habilitado pela CNEN como Supervisor de Proteção Radiológica (SPR).

“O Supervisor de proteção radiológica ou supervisor de radioproteção é o indivíduo com habilitação de qualificação emitida pela CNEN, no âmbito de sua atuação, formalmente designado pelo titular da instalação para assumir a condução das tarefas relativas às ações de proteção radiológica na instalação relacionada àquela prática.” Suas responsabilidades são: assessorar e informar a direção da instalação sobre todos os assuntos relativos à proteção radiológica; zelar pelo cumprimento do plano de proteção radiológica aprovado pela CNEN; planejar, coordenar, implementar e supervisionar as atividades do serviço de proteção radiológica, de modo a garantir o cumprimento dos requisitos básicos de proteção radiológica; coordenar o treinamento, orientar e avaliar o desempenho dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), sob o ponto de vista de proteção radiológica [4]

A CNEN certifica a qualificação de SPR em 23 áreas de atuação diferentes, sendo 16 delas para atuação nas áreas da Classe I e 7 para a Classe II. Para ser habilitado a exercer esta função, o candidato portador de diploma de nível superior de graduação (bacharel, licenciado ou tecnólogo) deve ser aprovado no exame de certificação da CNEN. O exame é composto por duas ou três etapas, a depender da Classe em que se faz a aplicação: os exames de ambas as Classes são compostos por uma prova Geral escrita, a qual abrange conteúdos referentes a aspectos gerais de proteção radiológica e segurança nuclear e radiológica; e uma prova Específica escrita, sobre licenciamento, proteção radiológica e segurança nuclear e radiológica, abrangendo tópicos da área de atuação específica; alguns dos exames referentes à Classe I contemplam, também, uma prova de conhecimentos práticos, podendo ser escrita ou oral, abrangendo assuntos específicos da área aplicada [5].

O Curso Superior de Tecnologia em Radiologia (CSTR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) propõe-se a formar profissionais que atuem nas aplicações pacíficas das radiações ionizantes e não ionizantes para as mais diversas finalidades. Desta forma, seu egresso tem a possibilidade de atuar em áreas como Radiologia Médica Analógica e Digital, Radiologia Odontológica, Mamografia, Densitometria Óssea, Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, Medicina Nuclear, Radioterapia, Gamagrafia e Radiologia Industrial, além de poder realizar cursos de pós-graduação Lato Sensu (especializações) e Stricto Sensu (mestrado e doutorado). O Curso também oferece formação acadêmica ao aluno que queira realizar as provas de Certificação de Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica (CQ-SPR) da Comissão Nacional



de Energia Nuclear (CNEN). O CSTR está inserido nas áreas do conhecimento requeridas pela Norma específica de certificação e apresenta em sua Grade Curricular conteúdos correlatos àqueles pertinentes à rotina do SPR e, portanto, às provas de Qualificação.

Tendo em vista as atribuições do profissional com certificação SPR e o conteúdo programático das provas para CQ-SPR da CNEN, este estudo tem como objetivo avaliar a correspondência do conteúdo da Matriz Curricular do CSTR da UFMG àquele estabelecido no edital do exame para CQ-SPR do ano de 2021 para a área de medicina Nuclear (MN).

2. METODOLOGIA

A análise da Matriz Curricular do CSTR da UFMG foi realizada com base nas ementas das disciplinas disponibilizadas no site do Centro de Graduação (CEGRAD) da UFMG. O Conteúdo Programático das provas de CQ-SPR foi extraído do Manual do Candidato do Edital do ano de 2021, disponível no site da CNEN. A comparação foi feita a partir de uma análise qualitativa individual das disciplinas obrigatórias e optativas do CSTR da UFMG, a fim de identificar a correspondência do conteúdo de cada uma delas àquele abordado nas Provas de CQ-SPR: prova geral e prova específica para a área de Medicina Nuclear (Classe II).

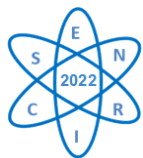
3. RESULTADOS

3.1. Prova Geral de Certificação de Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica

A Tab. 1 apresenta os resultados da comparação qualitativa da Matriz Curricular do CSTR com o Conteúdo Programático da prova geral de CQ-SPR. Nela são apresentados os tópicos contemplados na prova geral, os quais são discutidas em seguida neste capítulo.

Tab. 1. Correspondência entre o conteúdo da prova geral de CQ-SPR e a Matriz do CSTR

Programa da Prova Geral	Tópico	Contemplado pela Matriz do CSTR?
Fundamentos de Física Atômica e Nuclear	Estrutura da Matéria	Sim
	Radiações Eletromagnéticas e Radiações Ionizantes	
	Interação da Radiação com a Matéria	
Efeitos Biológicos das Radiações	Mecanismos de interação das radiações com o tecido humano	
	Transferência linear de energia e eficácia biológica relativa	
	Efeitos estocásticos e efeitos determinísticos	
	Meia-vida biológica e meia-vida efetiva	
Segurança e Proteção Radiológica	Princípios Básicos de Proteção Radiológica	
	Restrição de dose. Nível de Registro. Nível de Investigação	
	Segurança radiológica	
	Grandezas e unidades empregadas em proteção radiológica	
	Fatores de proteção radiológica	
	Classificação de áreas	
	Noções de cálculo de blindagem X e gama	

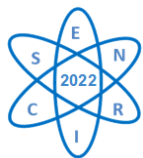


Tab. 2. Correspondência entre o conteúdo da prova geral de CQ-SPR e a Matriz do CSTR
(continuação)

Programa da Prova Geral	Tópico	Contemplado pela Matriz do CSTR?
Segurança e Proteção Radiológica	Resposta a emergências radiológicas	Não
	Nível de referência, nível de intervenção, nível de ação	
	Descontaminação	
	Regulamentação e Diretrizes Básicas em Proteção Radiológica	Sim
	Proteção física de fontes	Não
Instrumentação Nuclear e Estatística – Medição	Princípios de detecção da radiação	Sim
	Detecção de Radiação	
	Estatística	
	Controle operacional de equipamentos, operação, manutenção preventiva	Não
	Procedimentos para calibração/aferição	Sim
	Monitoração: de área e individual externa e interna (exposição e contaminação)	
Gerência de Rejeitos Radioativos	Origem dos rejeitos radioativos	Não
	Crítérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica	
	Princípios da gerência de rejeitos radioativos	
	Classificação dos rejeitos radioativos	
	Requisitos gerais da gerência de rejeitos radioativos	
	Segregação, acondicionamento, identificação, registro e tratamento de rejeitos radioativos	
	Armazenamento inicial, armazenamento intermediário e deposição de rejeitos radioativos	
	Dispensa de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos	
Transporte de Materiais Radioativos	Especificações sobre materiais radioativos para fins de transporte	Sim
	Seleção do tipo de embalado	
	Requisitos de projeto para embalados	
	Radioproteção e segurança no transporte	
	Responsabilidades e requisitos administrativos no transporte de materiais radiativos	

3.1.1 Fundamentos de Física Atômica e Nuclear

No CSTR, este tópico da prova geral de CQ-SPR é amplamente (100%) contemplado na forma de uma disciplina dedicada ao estudo da Física das Radiações: nela, são abordados conteúdos como estrutura atômica e nuclear, radioatividade, decaimento, interação da radiação com a matéria e alcance/atenuação das radiações na matéria.



3.1.2. Efeitos Biológicos das Radiações

A prova aborda este tópico em questões relacionadas aos mecanismos de interação das radiações com o tecido humano e os efeitos biológicos provocados pela radiação, os quais são integralmente contemplados na disciplina Radiobiologia e Radioproteção do CSTR, que por sua vez, apresenta um módulo dedicado a discutir temas como classificação dos efeitos biológicos da radiação, conversão de energia liberada em dano biológico, dano/reparação do DNA e morte celular por radiação.

3.1.3. Segurança e Proteção Radiológica

Parte (66,6%) deste tópico é também contemplada pela disciplina Radiobiologia e Radioproteção, além da disciplina Legislação CNEN/ANVISA; uma vez que estas fazem um profundo estudo de importantes temas contidos na Norma CNEN 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção [4] tais como: princípios de proteção radiológica, classificação de áreas, restrições de dose, grandezas e unidades, além de noções de cálculo de blindagem. Entretanto, alguns pontos deste tópico da prova geral não são contemplados pela Matriz do CSTR, tais como: resposta a emergências radiológicas, descontaminação, nível de referência/intervenção/ação e proteção física de fontes.

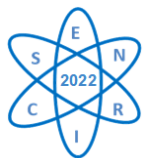
3.1.4. Instrumentação Nuclear e Estatística – Medição

Grande parte de conteúdo (83%) referente à Instrumentação é contemplada pela disciplina Radiobiologia e Radioproteção, juntamente com a disciplina optativa Aplicações das Radiações nos Processos Industriais e na Segurança, onde são estudados os detectores de radiação, seus princípios de detecção, propriedades de medição e procedimentos para calibração/aferição, assim como conteúdos referentes à monitoração de área (interna e externa) e individual (exposição e contaminação). Todavia, controle operacional de equipamentos, operação, manutenção preventiva não são contemplados pela

Matriz do curso. Tal conteúdo pode ser incorporado pelo discente na modalidade Formação Livre por meio da disciplina Instrumentação Nuclear ofertada pelo programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia Nuclear (DEN) da UFMG.

3.1.5. Gerência de Rejeitos Radioativos

Este tópico é aquele de maior sensibilidade da Matriz curricular do CSTR em relação ao conteúdo da prova de CQ-SPR: somente a disciplina biossegurança abarca conteúdos referentes à gerência de resíduos. Entretanto, a abordagem desta disciplina se dá de forma genérica, não específica para rejeitos radioativos. Sendo assim, é de grande importância a incorporação do conteúdo à Matriz do curso, principalmente no que se refere à Norma CNEN 8.01- Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação [6].



3.1.6. Transporte de Materiais Radioativos

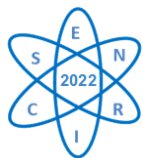
O estudo da Norma CNEN 5.01 - Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos [7] está previsto em sua totalidade pela ementa da disciplina Legislação CNEN/ANVISA do CSTR.

3.2. Prova Específica de Certificação de Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica para a Área de Medicina Nuclear

A Tab. 2 apresenta os resultados da comparação qualitativa da Matriz Curricular do CSTR com o Conteúdo Programático Específico da CQ-SPR para a área de MN.

Tab. 2. Correspondência entre o Conteúdo Programático da CQ-SPR para a área de Medicina Nuclear e a Matriz Curricular do CSTR

Tópico	Contemplado pelo CSTR?
Requisitos normativos quanto ao licenciamento e controle de serviços de medicina nuclear	Sim
Requisitos normativos quanto ao pessoal mínimo necessário em um Serviço de Medicina Nuclear e suas responsabilidades	
Teste na instrumentação	
Controle de qualidade do calibrador de dose (medidor de atividade)	
Testes de Aceitação e de Controle de qualidade dos equipamentos de diagnóstico	
Dependências indispensáveis de um Serviço de Medicina Nuclear	
Requisitos normativos quanto a aspectos de projetos de áreas do Serviço	Não
Principais tópicos a serem abordados no Plano de Proteção Radiológica e de Segurança Física de Fontes	Sim
Requisitos quanto aos procedimentos médicos que permitem a identificação intraoperatória de lesão ou de estrutura anatômica por meio de sondas	
Requisitos de radioproteção na administração e manipulação dos radiofármacos	
Requisitos normativos e procedimentos relativos aos trabalhadores (indivíduos ocupacionalmente expostos)	
Requisitos normativos e procedimentos relativos aos pacientes (exposições médicas)	
Requisitos normativos e procedimentos relativos à monitoração de área e contaminação de superfície	
Requisitos normativos e procedimentos relativos à monitoração de contaminação dos trabalhadores (indivíduos ocupacionalmente expostos)	
Procedimentos de isolamento, sinalização e descontaminação de superfícies	
Procedimentos de descontaminação de trabalhadores (indivíduos ocupacionalmente expostos)	Não
Requisitos normativos quanto aos procedimentos relativos à internação e liberação de pacientes em quarto terapêutico	
Classificação de Rejeitos Radiativos.	Sim
Requisitos normativos quanto à gerência de rejeitos de uma instalação radiativa	
Requisitos normativos quanto ao local de armazenamento de rejeitos radioativos	
Cálculo do prazo de armazenamento de rejeitos radiativos líquidos e sólidos	Não
Requisitos normativos quanto à identificação do recipiente utilizado no armazenamento de rejeitos radiativos	Sim
Requisitos normativos quanto à confecção e manutenção do inventário de rejeitos radiativos	Não
Requisitos normativos quanto à adequação e periodicidade dos registros de Ocorrências Radiológicas, Controle de Qualidade dos Equipamentos, Monitoração de Área, Monitoração de Superfície, Gerência de Rejeitos e dose acumulada	Sim
Procedimentos em situações de emergência	Não



Regulamentos e Normas Aplicáveis	Sim
Noções básicas de cálculo de blindagem	
Cálculo de blindagem para instalações de Medicina Nuclear	Não
Cuidados especiais em serviços de Medicina Nuclear devido à pandemia COVID19	
Tópicos de Gestão da qualidade em um Serviço de Medicina Nuclear	Sim

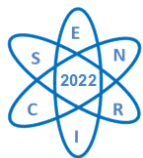
A partir da análise da Tab. 2, é possível identificar que o CSTR abrange grande parte (76,6%) do extenso conteúdo da prova Específica para a área de Medicina Nuclear. As disciplinas Medicina Nuclear I e II do Curso, que juntas contabilizam 90 horas de aula, são aquelas de maior contribuição para esta correspondência com a Prova Específica. Nelas, estão previstos estudos sobre equipamentos utilizados; parâmetros de funcionamento; critérios de controle e segurança; conceitos de física aplicada à medicina nuclear; principais sistemas de detecção das radiações ionizantes utilizados; princípios da formação da imagem e parâmetros físicos de qualidade; além da identificação dos principais protocolos praticados no Serviço; reconhecimento dos principais artefatos de imagem (e medidas a serem tomadas frente a seu aparecimento) e práticas de processamento das imagens. Desta forma, grande parte do conteúdo relativo à instrumentação, segurança, controle de qualidade; requisitos normativos e procedimentos em Medicina Nuclear está previsto nestas disciplinas. Já os tópicos relativos ao Armazenamento e Gerência de Rejeitos radioativos são contemplados pela disciplina Legislação CNEN/ANVISA, que em sua ementa prevê o estudo da Norma CNEN 3.05 - Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear [8] Entretanto, há uma carência em relação a sete tópicos da Prova Específica, os quais não foram encontrados conteúdos correspondentes na matriz do CSTR da UFMG.

4. CONCLUSÃO

O Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da Universidade Federal de Minas Gerais apresenta uma Matriz Curricular capaz de abarcar grande parte (65,7%) do conteúdo previsto no Edital da Prova Geral para CQ-SPR. Para esta prova, as disciplinas do CSTR que mais contribuem para seu conteúdo programático são Radiobiologia e Radioproteção, Física das Radiações e Legislação CNEN/ANVISA. Já para a Prova Específica para a área de Medicina Nuclear, as disciplinas Medicina Nuclear I e II, em conjunto com Legislação CNEN/ANVISA são responsáveis por contemplar a maior parte (76,6%) do conteúdo programático desta Prova. Todavia, o conteúdo de ambas as Provas apresenta tópicos que não são contemplados pela matriz do CSTR. É importante ressaltar que o Curso não tem por objetivo a capacitação para a realização das Provas da CNEN. Contudo, sua Matriz curricular mostra-se de grande potencial para a formação daqueles egressos que almejam pela carreira de SPR, que se dá por meio do Certificado da CNEN.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFMG, ao CDTN/CNEN e ao CNPq pelo financiamento na forma de Bolsa de Iniciação Científica.



Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e
Ciências das Radiações
Belo Horizonte, 8 a 10 de novembro de 2022.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Okuno. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, Vol. 27, pp. 185 - 199 (2013).
- [2] M. V. T. Navarro *et al.*, Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos* [online], Vol. 15, pp. 1039 -1047 (2008).
- [3] L. Tauhata *et al.*, Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos, 5ª revisão, Rio de Janeiro, IRD/CNEN (2003).
- [4] Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (2014).
- [5] Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 7.01: Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica (2020).
- [6] Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 8.01: Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (2014).
- [7] Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 5.01: Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos. (2021).
- [8] Comissão Nacional de Energia Nuclear. NN 3.05: Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear (2013).