

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

**GESTÃO DA BIOSSEGURANÇA EM SERVIÇOS DE RADIOLOGIA
VETERINÁRIA: UMA ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO VIGENTE E CONSTRUÇÃO
DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO**

Michelle Alves Medrado

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Paula Nascente

Goiânia - Goiás

2026



MICHELLE ALVES MEDRADO



**GESTÃO DA BIOSSEGURANÇA EM SERVIÇOS DE RADIOLOGIA
VETERINÁRIA: UMA ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO VIGENTE E CONSTRUÇÃO
DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária, junto ao Curso de Medicina Veterinária, da Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Paula Nascente

Goiânia - Goiás

2026

FOLHA DA ATA DE APROVAÇÃO

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 15 / 05 / 26, às 15 00 horas, o(a) estudante
Michelle Alves Medeiros,
do curso de Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Goiás,
expôs, em Sessão Pública de Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, o
trabalho intitulado Aplicação da biorregulação em serviços de radiologia
veterinária: uma análise da legislação vigente e construção de
procedimento operacional padrão
para a Banca de Avaliação composta pelos docentes,
Eduardo de Paula Nascença (Presidente),
Luísa Alves da Silva (Membro 1) e
Ana Paula Araújo Costa (Membro 2). O
trabalho da Banca de Avaliação foi conduzido pelo (a) docente Presidente que,
inicialmente, após apresentar os docentes integrantes da Comissão, concedeu 20+5
minutos ao (a) aluno (a) para que este (a) expusesse o trabalho. Após a exposição, o
(a) docente Presidente concedeu a palavra a cada membro convidado da Comissão
para que estes arguissem o (a) aluno. Após o encerramento das arguições, a Banca de
Avaliação, reunida isoladamente, avaliou o trabalho desenvolvido e o desempenho do
(a) aluno na exposição, considerada a trajetória deste (a) no desenvolvimento do TCC.
Como resultado da avaliação, a Banca de Avaliação deliberou pela:

- ☒ Aprovação;
() Aprovação, condicionado às correções recomendadas pelos membros da banca;
() Reprovação.

Aprovação condicionada às correções recomendadas pelos membros da banca:

A Banca de Avaliação conclui que o(a) aluno está APROVADO(A) condicionado às
correções de forma e/ou conteúdo recomendados. As correções deverão ser indicadas
no formulário de Avaliação Final de Trabalho de Conclusão de Curso. O(A) aluno

terá o prazo de 10 dias para os ajustes e entrega da versão final ao professor (a) orientador (a), contado a partir da data da sessão de apresentação pública do TCC.

Reprovação.

A Banca de Avaliação conclui que o trabalho apresentado não satisfaz as condições mínimas e o estudante está REPROVADO(A).

A Banca Avaliadora:

Membro Presidente da Banca Avaliadora: Paula

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Jessica Alves de Silva

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Carla Paula Araújo Costa

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio ao longo dessa jornada. Aos meus amigos, pela parceria e pelos momentos que tornaram essa caminhada mais leve. Ao meu orientador, pela orientação, dedicação e pelos ensinamentos durante a realização deste trabalho. Aos professores, agradeço por todo o conhecimento compartilhado e pela contribuição na minha formação acadêmica.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente, muito obrigada.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar os principais aspectos legais acerca da biossegurança em serviços de radiologia veterinária e elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP), bem como, um checklist passíveis de utilização na rotina de diagnóstico radiológico veterinário. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza descritiva e exploratória, realizada por meio de análise documental de legislações nacionais, especialmente da ANVISA e da CNEN, além de artigos científicos relacionados à radioproteção e biossegurança. A partir da análise e sistematização dessas fontes, foram definidos os critérios para a construção do POP e do checklist, contemplando aspectos estruturais, operacionais e de proteção radiológica. Como resultados, foram estabelecidos itens relacionados à estrutura física, organização da sala de exame, sinalização de segurança, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), procedimentos com o paciente, monitoramento da exposição, biossegurança, registros, capacitação da equipe e controle de qualidade. Observou-se que a implementação desses instrumentos contribui para a padronização das práticas, redução de riscos ocupacionais, melhoria da qualidade dos exames e fortalecimento da cultura de segurança. Conclui-se que o POP e o checklist constituem ferramentas fundamentais para garantir a segurança de profissionais, pacientes e do ambiente, além de auxiliar no cumprimento das normas de radioproteção e na identificação de não conformidades nos serviços de radiologia veterinária.

Palavras-chave: Diagnóstico radiológico; radioproteção; segurança ocupacional.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the main legal aspects concerning biosafety in veterinary radiology services and to develop a Standard Operating Procedure (SOP), as well as a checklist applicable to the veterinary radiological diagnostic routine. This is qualitative research, with a descriptive and exploratory approach, conducted through a documentary analysis of national regulations, especially from ANVISA and CNEN, in addition to scientific articles related to radioprotection and biosafety. Based on the analysis and systematization of these sources, criteria for the construction of the SOP and checklist were defined, encompassing structural, operational, and radiological protection aspects. As results, items related to physical structure, exam room organization, safety signaling, use of Personal Protective Equipment (PPE), patient procedures, exposure monitoring, biosafety, records, staff training, and quality control were established. It was observed that the implementation of these instruments contributes to the standardization of practices, reduction of occupational risks, improvement of exam quality, and strengthening of the safety culture. It is concluded that the SOP and the checklist constitute fundamental tools to ensure the safety of professionals, patients, and the environment, besides assisting in compliance with radioprotection standards and the identification of non-conformities in veterinary radiology services.

Keywords: Radiological diagnosis; radiation protection; occupational safety.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – À esquerda, o retrato de Wilhelm Conrad Röntgen, o descobridor dos raios X, em 1895 e a direita, a primeira radiografia realizada, evidenciando a estrutura óssea de uma mão humana e um anel metálico. Fonte: MuseuWEG.....3
- Figura 2 – Representação esquemática de tubo de raios X e identificação dos componentes presentes. Fonte: Costa (2019).....6
- Figura 3 – Exemplares de aparelho de raio-x fixo (A) e móvel (B). Fonte: Visão Raio X (2026) e Portal do Médico (2026).....10
- Figura 4 – Exemplares de equipamentos de proteção individual utilizados durante os procedimentos de realização do exame. Fonte: <https://www.raioxportatil.com.br/produtos/epis-de-raio-x/comprar-epi-raio-x>14
- Figura 5 – Mão de um jovem radiologista que foi exposta a radiação ionizante por longos anos, exemplificando os efeitos estocásticos. Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Mao-de-um-jovem-radiologista-Fonte-anatomie2017_fig5_339056.....17
- Figura 6 – Mão de uma vítima que teve contato com Césio-137 no acidente ocorrido em Goiânia, exemplificando uma lesão determinística. Fonte: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream>.....18

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limites de doses anuais para indivíduos expostos e público geral. Fonte: Norma CNEN NN 3.01.....	12
Quadro 2 – Aspectos comparativos e descritivos das principais diferenças entre a RDC 611/2022 da ANVISA e da CNEN NN.3.01.....	21

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACVR – *American College of Veterinary Radiology*

ALARA – *As Low As Reasonably Achievable* (Tão baixo quanto razoavelmente possível)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AAPM – *American Association of Physicists in Medicine*

BEIR – *Biological Effects of Ionizing Radiation*

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CR – Radiologia Computada (*Computed Radiology*)

CRMV – Conselho Regional de Medicina Veterinária

DR – Radiologia Digital Directa (*Digital Radiology*)

DRL – Nível de Referência Diagnóstica (*Diagnostic Reference Level*)

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ESR – *European Society of Radiology*

IAEA – *International Atomic Energy Agency* (Agência Internacional de Energia Atômica)

ICRP – *International Commission on Radiological Protection*

IOE – Indivíduo Ocupacionalmente Exposto

kVp – Quilovoltagem de pico

mAs – Miliamperagem-segundo

mSv – Milisievert (Unidade de dose equivalente/efetiva)

NCRP – *National Council on Radiation Protection and Measurements*

POP – Procedimento Operacional Padrão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SPR – Supervisor de Proteção Radiológica

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivos.....	02
1.1.1 Objetivo geral	02
1.1.2 Objetivos específicos.....	02
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	02
2.1 Histórico da radiologia e evolução	02
2.2 Radiação ionizante.....	05
2.3 Interação da radiação com a matéria.....	06
2.4 Atenuação e espalhamento.....	07
2.5 Radiologia diagnóstica na medicina veterinária.....	08
2.5.1 Diferenças entre radiologia humana e veterinária.....	08
2.5.2 Aparelhos de radiografia.....	09
2.5.3 Principais indicações clínicas.....	11
2.6 Medidas de biossegurança na radiologia	11
2.6.1 Equipamentos de proteção individual.....	13
2.6.2 Aspectos físicos e estruturais	15
2.7 Efeitos biológicos da radiação ionizante	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSSÃO.....	25
6. CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS.....	36

1. INTRODUÇÃO

A radiologia diagnóstica constitui uma ferramenta essencial na medicina veterinária moderna, sendo amplamente utilizada na avaliação de alterações musculoesqueléticas, torácicas e abdominais em diferentes espécies. Trata-se de uma técnica não invasiva que permite a obtenção de informações fundamentais para o diagnóstico e o planejamento terapêutico, contribuindo diretamente para a tomada de decisão clínica e o prognóstico dos animais (Kealy; Mcallister; Graham, 2020; Pinto, 2021). Com a evolução tecnológica e a ampliação do uso dos métodos de imagem, a radiologia consolidou-se como uma das principais ferramentas diagnósticas na prática veterinária contemporânea (O'Brien, 2020).

Entretanto, a utilização da radiação ionizante envolve riscos biológicos relevantes, uma vez que a exposição pode causar efeitos deletérios ao organismo, especialmente quando não são adotadas medidas adequadas de proteção (Vassileva; Rehani, 2019; Tauhata et al., 2014). Nesse contexto, a proteção radiológica torna-se indispensável, sendo fundamentada em princípios como a justificação, a otimização da dose e a capacitação dos profissionais (Icrp, 2007; Oliveira et al., 2020). Além disso, a expansão dos serviços radiológicos reforça a importância do cumprimento rigoroso das normas de segurança estabelecidas pelos órgãos competentes (ANVISA, 2022).

No âmbito da radiologia veterinária, esses riscos são potencializados pelas particularidades da prática, especialmente pela necessidade de contenção física dos animais durante os exames. Estudos demonstram que profissionais frequentemente se expõem à radiação ao realizar o posicionamento manual dos pacientes, o que eleva significativamente o risco ocupacional (Canato et al., 2014; Knoll et al., 2014). Dessa forma, torna-se imprescindível a adoção de medidas de biossegurança, incluindo o uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPIs), barreiras físicas, controle de acesso às áreas restritas e o monitoramento sistemático das doses de radiação (IAEA, 2014; ANVISA, 2022).

Apesar da existência de diretrizes e regulamentações, ainda são observadas não conformidades críticas nos serviços de radiologia veterinária. Pesquisas recentes evidenciam falhas sistêmicas na adesão às práticas de radioproteção, como o uso negligente de equipamentos de proteção individual, fragilidades na cultura de segurança e o desconhecimento das normas vigentes por parte dos profissionais (Elshami et al., 2020; European Commission, 2020). Além disso, inconsistências estruturais e operacionais, como

a ausência de programas de controle de qualidade, podem comprometer tanto a segurança ocupacional quanto a precisão diagnóstica dos exames realizados (NCRP, 2021).

Diante desse cenário, a problemática deste estudo está relacionada à necessidade de garantir a efetiva aplicação das medidas de biossegurança e proteção radiológica na radiologia veterinária, considerando os riscos ocupacionais e as falhas observadas na prática profissional. Assim, o presente trabalho tem como objetivo elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) voltado à biossegurança em serviços de radiologia veterinária, com base nas normas vigentes, buscando assegurar a proteção dos profissionais, dos animais e a qualidade dos exames realizados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os principais aspectos legais acerca da biossegurança em serviços de radiologia veterinária e elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP), bem como, um checklist passíveis de utilização na rotina de diagnóstico radiológico veterinário.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento e analisar as principais legislações nacionais e normas técnicas que regulamentam a proteção radiológica e a biossegurança.
- Elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) detalhado e um checklist de verificação que contemplem desde a preparação da sala e do paciente até o uso correto de EPIs e o descarte de resíduos.
- Estabelecer critérios de verificação para que o checklist e o POP possam ser utilizados como instrumentos de controle de qualidade e mitigação de riscos ocupacionais durante os exames de diagnóstico por imagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da radiologia e evolução

A descoberta dos raios X, em 1895, representou um marco revolucionário para a física e para a medicina diagnóstica, permitindo a visualização interna do corpo humano de forma não invasiva e inaugurando uma nova era no diagnóstico por imagem (Bushong, 2013). O fenômeno foi identificado pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (Figura 1) durante experimentos com tubos de raios catódicos na Universidade de Würzburg, evidenciando a existência de uma radiação desconhecida capaz de atravessar materiais opacos à luz visível (Carlton; Adler, 2013).

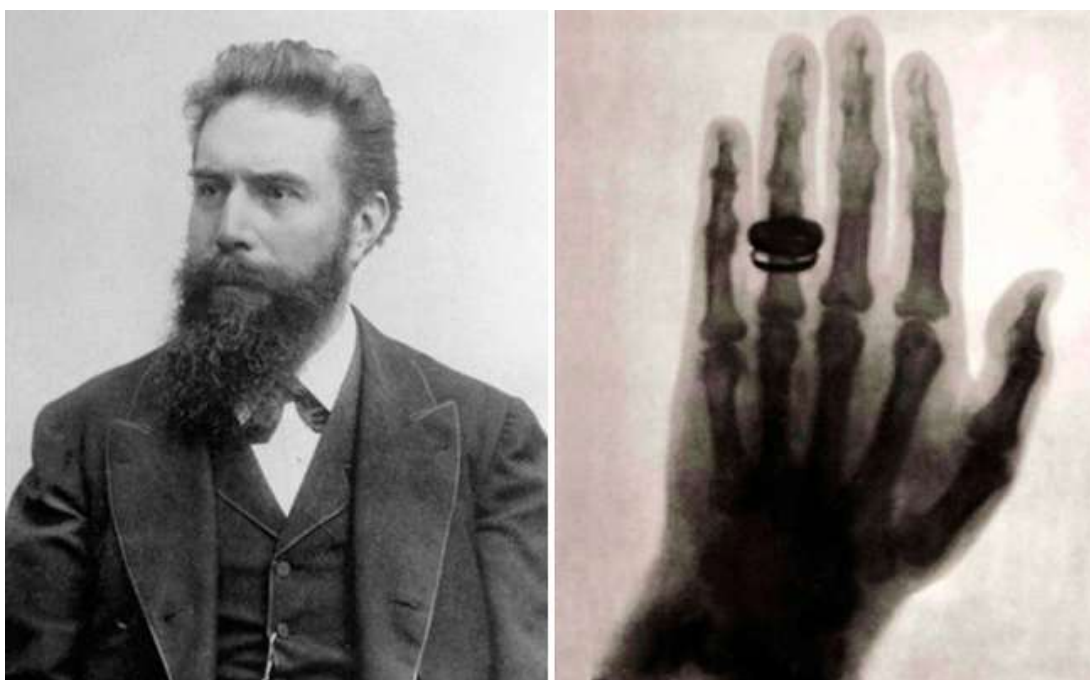


Figura 1 – À esquerda, o retrato de Wilhelm Conrad Röntgen, o descobridor dos raios X, em 1895 e a direita, a primeira radiografia realizada, evidenciando a estrutura óssea de uma mão humana e um anel metálico. Fonte: MuseuWEG.

Durante suas observações, Röntgen verificou que uma tela revestida com platinocianeto de bário apresentava fluorescência mesmo quando o tubo estava protegido por materiais opacos, indicando a presença de uma radiação eletromagnética de alta energia (Bontrager; Lampignano, 2014). Posteriormente, compreendeu-se que os raios X interagem com a matéria por diferentes mecanismos físicos, entre eles o efeito fotoelétrico, responsável por parte significativa da

absorção diferencial dos fótons e fundamental para a formação do contraste na imagem radiográfica (Hendee; Ritenour, 2002).

A primeira aplicação prática da descoberta foi a radiografia da mão de Anna Bertha Röntgen, esposa do pesquisador, na qual foi possível visualizar claramente estruturas ósseas e um anel metálico, evidenciando o potencial clínico da técnica para o diagnóstico não invasivo. Esse experimento representou um marco inicial para a consolidação da radiologia como ferramenta diagnóstica essencial na medicina e, posteriormente, na medicina veterinária (Okuno; Yoshimura, 2010).

Ainda em 1895, Röntgen publicou o artigo *Eine neue Art von Strahlen* ("Sobre uma nova categoria de raios"), no qual descreveu suas observações experimentais, marcando o início da disseminação científica dos raios X. A relevância da descoberta foi reconhecida em 1901, com a concessão do primeiro Prêmio Nobel de Física ao pesquisador, fato que contribuiu para consolidar a radiologia como um dos pilares das ciências médicas e do diagnóstico por imagem (Bushong, 2013).

Após sua descoberta, os raios X passaram a ser progressivamente incorporados à prática médica, especialmente na avaliação de fraturas, luxações, malformações e corpos estranhos radiopacos, sendo utilizado em hospitais já no final do século XIX (Bushberg et al., 2012). A introdução dessa tecnologia transformou o diagnóstico clínico, permitindo maior precisão e rapidez na identificação de patologias.

Ao longo do século XX, a tecnologia radiológica passou por avanços significativos, incluindo o desenvolvimento de tubos de raios X mais eficientes, como o tubo de Coolidge, além do aprimoramento dos sistemas de geração de alta tensão e dos receptores de imagem. Esses avanços proporcionaram maior controle dos parâmetros de exposição e melhoria da qualidade da imagem, com aumento da resolução espacial, do contraste radiográfico e da reprodutibilidade dos exames (Curry, 1990).

Paralelamente, o desenvolvimento de sistemas de registro de imagem mais sensíveis e o aperfeiçoamento dos filmes radiográficos contribuíram para a expansão da radiologia para além do sistema esquelético, permitindo a avaliação de tecidos moles e de diferentes sistemas orgânicos, como tórax e abdômen (Meomartino, 2021). Esse avanço ampliou significativamente as aplicações clínicas da radiologia diagnóstica.

A introdução de meios de contraste radiológicos representou outro avanço importante, possibilitando a visualização de estruturas de baixo contraste radiográfico natural, como o trato gastrointestinal, sistema urinário e sistema vascular. O uso dessas substâncias permitiu a

realização de estudos funcionais e anatômicos mais detalhados, ampliando as possibilidades diagnósticas (Dowsett, 2006).

Além disso, o desenvolvimento de intensificadores de imagem e sistemas de processamento digital proporcionou maior eficiência na aquisição e interpretação das imagens, reduzindo a dose de radiação necessária para obtenção de imagens de qualidade. A padronização dos protocolos técnicos também contribuiu para a reprodutibilidade dos exames e para o acompanhamento clínico ao longo do tempo (Prince; Links, 2015).

Dessa forma, a evolução da radiologia ao longo dos anos demonstra não apenas o avanço tecnológico, mas também a importância da integração entre princípios físicos, desenvolvimento científico e aplicação clínica, consolidando a radiologia como ferramenta indispensável na medicina diagnóstica moderna (Bushong, 2013; Hendee; Ritenour, 2002).

2.2 Radiação Ionizante

A radiação ionizante é caracterizada por qualquer modalidade de energia cujos fótons ou partículas possuem magnitude energética suficiente para ejetar elétrons de orbitais atômicos ou moleculares, resultando na formação de íons e na modificação da estrutura eletrônica da matéria (Attix, 1986). Essa radiação subdivide-se em eletromagnética — como os raios X e gama — e corpuscular — compreendendo as partículas alfa, beta e nêutrons. Na propedêutica radiográfica, os raios X constituem o principal agente físico empregado, uma vez que sua capacidade de atenuação diferencial pelos diversos tecidos biológicos permite a formação de imagens diagnósticas (Okuno; Yoshimura, 2010; Tauhata et al., 2013).

A produção artificial dos raios X ocorre no interior de ampolas ou tubos de raios X (Figura 2), que consistem em um invólucro de vidro ou metal sob vácuo, contendo um cátodo (polo negativo) e um ânodo (polo positivo). O cátodo é constituído por um filamento de tungstênio que, ao ser submetido a uma corrente elétrica, libera elétrons via efeito termiônico. Subsequentemente, esses elétrons são acelerados em direção ao alvo anódico sob a influência de uma elevada diferença de potencial (kVp), convertendo energia cinética em radiação eletromagnética ao interagirem com os átomos do alvo (Podgorsak, 2005; Mowery; Singh, 2022).

Ao colidirem com o alvo metálico do ânodo, os elétrons sofrem desaceleração brusca, convertendo parte de sua energia cinética em radiação eletromagnética na forma de raios X. Esse processo origina dois tipos principais de radiação: a radiação de freamento, também chamada de *Bremsstrahlung*, resultante da desaceleração dos elétrons ao se aproximarem do

núcleo dos átomos do alvo (Omar; Andreo; Poludniowski, 2020), e a radiação característica, produzida quando um elétron incidente ejeta um elétron das camadas internas do átomo do alvo, sendo substituído por outro de camada mais externa, com liberação de energia na forma de fóton de raio X. A combinação desses dois mecanismos gera o espectro de radiação utilizado nos exames radiográficos (Seeram, 2016).

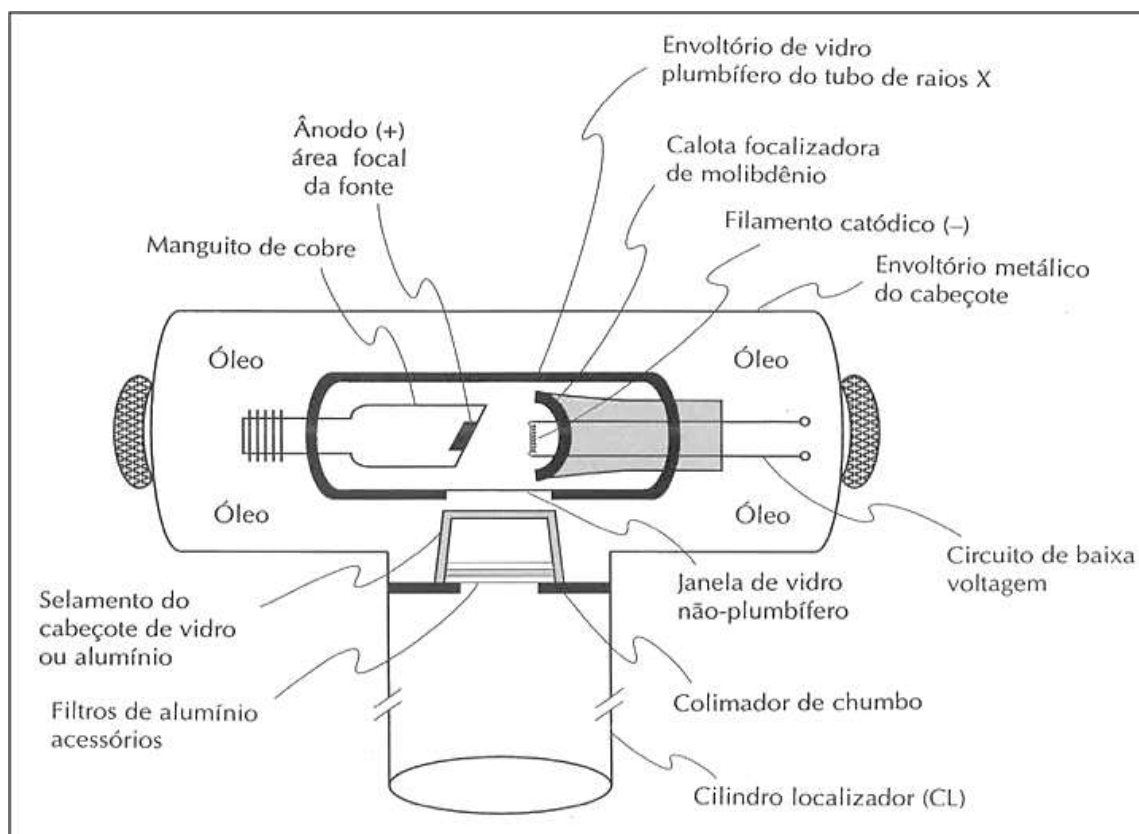


Figura 2 – Representação esquemática de tubo de raios X e identificação dos componentes presentes. Fonte: Costa (2019).

2.3 Interação da radiação com a matéria

Quando a radiação ionizante atravessa um meio material, ocorrem diferentes mecanismos de interação entre os fótons incidentes e os átomos constituintes da matéria (Johns; Cunningham, 1983). Na radiologia diagnóstica, os principais processos envolvidos são o efeito fotoelétrico e o efeito Compton, os quais desempenham papel fundamental na formação da imagem e na distribuição da dose de radiação nos tecidos (Attix, 2004; Huyhn; Huguet; Berry, 2023).

No efeito fotoelétrico, ocorre a absorção total da energia do fóton incidente por um elétron fortemente ligado, geralmente localizado nas camadas mais internas do átomo. Como consequência, esse elétron é ejetado, caracterizando o processo de ionização e promovendo

deposição local de energia no meio irradiado. A probabilidade de ocorrência desse fenômeno é maior em materiais com elevado número atômico e em feixes de menor energia, condição que favorece a absorção diferencial entre os tecidos e torna esse mecanismo fundamental para a formação do contraste radiográfico e para a diferenciação entre estruturas com distintas densidades e composições elementares (Gambini, 2010; Faulkner; Moores, 2007).

Por outro lado, o efeito Compton ocorre quando o fóton interage com um elétron fracamente ligado, geralmente localizado nas camadas mais externas do átomo. Nessa interação, há transferência parcial de energia, resultando na ejeção do elétron e na mudança de direção do fóton, que continua sua trajetória com menor energia. Esse processo é predominante em tecidos biológicos e nas faixas energéticas típicas empregadas na radiologia diagnóstica, sendo o principal responsável pela geração de radiação espalhada e pela redução do contraste da imagem radiográfica (Nguyen et al., 2011).

A radiação espalhada proveniente do efeito Compton representa um dos principais fatores de degradação da qualidade da imagem radiográfica, além de contribuir para o aumento da exposição do paciente e dos profissionais envolvidos no procedimento. Por esse motivo, sua minimização torna-se essencial na otimização dos parâmetros de aquisição das imagens, sendo considerada um dos pilares da radioproteção e da garantia da qualidade em diagnóstico por imagem (Faulkner; Moores, 2007). Em conjunto, os efeitos fotoelétricos e Compton determinam a interação dos raios X com os tecidos biológicos, influenciando diretamente a atenuação do feixe, a formação da imagem e a dose de radiação absorvida. Esses fenômenos são fundamentais para o equilíbrio entre qualidade de imagem e segurança radiológica, constituindo base essencial para a otimização e a prática da radiologia diagnóstica (Aldrich et al., 2006).

2.4 Atenuação e espalhamento

A atenuação da radiação refere-se à diminuição progressiva da intensidade do feixe de raios X à medida que este atravessa um meio material (Seibert; Boone, 2005). Esse fenômeno resulta da combinação de diferentes processos de interação entre os fótons incidentes e os átomos do material irradiado, principalmente absorção e espalhamento, os quais removem ou desviam parte dos fótons do feixe primário. A magnitude da atenuação depende de diversos fatores físicos, entre os quais se destacam a energia do feixe de radiação, a espessura do material atravessado, a densidade do tecido e o número atômico dos elementos constituintes (Hofmann; Buschmann; Homolka, 2025).

Materiais caracterizados por maior densidade e elevado número atômico, como o tecido ósseo, apresentam maior capacidade de absorção da radiação, promovendo maior atenuação do feixe de raios X e, conseqüentemente, menor quantidade de fótons atingindo o receptor de imagem (Ma et al., 2022). Em contraste, tecidos moles, constituídos predominantemente por elementos de menor número atômico e menor densidade, permitem maior transmissão da radiação. Essa diferença na capacidade de atenuação entre os diversos tecidos biológicos constitui o fundamento físico da formação do contraste radiográfico, permitindo a distinção entre estruturas anatômicas na imagem produzida (Spampinato et al., 2018; Huda; Tipnis, 2018).

2.5 Radiologia diagnóstica na medicina veterinária

2.5.1 Diferenças entre radiologia humana e veterinária

Apesar de os princípios físicos da formação da imagem radiográfica serem os mesmos na medicina humana e na medicina veterinária, existem diferenças relevantes relacionadas à aplicação do método (Meomartino et al., 2021). Na radiologia veterinária, a ampla diversidade de espécies, portes corporais e conformações anatômicas exige adaptações constantes das técnicas radiográficas, incluindo variações nos posicionamentos e nos parâmetros de exposição, além da necessidade frequente de contenção manual ou farmacológica dos pacientes (Daly et al., 2021).

Diferentemente da radiologia humana, na qual o paciente pode ser orientado a permanecer imóvel durante o exame, na prática veterinária é comum o uso de contenção física ou sedação, especialmente em animais agitados ou em condição dolorosa (Assis et al., 2017). Além disso, a interpretação das imagens requer conhecimento aprofundado de anatomia comparada, uma vez que as estruturas anatômicas variam significativamente entre espécies. Essas particularidades tornam a área mais complexa do ponto de vista técnico, exigindo formação específica e experiência profissional para a adequada realização dos exames e interpretação confiável dos achados radiográficos (Bagi; Berryman; Moalli, 2022).

Sob a perspectiva da atuação técnica profissional, essa dinâmica altera drasticamente o perfil de exposição ocupacional e as competências exigidas do operador. Enquanto na radiologia humana o profissional executa o disparo protegido atrás de uma barreira blindada (cabine) na esmagadora maioria dos exames, na rotina veterinária a necessidade de contenção física exige, frequentemente, que o profissional ou um acompanhante treinado permaneça no interior da sala de exames durante a emissão da radiação ionizante. Essa particularidade impõe

ao operador a obrigatoriedade do domínio rigoroso de técnicas de posicionamento rápido, seleção adequada de grades difusoras e colimação estrita, minimizando a radiação secundária (espalhamento) sobre si e sobre a equipe de apoio.

Ademais, as atribuições legais e a divisão do trabalho diferem substancialmente entre as duas áreas. Na medicina humana, a aquisição da imagem é realizada por técnicos ou tecnólogos em radiologia, cabendo exclusivamente ao médico radiologista a emissão do laudo. Na medicina veterinária, embora existam técnicos atuando na rotina, o próprio médico veterinário frequentemente assume o papel de executor do exame, supervisor de radioproteção e laudador. Essa centralização de funções torna a área ainda mais complexa do ponto de vista técnico e legal, exigindo uma formação específica continuada em física das radiações e rádio-higienização, além de experiência profissional prática tanto para a condução segura e blindada do exame quanto para a interpretação confiável dos achados radiográficos em um universo multiespécies (Shively, 2025).

2.5.2 Aparelhos de radiografia

Na radiologia humana e veterinária, os equipamentos de radiografia podem ser classificados em fixos ou móveis (Figura 3), distinção que influencia diretamente os requisitos de infraestrutura, as condições operacionais e as medidas de proteção radiológica adotadas (IAEA, 2018). Os sistemas fixos são instalados em salas especialmente projetadas para a realização de exames, com blindagem estrutural e estrutura física compatível com as exigências de radioproteção (IAEA, 2018; NCRP, 2019). Em geral, esses aparelhos apresentam maior potência e estabilidade operacional, permitindo melhor controle dos parâmetros técnicos de exposição e, conseqüentemente, a obtenção de imagens com maior qualidade e reprodutibilidade diagnóstica (Brink & Miller, 2016; Seeram, 2016). Tais equipamentos são amplamente utilizados em clínicas e hospitais veterinários, sobretudo no atendimento de pequenos animais, garantindo segurança e eficiência no exame radiográfico (Burk; Feeney, 2012).

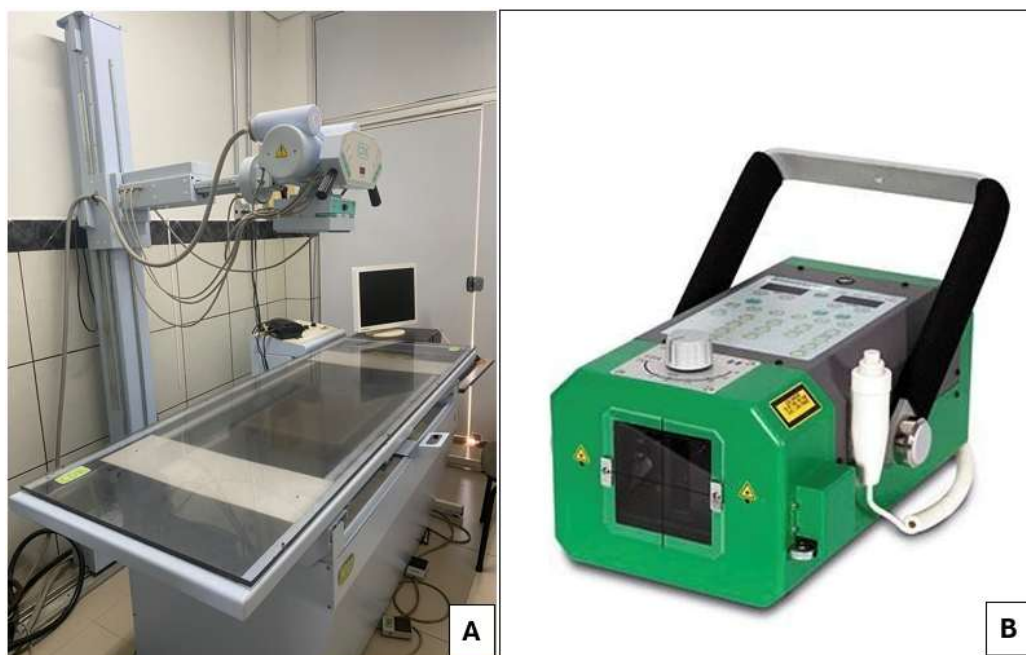


Figura 3 – Exemplares de aparelho de raio-x fixo (A) e móvel (B). Fonte: Visão Raio X (2026) e Portal do Médico (2026).

Por outro lado, os equipamentos móveis ou portáteis caracterizam-se pela versatilidade, possibilitando sua utilização em ambientes variados, como propriedades rurais, centros de manejo e atendimentos em campo, sendo especialmente relevantes na medicina de grandes animais (Smith et al., 2020). Essa portabilidade viabilizou, ainda, a consolidação dos profissionais volantes na rotina veterinária, os quais transportam o equipamento de emissão ionizante para realizar exames diagnósticos terceirizados em diferentes clínicas, hospitais ou âmbitos domiciliares. No contexto da radioproteção, a atuação desse segmento exige rigor extremo, uma vez que o profissional volante opera frequentemente em ambientes desprovidos de blindagem estrutural fixa (como salas baritadas), tornando indispensável o domínio estrito de técnicas de distanciamento, colimação e o uso rigoroso de barreiras plumbíferas portáteis para salvaguardar a si e aos terceiros presentes no recinto (Cróco et al., 2024).

Contudo, seu uso impõe desafios adicionais de segurança e de exposição ocupacional devido à maior proximidade dos profissionais durante os exames, demandando maior rigor nas medidas de proteção radiológica. Isso inclui a utilização obrigatória de equipamentos de proteção individual (EPIs) e a aplicação rigorosa do princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), visando à manutenção das doses de exposição no nível mais baixo razoavelmente possível (IAEA, 2018; NCRP, 2019). No Brasil, a utilização de ambos os sistemas é regulamentada e fiscalizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (ANVISA, 2022; CNEN, 2014).

2.5.3 Principais Indicações Clínicas

Na rotina da medicina veterinária, a radiologia diagnóstica constitui uma ferramenta amplamente empregada na avaliação do sistema musculoesquelético, bem como na investigação de afecções torácicas e abdominais, contribuindo para o diagnóstico de diversas condições clínicas (Palgrave, 2012).

A radiografia simples apresenta importante aplicação na detecção de corpos estranhos, sendo frequentemente o exame inicial em casos suspeitos, permitindo identificar sua presença, natureza e localização ao longo do trato digestivo (Thrall, 2018; Burk; Feeney, 2012). Além disso, pode ser utilizada na avaliação de distúrbios abdominais e na identificação de sinais indiretos de obstrução intestinal, embora sua sensibilidade seja inferior à da ultrassonografia (Kealy; McAllister, 2000). No contexto das afecções urinárias, a radiografia permite a detecção de cálculos radiopacos, porém apresenta limitação na identificação de cálculos radiolúcentes, sendo a tomografia computadorizada sem contraste considerada o método de escolha e padrão-ouro para confirmação diagnóstica em muitos casos (Fan et al., 2022; Tack et al., 2017).

No campo ortopédico, a radiografia desempenha papel essencial tanto no planejamento cirúrgico quanto no acompanhamento pós-operatório, permitindo avaliar o posicionamento de implantes e identificar possíveis complicações, como falhas de fixação e alterações na consolidação óssea (Lehmann et al., 2012; Saggi et al., 2022).

Dessa forma, a radiologia veterinária apresenta ampla aplicabilidade clínica, sendo utilizada em situações emergenciais e avaliações de rotina, contribuindo de maneira significativa para a tomada de decisões diagnósticas e terapêuticas. Os métodos de imagem são considerados fundamentais como complemento ao exame físico e na confirmação de suspeitas clínicas em diferentes espécies animais, desempenhando papel central no diagnóstico, prognóstico e acompanhamento na prática veterinária (Meomartino et al., 2021; Kealy; McAllister; Graham, 2011; Gebremariam, 2018).

2.6 Medidas de biossegurança na radiologia

No Brasil, a radioproteção nos serviços de radiologia diagnóstica é regulamentada por normas técnicas que estabelecem requisitos para a instalação, operação e controle de equipamentos emissores de radiação ionizante, bem como para a proteção de pacientes, trabalhadores e do público. Essas diretrizes definem limites de dose, procedimentos de controle de qualidade e a obrigatoriedade da adoção de medidas de segurança, com o objetivo de reduzir

os riscos associados à exposição à radiação ionizante nos serviços de diagnóstico por imagem (ANVISA, 2022).

As principais normativas que regem os serviços de radiologia no país são a Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 611/2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento dos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista, e a Norma CNEN NN 3.01, que dispõe sobre as diretrizes básicas de proteção radiológica. Em conjunto, essas normas definem critérios para segurança ocupacional, proteção do paciente, controle de qualidade dos equipamentos e organização dos serviços, constituindo a base regulatória da radioproteção no Brasil. No que tange especificamente à restrição das exposições normais, a referida norma da CNEN estipula grandezas e valores restritivos anuais para indivíduos ocupacionalmente expostos e para o público geral, conforme sintetizado abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 – Limites de doses anuais para indivíduos expostos e público geral. Fonte: Norma CNEN NN 3.01

Limites de Dose Anuais ^[a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
<i>Dose efetiva</i>	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
<i>Dose equivalente</i>	Cristalino	20 mSv ^[b] (Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)	15 mSv
	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	----

[a] Para fins de *controle administrativo* efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como *dose* no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de *dose efetiva* de até 5 mSv em um ano, desde que a *dose efetiva* média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Fonte: Norma CNEN NN-3.01

Além da legislação nacional, os princípios internacionais estabelecidos pela International Commission on Radiological Protection (ICRP) fundamentam as diretrizes

adotadas, especialmente no que se refere aos princípios de justificação, otimização e limitação de doses. Essas recomendações reforçam a necessidade de manter as exposições tão baixas quanto razoavelmente possível (ALARA), sem comprometer a qualidade diagnóstica dos exames, contribuindo para a padronização das práticas radiológicas em diferentes áreas da saúde (ICRP, 2007).

O cumprimento da legislação vigente é fundamental para assegurar a proteção dos profissionais, dos pacientes e dos animais submetidos a exames radiográficos. A fiscalização periódica e a atualização contínua dos protocolos operacionais constituem medidas indispensáveis para garantir a conformidade dos serviços de radiologia com os requisitos legais e técnicos estabelecidos (CNEN, 2014).

2.6.1 Equipamentos de proteção individual

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) constituem uma medida essencial de radioproteção nos serviços de diagnóstico por imagem, sendo utilizados para reduzir a exposição ocupacional à radiação ionizante, principalmente à radiação espalhada. Entre os principais EPIs empregados na radiologia destacam-se os aventais plumbíferos, que protegem o tronco e órgãos internos; os protetores de tireoide, que reduzem a dose absorvida por essa glândula altamente radiosensível; e os óculos plumbíferos, que protegem o cristalino, estrutura particularmente vulnerável aos efeitos da radiação (Cheon et al., 2018; Alkhateeb et al., 2023).

Estudos demonstram que esses equipamentos atuam como barreiras de atenuação da radiação secundária, contribuindo de forma significativa para a redução da dose ocupacional e para a segurança dos profissionais durante a execução de exames radiológicos (Alkhateeb et al., 2023; Schueler, 2010).

A utilização correta dos Equipamentos de Proteção Individual é considerada uma estratégia fundamental para a minimização dos efeitos biológicos da radiação, especialmente em situações de exposições repetidas ao longo do tempo (Podgorsak, 2005; Alkhateeb et al., 2023). Sua adoção deve estar associada à aplicação dos princípios básicos da radioproteção, como a justificação, a otimização e a limitação de doses (Cheon et al., 2018; Schueler, 2010).

Contudo, a eficácia biológica dessas barreiras depende diretamente da adesão comportamental da equipe e da integridade física dos materiais, uma vez que o armazenamento incorreto dos aventais e protetores pode ocasionar fissuras internas no chumbo, comprometendo a atenuação esperada (Jeyasugiththan et al., 2022; Khalili et al., 2021). Desse modo, o fornecimento isolado dos EPIs não garante a segurança ocupacional se não for respaldado por

segurança dos trabalhadores e a qualidade dos serviços de diagnóstico por imagem (Kim et al., 2019; Rehani et al., 2019).

Sob essa premissa, a aplicação prática do princípio ALARA torna-se indissociável da monitoração individual contínua, sendo mandatório que todo profissional exposto utilize o dosímetro pessoal durante sua jornada de trabalho. Esse dispositivo atua como o principal mecanismo de controle e registro da dose efetiva acumulada, fornecendo o respaldo quantitativo necessário para avaliar a eficácia das medidas de otimização adotadas e garantir, simultaneamente, a segurança jurídica do trabalhador e a excelência radioprotecionista dos serviços de diagnóstico por imagem (ICRP, 2018).

2.6.2 Aspectos físicos e estruturais

Os aspectos físicos e estruturais das instalações radiológicas devem ser planejados de modo a assegurar a proteção de trabalhadores, pacientes e do público em geral contra a exposição indevida à radiação ionizante. A estrutura física deve contemplar salas exclusivas para a realização dos exames, com dimensões compatíveis com os equipamentos utilizados, além de paredes, portas e visores providos de blindagem adequada, dimensionada conforme a carga de trabalho e o tipo de procedimento executado (ANVISA, 2022).

A disposição dos equipamentos e dos dispositivos de comando também integra os requisitos de infraestrutura, sendo necessária a existência de áreas de comando protegidas, preferencialmente separadas da sala de exames por barreiras físicas, o que permite a operação segura do equipamento durante a emissão do feixe de raios X. Contudo, na rotina de atendimentos em campo e nas práticas de profissionais volantes, a ausência de infraestrutura física fixa exige a reconfiguração desse conceito de proteção. Nessas circunstâncias, a área de comando protegida passa a ser delimitada de forma dinâmica e geométrica pelo operador, fundamentando-se na lei do inverso do quadrado da distância e no uso de cabos disparadores longos (com extensão mínima de 2 metros) ou acionadores digitais remotos. Dessa forma, o posicionamento do operador deve ocorrer fora da direção do feixe primário e em um raio de distanciamento seguro da fonte de radiação secundária (espalhamento), compensando a falta de barreiras estruturais por meio do manejo rigoroso do espaço e do uso mandatório de biombo plumbíferos portáteis e equipamentos de proteção individual (Cróco et al., 2024; Shively, 2025). Além disso, a sinalização de segurança e os sistemas de intertravamento das portas constituem elementos essenciais para a prevenção de exposições acidentais e para o controle de acesso às áreas controladas (CNEN, 2014).

Do mesmo modo, as condições ambientais do ambiente de trabalho devem ser consideradas no planejamento das instalações, incluindo ventilação, iluminação e organização do espaço físico, de forma a favorecer a adequada execução dos procedimentos radiológicos e a preservação dos equipamentos. Esses requisitos contribuem não apenas para a proteção radiológica, mas também para a qualidade dos exames realizados, assegurando condições operacionais compatíveis com as boas práticas em diagnóstico por imagem (ICRP, 2007).

2.7 Efeitos biológicos da radiação ionizante

A radiação ionizante pode provocar efeitos biológicos nos tecidos vivos em virtude de sua capacidade de ionizar moléculas e causar danos ao material genético celular. Esses danos podem comprometer processos como a divisão celular e os mecanismos de reparo do DNA, favorecendo o surgimento de alterações funcionais e estruturais nos tecidos expostos (Hall; Giaccia, 2012).

Os efeitos biológicos da radiação ionizante são classificados em determinísticos (ou reações teciduais) e estocásticos, sendo essa divisão baseada principalmente na relação entre a dose absorvida e a manifestação clínica das lesões (Havráňková, 2020). No que tange aos efeitos determinísticos, estes se manifestam apenas quando um determinado limiar de dose é ultrapassado, tornando a gravidade do dano diretamente proporcional à magnitude da dose recebida. Dentre as principais manifestações clínicas dessa categoria, destacam-se as reações cutâneas, a catarata, a esterilidade temporária e a depressão da medula óssea (ICRP, 2007).

Por outro lado, os efeitos estocásticos não apresentam limiar de dose conhecido. Eles estão relacionados à probabilidade de ocorrência de eventos como câncer e mutações genéticas, sendo que a severidade do efeito não depende da dose, mas a probabilidade de ocorrência aumenta com a exposição acumulada (NCRP, 1993).

No contexto ocupacional, a exposição à radiação ionizante pode aumentar o risco de alterações celulares, especialmente em tecidos radiossensíveis, como a medula óssea, a glândula tireoide e o cristalino. Esse risco depende da dose absorvida, da frequência de exposição e da sensibilidade biológica dos tecidos envolvidos (Kesavachandran; Haamann; Nienhaus, 2012).

Dessa forma, torna-se indispensável o monitoramento contínuo das doses ocupacionais por meio de dosímetros, bem como a adoção de medidas de radioproteção. Nesse sentido, o uso obrigatório do dosímetro individual de leitura mensal constitui a principal ferramenta de vigilância epidemiológica e controle de dose acumulada, permitindo aferir se as barreiras físicas

de blindagem estão sendo eficazes. Adicionalmente, esse monitoramento quantitativo deve ser respaldado pela adoção de medidas de radioproteção coletivas e individuais. Entre essas medidas, destaca-se o uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como aventais plumbíferos e protetores de tireoide, que contribuem significativamente para a redução da exposição ocupacional e mitigação dos riscos de efeitos estocásticos e determinísticos no operador (IAEA, 2014).



Figura 5 – Mão de um jovem radiologista que foi exposta a radiação ionizante por longos anos, exemplificando os efeitos estocásticos.

Fonte:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Mao-de-um-jovem-radiologista-Fonte-anatomie-2017_fig5_339056



Figura 6 – Mão de uma vítima que teve contato com Césio-137 no acidente ocorrido em Goiânia, exemplificando uma lesão determinística.
Fonte: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream>

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa, de natureza descritiva e exploratória, com o objetivo de elaborar um Procedimento Operacional Padrão (POP) voltado à biossegurança em radiologia veterinária. Nesse sentido, foi realizada uma análise documental com base em normas nacionais e internacionais. A construção do POP foi fundamentada na interpretação e sistematização de documentos técnicos e regulatórios emitidos por órgãos competentes, bem como em livros e artigos científicos que abordam os princípios físicos da radiação, os efeitos biológicos, as medidas de proteção e as boas práticas em radiologia veterinária.

Entre os principais documentos utilizados, destacam-se as diretrizes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), especialmente a RDC nº 611/2022, que substituiu normativas anteriores como a RDC nº 330/2019 e a Portaria MS nº 453/1998, estabelecendo os requisitos sanitários para serviços de radiologia diagnóstica, incluindo aspectos estruturais, controle de qualidade dos equipamentos, proteção radiológica e responsabilidades técnicas. A partir desse documento, foram extraídas orientações relacionadas à classificação das áreas (livre, supervisionada e controlada), à obrigatoriedade de sinalização de risco radiológico, ao

controle de acesso às salas de exame e à necessidade de monitoramento ocupacional e calibração periódica dos equipamentos.

Também foram utilizadas as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear, especialmente a Norma NN 3.01 de 2014, que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica e regulamenta o uso seguro da radiação ionizante no Brasil. Dessa normativa, foram extraídos os princípios fundamentais de proteção radiológica, incluindo justificção, otimização e limitação de dose, bem como diretrizes relacionadas ao controle da exposição ocupacional, ao uso de barreiras de blindagem e aos requisitos de segurança operacional em instalações radiológicas.

Complementarmente, foram incorporadas as recomendações da International Commission on Radiological Protection (ICRP), especialmente a Publicação 103, que fundamenta os princípios básicos da radioproteção adotados internacionalmente. A partir desse documento, foram considerados os conceitos de ALARA (As Low As Reasonably Achievable) e a importância da otimização contínua das práticas radiológicas.

Além disso, foram consultadas diretrizes internacionais, como as da European Commission, que abordam a segurança em radiologia e reforçam a necessidade de treinamento profissional, uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), controle de acesso às áreas controladas e boas práticas de radioproteção. Essas diretrizes contribuíram principalmente para a definição das condutas relacionadas à utilização de EPIs e à restrição da permanência de acompanhantes durante a exposição à radiação.

A partir dessas referências, foram estruturados os procedimentos operacionais do POP, contemplando etapas antes, durante e após os exames radiográficos, bem como diretrizes de biossegurança, uso de EPIs, organização estrutural do ambiente, controle de acesso, higienização e gestão de resíduos. Assim, a análise e síntese das informações foram realizadas por meio de leitura e interpretação dos conteúdos, permitindo a integração entre os aspectos teóricos e as exigências normativas. Dessa forma, foi possível elaborar um POP alinhado às normas vigentes e às melhores práticas em radioproteção, visando garantir a segurança dos profissionais, dos pacientes e do ambiente.

4. RESULTADOS

Conforme previamente descrito, dois documentos principais foram analisados: a Resolução da Diretoria Colegiada nº 611 de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(Anvisa) e as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN NN 3.01). Destaca-se que esses documentos atuam em esferas complementares, embora com focos distintos. Enquanto a RDC nº 611/2022 da ANVISA enfatiza a qualidade, segurança e organização dos serviços de diagnóstico e terapia sob a ótica da saúde pública, a CNEN NN 3.01 estabelece os princípios fundamentais de proteção radiológica aplicáveis às atividades que envolvem exposição à radiação ionizante no Brasil. Um quadro comparativo e descritivo detalhando as principais diferenças e convergências é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Aspectos comparativos e descritivos das principais diferenças entre a RDC 611/2022 da ANVISA e da CNEN NN.3.01

Crítérios	RDC 611/2022 (ANVISA)	CNEN NN 3.01
Escopo principal	Estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista.	Estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica para a exposição de seres humanos e do meio ambiente.
Foco de atuação	Saúde e Vigilância Sanitária. Garante que o exame/procedimento seja seguro e eficaz para o paciente.	Segurança Radiológica. Garante que o uso da radiação seja controlado e não cause danos imediatos ou tardios.
Abrangência	Serviços de radiodiagnóstico médico, odontológico e veterinário.	Toda instalação que utilize fontes de radiação (Indústria, Saúde, Pesquisa, Plantas Nucleares).
Responsabilidade	Foca no Responsável Legal e no Responsável Técnico (médico/dentista) pelo serviço de saúde.	Foca no Titular da instalação e no Supervisor de Proteção Radiológica (SPR).
Limites de dose	Adota os limites estabelecidos pela CNEN, mas foca em Níveis de Referência Diagnóstica (DRLs) para pacientes.	Define rigidamente os limites de dose individuais para indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) e público.
Principais pilares	Justificação, Otimização e Garantia da Qualidade.	Justificação, Otimização e Limitação de Dose.

Ambas as normas não se anulam, mas se complementam. Nesse contexto, a RDC nº 611/2022 da ANVISA atualiza e substitui a RDC 330/2019 e a Portaria MS nº 453/1998, estabelecendo requisitos sanitários para o funcionamento dos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista, com foco na segurança do paciente, na qualidade dos exames e na proteção radiológica.

Essa normativa exige a implementação de programas de garantia da qualidade e de proteção radiológica, incluindo testes de constância dos equipamentos, com o objetivo de assegurar que a dose de radiação aplicada ao paciente seja adequada e resulte em imagens com valor diagnóstico. Além disso, estabelece requisitos relacionados ao controle dos equipamentos emissores de radiação ionizante, ao uso de vestimentas de proteção e à organização dos serviços, visando garantir condições seguras de operação.

A CNEN NN 3.01 é uma norma técnica de caráter nacional e obrigatório que estabelece os princípios básicos de proteção radiológica aplicáveis às atividades que envolvem radiação ionizante no Brasil. Essa norma consolida os pilares da proteção radiológica estabelecidos pela International Commission on Radiological Protection (ICRP), fundamentados na justificação das práticas, na otimização da proteção radiológica (ALARA – As Low As Reasonably Achievable) e na limitação de doses, com o objetivo de garantir que os benefícios da exposição superem os riscos associados.

A norma também define grandezas radiológicas utilizadas na avaliação da exposição ocupacional, como dose equivalente e dose efetiva, além de estabelecer limites de dose para trabalhadores expostos, incluindo o valor médio de 20 mSv por ano em um período de cinco anos, não excedendo 50 mSv em um único ano.

O cenário regulatório da radiologia veterinária no Brasil evidencia a aplicação adaptada de normas originalmente desenvolvidas para a medicina humana. Nesse contexto, a RDC nº 611/2022 da ANVISA estabelece requisitos voltados à organização, segurança e qualidade dos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista, enquanto a CNEN NN 3.01 define os princípios de proteção radiológica aplicáveis à exposição ocupacional. A prática veterinária, entretanto, apresenta desafios operacionais específicos, como a necessidade de contenção animal e a variabilidade entre espécies, o que exige adaptações na aplicação prática dessas normas. Ambas as normativas, contudo, ainda falham ao não considerar plenamente as particularidades da prática veterinária, como a necessidade frequente de contenção física do animal e a ausência de parâmetros de dosimetria específicos para diferentes espécies.

Como alternativa para mitigar a exposição ocupacional decorrente da contenção manual, países da União Europeia e da América do Norte adotam amplamente protocolos de contenção farmacológica (sedação e anestesia) associados a dispositivos de posicionamento (calhas de espuma, sacos de areia e fitas de fixação), viabilizando a técnica conhecida como Hands-Free Radiography (radiografia sem as mãos). No cenário brasileiro, contudo, essa prática ainda não é amplamente difundida devido a fatores majoritariamente culturais e econômicos. Há uma resistência histórica por parte de tutores e dos próprios clínicos em sedar pacientes exclusivamente para fins diagnósticos, motivada pelo receio infundado de riscos anestésicos em procedimentos de rotina, além do impacto financeiro adicional que a medicação e a supervisão veterinária geram no custo final do exame. Essa barreira cultural perpetua a contenção manual como a primeira escolha na rotina nacional, gerando insegurança jurídica e desafios operacionais, uma vez que obriga o médico-veterinário a equilibrar o bem-estar animal, o viés econômico e a eficácia diagnóstica sob o custo de sua própria segurança radiológica.

Apesar de não se aplicar ao serviço de radiodiagnóstico veterinário, durante a análise da legislação vigente, destaca-se que em março de 2022 foi publicada a Norma CNEN NN 6.12, a qual dispõe dos requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia e medicina nuclear veterinária. Trata-se de um dispositivo legal de caráter técnico e normativo, estruturado para regulamentar desde o processo de licenciamento e construção das instalações até as responsabilidades específicas de profissionais como o Titular, o Responsável Técnico e o Supervisor de Proteção Radiológica. Sua natureza é essencialmente preventiva, focando na mitigação de riscos de exposição indevida à radiação ionizante tanto para os trabalhadores quanto para o público e o meio ambiente.

Embora não se aplique diretamente ao radiodiagnóstico veterinário convencional, a CNEN NN 6.12, publicada em 2022, estabelece requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia e medicina nuclear veterinária, abrangendo aspectos relacionados ao licenciamento, às responsabilidades profissionais e aos requisitos de segurança das instalações. Dessa forma, ainda que seu escopo não contemple o radiodiagnóstico, a norma contribui como referência complementar no entendimento das boas práticas de proteção radiológica aplicadas à medicina veterinária.

Nesse sentido, o Procedimento Operacional Padrão (POP) (Anexo I) e o Checklist (Anexo II) elaborados no presente trabalho contemplam aspectos relacionados à biossegurança em radiologia veterinária, abrangendo diferentes componentes do serviço. A

estrutura física e as áreas radiológicas incluem a classificação dos ambientes em áreas livres, supervisionadas e controladas, a identificação dessas áreas, a presença de sinalização de risco radiológico, a existência de barreiras físicas, o controle de acesso, superfícies resistentes à descontaminação, além de ventilação e iluminação adequadas.

Nesse contexto, os documentos analisados caracterizam a sala de exame como área controlada, com paredes e portas com blindagem ou barreiras físicas adequadas, restrição de acesso durante os exames, porta mantida fechada durante a exposição, sinalização visível de radiação ionizante, presença apenas de pessoas autorizadas e de equipamentos indispensáveis. Adicionalmente, deve ser realizada a verificação do estado de conservação dos equipamentos, ausência de danos aparentes e realização do disparo em local protegido, incluindo também a calibração conforme normas vigentes. No entanto, quando se analisa o cenário dos serviços volantes, o conceito estrutural de área controlada precisa ser redefinido para uma perspectiva estritamente operacional e temporária. Uma vez que o profissional itinerante opera em ambientes multiclinicas desprovidos de blindagem fixa nas paredes, a caracterização da área controlada passa a exigir a sinalização móvel imediata do recinto (uso de placas de advertência portáteis na porta da sala escolhida) e o bloqueio total de acesso de pessoas não autorizadas durante o procedimento. Adicionalmente, a ausência de cabines de comando blindadas obriga o serviço volante a adotar protocolos rigorosos de verificação da integridade das barreiras plumbíferas portáteis (como biombo e mantas) e a manutenção de cabos disparadores de longo alcance, garantindo que o disparo seja efetuado fora do raio de ação da radiação secundária e consolidando a segurança mesmo em ambientes arquitetonicamente não projetados.

Já a sinalização de segurança contempla a presença de sinalização luminosa vermelha durante os exames, posicionada em local visível, bem como a utilização do símbolo internacional de radiação ionizante e avisos de restrição de entrada. Associado a isso, o quadro de orientações visíveis inclui informações sobre o uso obrigatório de vestimentas plumbíferas, restrição de permanência de pessoas não autorizadas, presença de acompanhante apenas quando necessário, permanência de um paciente por vez e orientações específicas para gestantes. Complementarmente, a cabine ou área de comando corresponde a um espaço separado da sala de exame, que permite observação do paciente, comunicação com a equipe, presença de visor plumbífero ou sistema eletrônico de observação, sistema alternativo em caso de falha e posição que permita visualização da entrada da sala.

No que se refere à presença de tutor ou acompanhante, esta ocorre apenas quando indispensável, de forma voluntária, sem repetição frequente do mesmo indivíduo, com restrição

para gestantes e menores de idade e exigência do uso de EPIs e dosímetros durante a exposição. Em continuidade, os Equipamentos de Proteção Individual incluem uso obrigatório durante os exames, disponibilidade suficiente para profissionais e acompanhantes, presença de avental plumbífero, protetor de tireoide e luvas quando necessário, além de verificação da integridade, conservação e armazenamento adequado. Da mesma forma, os procedimentos com o paciente envolvem posicionamento adequado, ausência de contenção manual sem uso de EPI, colimação do feixe à área de interesse, ausência de repetição desnecessária de exames, permanência controlada do paciente na sala e registro do consentimento informado.

Em sequência, a proteção radiológica e o monitoramento incluem a aplicação do princípio ALARA, uso de dosímetros individuais, registro das doses, existência de procedimentos de emergência e calibração dos equipamentos conforme normas vigentes. Paralelamente, a biossegurança contempla o uso de EPIs para manipulação de animais e equipamentos, higienização de superfícies e materiais, descarte adequado de resíduos e procedimentos de descontaminação, além de treinamento em prevenção de zoonoses. De forma integrada, o atendimento e registro de pacientes incluem prontuário completo, registro de consentimento informado, controle do uso de contraste e anestesia e armazenamento adequado dos registros.

Por fim, a capacitação da equipe envolve treinamentos periódicos em proteção radiológica e biossegurança, capacitação técnica e registro das atividades de treinamento, enquanto a auditoria e o controle interno incluem laudos atualizados de calibração e manutenção, auditorias periódicas, planos de correção de não conformidades e planos de contingência para falhas ou acidentes.

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que o Procedimento Operacional Padrão (POP) e o checklist elaborados contemplam, de forma abrangente, os principais aspectos relacionados à biossegurança em radiologia veterinária, incluindo estrutura física, organização do ambiente, uso de equipamentos de proteção individual, procedimentos técnicos, monitoramento ocupacional e gestão da qualidade (Vano et al., 2015). Esses achados demonstram que os instrumentos desenvolvidos são compatíveis com a literatura científica, a qual descreve a radioproteção em serviços de imagem como um conjunto de medidas estruturais, operacionais e comportamentais destinadas à minimização dos riscos associados à exposição à radiação

ionizante (ICRP, 2007). Além disso, diretrizes internacionais destacam que a segurança em ambientes de radiologia depende da integração de práticas de controle ocupacional, organização do ambiente e uso adequado de equipamentos de proteção, com o objetivo de reduzir exposições e prevenir eventos adversos relacionados ao trabalho (IAEA, 2018; Schauer; Linton, 2009).

A organização da estrutura física, evidenciada pela classificação das áreas em livre, supervisionada e controlada, associada à presença de barreiras físicas, sinalização e controle de acesso, mostra-se essencial para limitar a circulação de indivíduos potencialmente expostos. Esse aspecto reforça o papel da infraestrutura como primeiro elemento de contenção do risco radiológico, estando em conformidade com recomendações nacionais e internacionais que apontam a setorização do ambiente como estratégia indispensável para a segurança ocupacional (ANVISA, 2022; International Atomic Energy Agency, 2018).

Além disso, a exigência de blindagem em paredes, portas e visores, prevista no POP, fortalece a proteção coletiva e reduz significativamente a exposição secundária à radiação ionizante (Seeram, 2016).

A presença de sinalização de segurança e mecanismos de controle de acesso, incluindo sinalização luminosa, símbolos internacionais de radiação ionizante e avisos de restrição, também representa um componente relevante da cultura de segurança. Considerando que a radiação não é perceptível pelos sentidos humanos, tais medidas assumem papel preventivo fundamental na redução de exposições acidentais, sobretudo em ambientes veterinários com circulação simultânea de profissionais, tutores e animais (European Commission, 2018).

No que se refere à organização da sala de exame e às condições dos equipamentos, os critérios estabelecidos no POP, como manutenção preventiva, verificação da integridade física e calibração periódica, possuem impacto direto na qualidade diagnóstica e na redução da dose ocupacional e do paciente. A literatura demonstra que equipamentos em condições inadequadas aumentam a necessidade de repetição de exames, elevando a exposição desnecessária à radiação (Rehani, 2017; Kaheni et al., 2018).

Dessa forma, a incorporação desses critérios no POP contribui não apenas para a conformidade técnica, mas para a otimização do processo diagnóstico.

A inclusão de cabine ou área de comando protegida, prevista nos resultados, também se mostra coerente com os princípios clássicos de proteção radiológica, especialmente o princípio da distância. Essa medida favorece a redução significativa da exposição ocupacional da equipe durante a emissão do feixe radiográfico, sendo amplamente recomendada na literatura especializada (Seeram, 2019; Frush; Applegate, 2021).

Em relação aos Equipamentos de Proteção Individual, os resultados evidenciam a obrigatoriedade do uso de aventais plumbíferos, protetores de tireoide, luvas e demais dispositivos de proteção, o que está alinhado às recomendações científicas para proteção de tecidos radiosensíveis e prevenção de efeitos biológicos decorrentes da exposição cumulativa (ICRP, 2018; Cousins et al., 2020). Entretanto, mais do que a simples disponibilidade desses dispositivos, sua efetividade depende da inspeção periódica, armazenamento correto e substituição em casos de danos estruturais, aspecto adequadamente contemplado no POP (Chandra et al., 2019).

Um dos pontos de maior relevância do presente estudo refere-se à contenção física dos animais, particularidade inerente à prática veterinária e frequentemente negligenciada em regulamentações adaptadas da medicina humana. Os resultados demonstram preocupação em restringir a contenção manual e exigir uso rigoroso de EPIs quando essa prática for inevitável. Esse achado possui grande relevância prática, uma vez que a contenção manual é reconhecida como importante fator de risco ocupacional em radiologia veterinária, especialmente em serviços com baixa disponibilidade de dispositivos mecânicos de imobilização (Martinez; Van Bladel, 2020; Meirelles et al., 2014; Meomartino et al., 2021). Assim, o POP elaborado responde diretamente a uma fragilidade operacional específica do setor veterinário.

No âmbito dos procedimentos técnicos, os critérios relacionados ao posicionamento adequado do paciente, colimação do feixe radiográfico e prevenção de repetições desnecessárias demonstram alinhamento com os princípios de otimização da dose e melhoria da qualidade da imagem (Backhaus et al., 2021). A inclusão do monitoramento da exposição ocupacional por meio de dosímetros individuais também representa importante ferramenta de vigilância, permitindo identificar tendências de exposição e subsidiar ações corretivas baseadas em evidências (International Atomic Energy Agency, 2018).

Quanto aos aspectos de biossegurança, a inclusão de práticas de higienização de superfícies, descarte adequado de resíduos e prevenção de zoonoses amplia o alcance do POP para além da radioproteção, incorporando riscos biológicos próprios do ambiente veterinário. Essa integração entre biossegurança biológica e radiológica representa um diferencial importante do instrumento elaborado, especialmente em clínicas e hospitais veterinários que realizam procedimentos em animais potencialmente portadores de agentes infecciosos (Willemssen et al., 2019; Traverse; Aceto, 2015). Além disso, a inclusão de registros de atendimento, consentimento informado e documentação dos procedimentos mostra-se

extremamente necessária para garantir rastreabilidade, controle interno e respaldo ético-profissional.

A capacitação contínua da equipe, prevista por meio de treinamentos periódicos em proteção radiológica e biossegurança, demonstra preocupação com a consolidação de uma cultura de segurança no serviço. A literatura aponta que a ausência de treinamento está diretamente associada ao aumento de erros operacionais, falhas no uso de EPIs e exposições desnecessárias à radiação (Freitas et al., 2021; International Atomic Energy Agency, 2021). Dessa forma, a educação permanente deve ser compreendida como eixo estruturante para a efetividade do POP.

Apesar da abrangência do instrumento proposto, a literatura demonstra que ainda persistem não conformidades frequentes em serviços de radiologia veterinária, refletindo fragilidades estruturais, operacionais e culturais (International Commission on Radiological Protection, 2022). Entre as principais, destacam-se baixa adesão ao uso de EPIs, falhas no controle de acesso, inadequações estruturais e deficiência no monitoramento da exposição (American College of Veterinary Radiology, 2025; Hayton et al., 2015). Esse panorama de vulnerabilidade torna-se significativamente mais agudo na rotina dos serviços volantes. A itinerância constante e a pressão por produtividade frequentemente resultam em negligência no isolamento temporário dos recintos e na pressa para a execução dos exames, o que eleva a ocorrência de não conformidades operacionais. Ademais, o transporte diário e inadequado das barreiras protetoras portáteis e dos EPIs plumbíferos acelera o desgaste físico e a formação de fissuras internas nas mantas de chumbo. Essa falta de fiscalização e de um controle rigoroso na manutenção dos equipamentos móveis perpetua uma cultura de subnotificação de riscos e de exposição desnecessária tanto para o veterinário volante quanto para as equipes das clínicas receptoras (Rehani et al., 2023). Nesse cenário, o checklist desenvolvido no presente estudo assume papel estratégico como ferramenta de auditoria interna, favorecendo a identificação sistemática dessas inconformidades.

Outro aspecto crítico refere-se à lacuna regulatória específica do radiodiagnóstico veterinário no Brasil. A ausência de normas próprias para essa modalidade obriga os serviços a adaptarem regulamentações originalmente concebidas para a medicina humana, o que pode gerar exigências desproporcionais ou insuficientes diante das particularidades do manejo animal (Martinez et al., 2022). Nesse contexto, o POP e o checklist elaborados mostram-se particularmente relevantes, pois oferecem um instrumento técnico padronizado capaz de orientar a prática profissional frente a essa insegurança normativa. Dessa forma, a integração

entre os resultados obtidos e a literatura científica evidencia que o POP elaborado atende às principais recomendações de biossegurança e radioproteção aplicáveis à radiologia veterinária, contribuindo para a redução dos riscos ocupacionais, melhoria da qualidade diagnóstica, fortalecimento da cultura de segurança e padronização dos processos assistenciais (Pentreath et al., 2020).

6. CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho evidencia que a biossegurança em radiologia veterinária é um elemento indispensável para garantir a segurança de profissionais, pacientes e do ambiente, além de assegurar a qualidade dos serviços de diagnóstico por imagem. Verificou-se que a correta organização das instalações, com adequada classificação das áreas, blindagem estrutural, sinalização e controle de acesso, aliada ao uso rigoroso de Equipamentos de Proteção Individual e à aplicação dos princípios da radioproteção, especialmente o ALARA, são fundamentais para a minimização dos riscos associados à radiação ionizante. Ademais, a identificação de falhas recorrentes na prática, como o uso inadequado de EPIs, a contenção manual sem proteção e a ausência de monitoramento efetivo das doses, reforça a necessidade de capacitação contínua e fortalecimento da cultura de segurança. Nesse cenário, o Procedimento Operacional Padrão (POP) e o checklist desenvolvidos neste estudo apresentam-se como ferramentas práticas e viáveis para mitigar tais falhas, oferecendo um roteiro técnico que preenche a lacuna existente entre a legislação vigente e a rotina clínica veterinária. Dessa forma, conclui-se que a integração entre conhecimento técnico, estrutura adequada, conformidade normativa e compromisso profissional é essencial para consolidar práticas seguras e responsáveis na radiologia veterinária, contribuindo significativamente para a excelência na medicina veterinária diagnóstica e para a proteção de todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). RDC nº 611, de 9 de março de 2022. Estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista. Brasília, DF: ANVISA, 2022.

ALDRICH, J. L.; SMITH, C. M.; WILLIAMS, T. Optimization of dose and image quality for computed radiography and digital radiography. *Radiation Protection Dosimetry*, Oxford, v. 19, p. 126–131, 2006. DOI: 10.1093/rpd/nc1190.

ALKHATEEB, S. M. et al. Effectiveness of protective thyroid shield in chest X-ray imaging. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 209, p. 110965, 2023.

AMERICAN COLLEGE OF VETERINARY RADIOLOGY (ACVR). ACVR's radiation safety statement. 2025. Disponível em: <https://acvr.org>. Acesso em: 16 abr. 2026.

ASSIS, Diego Alexandre Garcia et al. A importância da prática radiológica na medicina veterinária. *Revista Terra e Cultura*, v. 33, p. 8, 2017.

ATTIX, Frank Herbert. *Introduction to radiological physics and radiation dosimetry*. New York: Wiley, 1986.

BACKHAUS, M. et al. Collimation and exposure parameter influence image quality and potential radiation dose to the eye lens of personnel in computed radiography of the canine pelvis. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 684064, 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.684064.

BAGI, C. M.; BERRYMAN, E.; MOALLI, M. R. Comparative bone anatomy of commonly used laboratory animals: implications for drug discovery. *Bone*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2022.115425>.

BONTRAGER, Kenneth L.; LAMPIGNANO, John P. *Textbook of radiographic positioning and related anatomy*. 7. ed. St. Louis: Elsevier, 2014.

BRINK, J. A.; MILLER, D. L. Evolution of radiation protection in biomedical imaging. *Radiology*, v. 277, n. 3, 2015. BURK, R. L.; FEENEY, D. A. *Small animal radiology and ultrasonography*. 3. ed. [S.l.]: Saunders Elsevier, 2012.

BUSHBERG, Jerrold T. et al. *The essential physics of medical imaging*. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

BUSHONG, Stewart C. *Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection*. 10. ed. St. Louis: Elsevier, 2013.

CANATO, G. R. et al. Occupational exposure assessment in procedures of portable digital veterinary radiology for small size animals. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 95, p. 284–287, 2014.

CANATO, P. M. et al. Avaliação da radiação espalhada em exames radiográficos veterinários. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 8, n. 1, p. 23-26, 2014.

CARLTON, Richard R.; ADLER, Arlene M. *Principles of radiographic imaging: an art and a science*. 6. ed. Clifton Park: Delmar Cengage Learning, 2013.

CHANDRA, Vinay et al. Radiation protection and standardization. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, v. 10, n. 4, p. 738-743, 2019.

CHEON, B. K. et al. Radiation safety: a focus on lead aprons and thyroid shields in interventional pain management. *Korean Journal of Pain*, v. 31, n. 4, p. 244–252, 2018.

COUSINS, Claire et al. Radiation protection in fluoroscopy-guided procedures performed outside the imaging department. *Insights into Imaging*, v. 11, n. 1, 2020.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014.

CRÓCO, C. N. et al. Radiologia veterinária volante: desafios na implementação de normas de radioproteção em ambientes não projetados. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 31, n. 1, p. 45-52, 2024.

CURRY, Thomas S.; DOWDEY, James E.; MURRY, Robert C. Christensen's physics of diagnostic radiology. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1990.

DALY, S. et al. A nationwide survey of radiographic exposure factor selection practices in small animal veterinary clinics across Ireland. *Radiation Protection Dosimetry*, 2026.

DOWSETT, Alexander; KENNY, Paul A.; JOHNSTON, R. Eugene. The physics of diagnostic imaging. 2. ed. London: Hodder Arnold, 2006.

ELSHAMI, Wiam; ABUZAID, Mohamed; RAJAB, Omar. A snapshot of occupational radiation dose in veterinary radiology. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 169, p. 108581, 2020. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2019.108581.

ELSHAMI, W. *et al.* Assessing the radiation safety culture among radiographers. *Radiography*, v. 26, n. 4, p. e255-e260, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. Radiation Protection No. 193: European Guidance on the use of radiation protection systems for veterinary practice. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

FAN, J. et al. The role of radiological imaging in the diagnosis and treatment of urolithiasis. *Radiology Research and Practice*, 2022.

FAULKNER, K.; MOORES, B. The physics of diagnostic imaging. 2. ed. New York: Springer, 2007.

FREITAS, Fernando P. et al. A 7-min video training intervention improves worker short-term radiation safety behavior during small animal diagnostic radiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v. 62, n. 1, p. 27-36, 2021. DOI: 10.1111/vru.12927.

FRUSH, Donald P.; APPELEGATE, Kimberly. Radiation safety principles in medical imaging. In: STATPEARLS. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2021.

GAMBINI, D.-J. Bases physiques du radiodiagnostic. *Annales de Radiologie*, v. 53, n. 10, p. 649-655, 2010.

GEBREMARIAM, S. B. Basics of veterinary diagnostic imaging. 1. ed. [S.l.]: Independently Published, 2018.

HALL, E. J.; GIACCIA, A. J. Radiobiology for the Radiologist: mechanisms of DNA damage and cellular response to ionizing radiation. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

HAVRÁNKOVÁ, Renata. Biological effects of ionizing radiation. Časopis lékařů českých, v. 159, n. 7-8, p. 258-260, 2020.

HAYTON, A. et al. Radiation safety considerations and compliance within equine veterinary clinics: results of an Australian survey. Radiography, v. 21, n. 3, p. 224-230, 2015.

HENDEE, William R.; RITENOUR, E. Russell. Medical imaging physics. 4. ed. New York: Wiley-Liss, 2002.

HOFMANN, T.; BUSCHMANN, M.; HOMOLKA, P. X-ray attenuation properties of additive manufacturing and 3D printing materials [...] measured by CT from 70 to 140 kV: 2025 update. Physics in Medicine & Biology, v. 70, n. 7, 2025.

HUDA, Walter; TIPNIS, Sameer. Review of radiologic physics. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2018.

HUYNH, E.; HUGUET, E. E.; BERRY, C. R. Physics of diagnostic imaging. In: BERRY, C. R. et al. (Eds.). Veterinary diagnostic imaging: principles and practice. 1. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2023.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Occupational radiation protection. Vienna: IAEA, 2018. (IAEA Safety Standards Series No. GSG-7).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation. Vienna: IAEA, 2018.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation protection and safety in veterinary medicine. Vienna: IAEA, 2021. (Safety Reports Series No. 104).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation protection of patients (RPoP). Vienna: IAEA, 2018.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Radiological protection in cardiology. Ottawa: ICRP, 2018. (ICRP Publication 139).

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). The 2007 Recommendations of the ICRP. Oxford: Pergamon Press, 2007. (ICRP Publication 103).

JEYASUGITHTHAN, J. et al. Evaluation of thyroid radiation dose during abdominal computed tomography procedures and dose reduction effectiveness of thyroid shielding. Radiography, v. 28, n. 3, p. 704–710, 2022. DOI: 10.1016/j.radi.2021.09.005.

JOHNS, Harold Elford; CUNNINGHAM, John Robert. The physics of radiology. 4. ed. Springfield: Charles C. Thomas, 1983.

KAHANI, H. et al. Assessment of image quality and radiation dose in some models of digital radiography systems: a phantom study. *Radioprotection*, v. 53, n. 2, p. 139-144, 2018. DOI: 10.1051/radiopro/2018012.

KEALY, J. K.; McALLISTER, H.; GRAHAM, J. P. *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2011.

KESAVACHANDRAN, C. N.; HAAMANN, F.; NIENHAUS, A. Radiation exposure of eyes, thyroid gland and hands in orthopaedic staff: a systematic review. *European Journal of Medical Research*, v. 17, n. 1, p. 28, 2012.

KHALILI, N. et al. Evaluation of annual staff doses and radiation shielding efficiencies of thyroid shield and lead apron. *Journal of Medical Signals and Sensors*, v. 12, n. 1, p. 90–94, 2021.

KIM, C. et al. Radiation safety in diagnostic radiology: application of the ALARA principle in clinical practice. *Journal of Radiological Protection*, v. 39, n. 3, 2019.

KNOLL, A. et al. Radiation exposure and protection in veterinary medicine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v. 55, n. 3, p. 233-242, 2014.

LEHMANN, C. L. et al. Do fluoroscopy and postoperative radiographs correlate for periacetabular osteotomy corrections? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 470, n. 12, p. 3508–3514, 2012.

LEHNERT, Thomas et al. Novel, portable, cassette-sized, and wireless flat-panel digital radiography system. *AJR. American Journal of Roentgenology*, v. 196, n. 6, p. 1453–1460, 2011.

MA, X. et al. X-ray attenuation of bone, soft and adipose tissue in CT from 70 to 140 kV and comparison with 3D printable materials. *Scientific Reports*, v. 12, p. 14580, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-18672-5.

MARTINEZ, N. E.; VAN BLADEL, L. Radiation protection challenges in applications of ionising radiation on animals in veterinary practice. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 49, n. 1_suppl, 2020. DOI: 10.1177/0146645320931973.

MARTINEZ, N.; VAN BLADEL, L.; SØVIK, Å. et al. Radiological protection in veterinary practice. *Annals of the ICRP*, v. 51, n. 4, 2022. DOI: 10.1177/01466453221142702.

MAYER, M. N. et al. Use of personal protective equipment in a radiology room at a veterinary teaching hospital. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v. 59, n. 2, p. 137–146, 2018.

MEOMARTINO, L. et al. Imaging techniques in veterinary medicine. Part I: radiography and ultrasonography. *European Journal of Radiology Open*, v. 8, p. 100382, 2021. DOI: 10.1016/j.ejro.2021.100382.

MEOMARTINO, L. et al. Radiology and advanced imaging in veterinary medicine. In: *Veterinary diagnostic imaging*. [s.l.]: [editora], 2021.

MOWERY, Myles L.; SINGH, Vikramjeet. X-ray production technical evaluation. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). Limitation of exposure to ionizing radiation. Bethesda: NCRP, 1993. (NCRP Report, n. 116).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). Radiation protection in veterinary medicine. Bethesda: NCRP, 2019.

NGUYEN, M. K. et al. Scattered radiation emission imaging: principles and applications. The Scientific World Journal, v. 2011, p. 1–12, 2011.

O'BRIEN, R. *Notes on Small Animal Radio-Diagnosis*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2020.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OMAR, A.; ANDREO, P.; POLUDNIOWSKI, G. A model for the energy and angular distribution of x rays emitted from an x-ray tube. Part I. Bremsstrahlung production. Medical Physics, v. 47, n. 10, p. 4763–4774, 2020.

PALGRAVE, K. Radiography in veterinary practice – a review and update. In Practice, v. 34, n. 1, p. 10–17, 2012.

PENTREATH, R. J. et al. Radiological protection of the patient in veterinary medicine and the role of ICRP. Annals of the ICRP, v. 49, n. 1_suppl, p. 169-181, 2020. DOI: 10.1177/0146645320946619.

PINTO, A. C. B. F. *Diagnóstico por Imagem em Medicina Veterinária*. 2. ed. São Paulo: MedVet, 2021.

PODGORSK, Ervin B. Radiation physics for medical physicists. New York: Springer, 2005.

PORTAL DO MÉDICO. Aparelho de raio-x móvel. [S. l.], 2026. Disponível em: <http://www.portal.com.br/link-da-imagem>. Acesso em: 16 abr. 2026.

PRINCE, Jerry L.; LINKS, Jonathan M. Medical imaging signals and systems. 2. ed. Boston: Pearson, 2015.

REHANI, Madan M. Patient radiation exposure and dose tracking: a perspective. Journal of Medical Imaging, v. 4, n. 3, p. 031206, 2017. DOI: 10.1117/1.JMI.4.3.031206.

REHANI, Madan M. et al. Radiation protection of patients and staff in interventional radiology. Radiographics, v. 39, n. 2, 2019.

SAGGI, S. S. et al. Optimisation of postoperative X-ray acquisition for orthopaedic patients. BMJ Open Quality, v. 11, n. 1, e001216, 2022.

SANTANA, A. et al. Imaging diagnosis of canine hip dysplasia with and without human exposure to ionizing radiation. *The Veterinary Journal*, v. 274, p. 105745, 2021. DOI: 10.1016/j.tvjl.2021.105745.

SCHAUER, D. A.; LINTON, O. W. NCRP report no. 160, ionizing radiation exposure of the population of the United States. *Health Physics*, v. 97, n. 1, p. 1-5, 2009.

SCHUELER, B. A. Operator shielding: how and why. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, v. 13, n. 3, p. 167–171, 2010.

SCHUELER, B. A. Radiation protection and fluoroscopic imaging. *Radiographics*, v. 30, n. 1, p. 21–34, 2010.

SEERAM, Euclid. *Computed tomography: physical principles, clinical applications and quality control*. 4. ed. St. Louis: Elsevier, 2016.

SEERAM, E. et al. *Digital radiography: physical principles and quality control*. 2. ed. Singapore: Springer, 2019.

SEIBERT, J. A.; BOONE, J. M. *Radiologic science for technologists*. 7. ed. St. Louis: Mosby, 2005.

SHIVELY, J. Hands-free radiography in veterinary medicine: minimizing radiation exposure and improving diagnostic quality. *Today's Veterinary Nurse*, v. 10, n. 3, p. 142-151, 2025.

SMITH, J. E. et al. Radiation exposure and safety considerations in portable veterinary radiography: a review of field practices. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v. 61, n. 4, p. 1–10, 2020.

SMITH, R. et al. Portable radiographic equipment in veterinary medicine: versatility, limitations, and field applications. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 257, n. 6, p. 612-621, 2020.

SPAMPINATO, M. V. et al. Radiation dose and image quality in pediatric head CT. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 182, n. 3, p. 310–316, 2018. DOI: 10.1093/rpd/ncy155.

TACK, D. et al. Imaging of urinary tract calculi: an overview of current techniques. *Insights into Imaging*, v. 8, n. 4, p. 1–12, 2017.

TAUHATA, L. et al. *Radioproteção e dosimetria: fundamentos*. 5. ed. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2013.

THAKUR, Y. et al. Radiation protection of staff in diagnostic radiology: effectiveness of protective devices. *Journal of Radiological Protection*, 2020.

TRAVERSE, Michelle; ACETO, Helen. Environmental cleaning and disinfection. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 45, n. 2, p. 299-330, 2015. DOI: 10.1016/j.cvsm.2014.11.011.

THRALL, Donald E. Textbook of veterinary diagnostic radiology. 7. ed. St. Louis: Elsevier, 2018.

VANO, E. Occupational radiation protection of health workers in imaging. Radiation Protection Dosimetry, v. 164, n. 1-2, p. 126-129, 2015. DOI: 10.1093/rpd/ncu354.

VANO, E.; MILLER, D. L.; MARTIN, C. J. Radiation protection in interventional radiology: basic principles and practical guidance. British Journal of Radiology, 2018.

VASSILEVA, J.; REHANI, M. Patient radiation protection in diagnostic radiology. Physica Medica, v. 64, p. 1-4, 2019.

VISÃO RAIO X. Aparelho de raio-x fixo. [S. l.], 2026. Disponível em: <http://www.site.com.br/link-da-imagem>. Acesso em: 16 abr. 2026.

WILLEMSSEN, Angela et al. Infection control practices employed within small animal veterinary practices: a systematic review. Zoonoses and Public Health, v. 66, n. 5, p. 439-457, 2019. DOI: 10.1111/zph.12589.

YITBAREK, Dagmawi; DAGNAW, Gashaw Getaneh. Application of advanced imaging modalities in veterinary medicine: a review. Veterinary Medicine: Research and Reports, v. 13, p. 117–130, 2022.

ANEXO I – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

	Procedimento Operacional Padrão Biossegurança Aplicada aos Serviços de Radiologia Veterinária
Objetivo:	Padronizar os procedimentos de biossegurança e radioproteção em serviços de radiologia veterinária, visando minimizar a exposição à radiação ionizante e garantir a segurança dos profissionais, pacientes, acompanhantes e do ambiente.
Aplicação:	Este procedimento aplica-se a clínicas e hospitais veterinários que realizam exames radiográficos, abrangendo todos os profissionais envolvidos no processo.
Responsáveis:	• Médico Veterinário Responsável Técnico • Médico Veterinário Radiologista • Técnico em Radiologia • Auxiliares e demais colaboradores envolvidos
Definições:	• ALARA: Princípio que estabelece que a exposição à radiação deve ser mantida tão baixa quanto razoavelmente possível. • Área controlada: Local com maior risco de exposição à radiação, com acesso restrito. • Área supervisionada: Local com monitoramento de radiação, porém com menor risco. • Blindagem: Estrutura que reduz a propagação da radiação ionizante. • Colimação: Limitação do feixe de radiação à área de interesse. • Dosímetro: Dispositivo que mede a dose de radiação recebida. • EPI: Equipamentos utilizados para proteção individual contra radiação (ex: avental plumbífero). • Exposição ocupacional: Radiação recebida pelo profissional durante o trabalho. • Radioproteção: Medidas adotadas para reduzir a exposição à radiação. • Radiação ionizante: Radiação capaz de causar ionização e efeitos biológicos.
Procedimentos Operacionais:	Antes do Exame: • Verificar as condições estruturais da sala radiológica (blindagem, sinalização e controle de acesso). • Confirmar o funcionamento do equipamento e ausência de danos aparentes. • Garantir disponibilidade e integridade dos EPIs (aventais, protetores de tireoide, luvas, óculos). • Conferir a identificação do paciente e a solicitação do exame. • Orientar o tutor quanto ao procedimento e obter consentimento quando necessário. • Restringir o acesso à sala apenas a pessoas autorizadas. Durante o Exame: • Posicionar corretamente o paciente, evitando repetições desnecessárias. • Utilizar EPIs obrigatoriamente por todos os presentes na sala. • Evitar contenção manual sempre que possível; quando necessária, utilizar proteção adequada. • Garantir que a porta da sala permaneça fechada durante a exposição. • Realizar o disparo do equipamento a partir de local protegido ou distância segura (Mínimo de 2m para aparelhos móveis, caso não haja biombo plumbífero). • Utilizar colimação adequada, restringindo o feixe à área de interesse. • Permitir a permanência de acompanhantes apenas quando indispensável, com uso de EPI. Após o Exame: • Desligar e verificar o equipamento. • Realizar higienização de superfícies e acessórios utilizados. • Registrar o exame no prontuário do paciente. • Armazenar corretamente as imagens e dados do exame. • Destinar rejeitos químicos (revelador/fixador) e físicos (chumbo) conforme o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) da unidade.
Medidas de Radioproteção e Biossegurança:	• Aplicação do princípio ALARA. • Uso obrigatório de EPIs durante a exposição. • Monitoramento individual de dose (dosímetros). • Manutenção e calibração periódica dos equipamentos conforme normas da CNEN. • Treinamento contínuo da equipe em radioproteção e biossegurança. • Prevenção de zoonoses durante a manipulação dos pacientes.
Estrutura Física e Segurança:	• Classificação das áreas em livre, supervisionada e controlada. • Sinalização adequada de risco radiológico. • Presença de barreiras físicas e controle de acesso. • Sala de exame com blindagem adequada. • Cabine ou área de comando protegida e com visibilidade do paciente. • Sinalização luminosa durante a emissão de radiação.
Monitoramento e Controle:	• Realização de auditorias internas periódicas. • Registro de doses ocupacionais. • Controle de qualidade dos equipamentos. • Plano de contingência para falhas e acidentes radiológicos.
Referências:	Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 611 de 09 de Março de 2022. Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014.
Elaborado por: Michelle Alves Medrado	Data de emissão: Abril/2026. Data de revisão sugerida: A cada 2 anos.

ANEXO II – CHECKLIST DE CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES DURANTE A ANÁLISE DOS ASPECTOS ASSOCIADOS A BIOSSEGURANÇA E SALAS DE RADIOLOGIA VETERINÁRIA (PARTE I)



**PUC
GOIÁS**

Check List de Conformidade Legal em Serviços de Radiologia Veterinária

C = Conforme

N = Não Conforme

NA = Não Aplicável

	Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)	C	NC	NA
1	O uso de EPI é obrigatório durante os exames.			
2	Há quantidade suficiente de EPI para os profissionais.			
3	Há quantidade suficiente de EPI para acompanhantes, quando aplicável.			
	Na sala ou área de apoio há:			
4	Avental plumbífero.			
5	Protetor de tireoide plumbífero.			
6	Luvas plumbíferas (quando há risco de exposição das mãos).			
7	EPIs em bom estado aparente, sem rachaduras ou fissuras.			
8	EPIs armazenados corretamente: pendurados, sem dobras.			
9	EPIs suficientes para a equipe presente.			
	Procedimentos com o paciente			
1	O paciente é posicionado corretamente			
2	Não há contenção manual sem uso de EPI.			
3	O feixe de radiação é colimado apenas à área de interesse			
4	Não há repetição desnecessária do exame por erro técnico visível.			
5	O paciente não permanece sozinho na sala sem necessidade.			
	Proteção radiológica e monitoramento			
1	Aplicação do Princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable).			
2	Monitoramento individual de dose para profissionais (dosímetros).			
3	Registro de doses administradas aos animais.			
4	Procedimentos documentados de emergência radiológica.			
5	Equipamentos calibrados e mantidos dentro dos limites CNEN.			
	Biossegurança			
1	Uso de EPIs adequados para manipulação de animais e equipamentos (luvas, aventais, máscaras, óculos).			
2	Higienização de superfícies, equipamentos e suportes após cada exame.			
3	Destinação correta de resíduos biológicos e perfurocortantes.			
4	Procedimentos de descontaminação documentados.			
5	Treinamento da equipe em prevenção de zoonoses.			
	Atendimento e registro de pacientes			
1	Prontuário completo com dados do animal, tutor e exame realizado.			
2	Consentimento informado do tutor, incluindo riscos da radiação e anestesia.			
3	Registro do uso de contraste ou anestesia, com datas, doses e lótes.			
4	Armazenamento seguro e conforme legislação de exames e relatórios.			
	Treinamento e capacitação da equipe			
1	Treinamento periódico em proteção radiológica e biossegurança.			
2	Capacitação em contenção de animais e procedimentos anestésicos.			
3	Registro formal de cursos, reciclagens e treinamentos da equipe.			
	Auditoria e controle interno			
1	Laudos de calibração e manutenção disponíveis e atualizados.			
2	Auditorias internas periódicas para identificação de não conformidades.			
3	Plano documentado de correção de irregularidades.			
4	Plano de contingência para falha de equipamentos ou acidentes radiológicos.			

(PARTE II)



Check List de Conformidade Legal em Serviços de Radiologia Veterinária

C = Conforme

N = Não Conforme

NA = Não Aplicável

Estrutura Física e Áreas Radiológicas		C	NC	NA
1	O serviço possui áreas classificadas quanto à proteção radiológica (livre, supervisionada ou controlada).			
2	As áreas supervisionadas e/ou controladas estão claramente identificadas.			
3	As áreas possuem sinalização de risco radiológico.			
4	Existem barreiras físicas aparentes entre áreas.			
5	Há controle físico de acesso às áreas supervisionadas/controladas.			
6	Piso, paredes e teto resistentes à descontaminação.			
7	Área de circulação restrita a pessoal autorizado.			
8	Ventilação adequada e iluminação suficiente.			
Sala de Exame				
1	A sala é identificada como área controlada.			
2	As paredes e a porta possuem blindagem ou barreira física adequada.			
3	Existe restrição de acesso durante a realização dos exames.			
4	A porta permanece fechada durante o exame.			
5	Há sinalização de radiação ionizante visível.			
6	O acesso é restrito a profissionais, paciente e tutor quando indispensável.			
7	Não há circulação de pessoas não autorizadas.			
8	Na sala encontram-se apenas equipamentos e acessórios indispensáveis.			
9	O equipamento radiológico apresenta bom estado de conservação aparente.			
10	Não há fios expostos ou danos visíveis.			
11	Não há adaptações ou improvisações aparentes no equipamento.			
12	O disparo do exame é realizado a partir de local protegido ou distância segura.			
13	Equipamentos calibrados conforme normas CNEN e com laudos atualizados.			
Sinalização de Segurança				
1	Existe sinalização luminosa vermelha durante os exames.			
2	A luz vermelha encontra-se posicionada acima da porta ou em local visível.			
3	Símbolo internacional de radiação ionizante.			
4	Aviso: "Raios X – entrada restrita" ou equivalente.			
5	Aviso: "Quando a luz vermelha estiver acesa, a entrada é proibida".			
Quadro de Orientações Visíveis				
1	Quadro visível na sala ou porta contendo orientações:			
2	Uso obrigatório de vestimenta plumbífera.			
3	Proibição da permanência de pessoas não autorizadas.			
4	Acompanhante somente quando estritamente necessário.			
5	Permanência de apenas um paciente por vez.			
6	Orientação para gestantes ou com suspeita de gravidez informarem antes do exame.			
Cabine ou Área de Comando				
1	Existe cabine ou área de comando separada da sala de exame.			
2	Permite observação direta ou indireta do paciente.			
3	Permite comunicação com pessoas autorizadas na sala.			
4	Possui visor plumbífero ou sistema eletrônico de observação.			
5	Existe sistema alternativo de observação em caso de falha.			
6	A posição da cabine permite identificar a entrada de pessoas na sala.			
Presença de tutor/acompanhante				
1	A participação do tutor é voluntária.			
2	O tutor permanece na sala apenas quando indispensável.			
3	O mesmo indivíduo não atua regularmente como acompanhante.			
4	Gestantes não permanecem na sala de exame.			
5	Menores de 18 anos não permanecem na sala de exame.			
6	O acompanhante utiliza EPI adequado durante a exposição.			

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE PRODUÇÃO
ACADÊMICA**

O(A) estudante Michelle Alves Medrado
do curso de Medicina Veterinária, matrícula 20222013000457,
telefone: 62 99308-8923, e-mail michellealves@outlook.com,
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei no 9.610/98 (Lei
dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Gestão da biosegurança em serviços de radiologia veterinária:
uma análise da legislação vigente e construção do procedi-
mento operacional padrão
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme
permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no
formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG): Som (WAVE, MPEG,
AIFF, SNS); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de
leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada
nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de Maio de 2026.

Assinatura do(s) autor(es): Michelle Alves Medrado

Nome completo do autor: Michelle Alves Medrado

Assinatura do professor- orientador: Paulo

Nome completo do professor-orientador: Edmar de Paula Nascimento