



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

RUI BORRALHO NETO

**INCONSISTÊNCIAS REGULATÓRIAS NA CALIBRAÇÃO DE
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO: uma análise comparativa das
normas da CNEN**

**TERESINA
2025**

RUI BORRALHO NETO

INCONSISTÊNCIAS REGULATÓRIAS NA CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE
MEDIÇÃO: uma análise comparativa das normas da CNEN

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Wilson Seraine da Silva Filho.

TERESINA
2025

INCONSISTÊNCIAS REGULATÓRIAS NA CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO: uma análise comparativa das normas da CNEN

Rui Borralho Neto¹
Wilson Seraine da Silva Filho²

RESUMO

O estudo analisa criticamente as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) referentes à calibração de instrumentos de medição utilizados em práticas de proteção radiológica no Brasil. A pesquisa, de natureza documental e descritiva, adotou abordagem qualitativa, com base em análise comparativa de onze normas técnicas publicadas entre 2013 e 2025. Os resultados revelam inconsistências significativas na periodicidade de calibração, com predominância do intervalo bienal (75% das normas), mas sem justificativas técnicas claras para tal escolha. Observa-se ainda a ausência de diretrizes explícitas em normas fundamentais, como a NN 3.01, o que fragiliza a uniformidade regulatória e dificulta a padronização das práticas de radioproteção. Conclui-se pela necessidade de revisão e harmonização das normas, de modo a estabelecer critérios técnicos consistentes e alinhados às melhores práticas internacionais de metrologia aplicada à radioproteção. O artigo contribui para o debate sobre segurança radiológica, destacando a importância da calibração periódica e rastreável para a confiabilidade das medições e a eficácia das medidas de proteção em ambientes radiativos.

Palavras-chave: legislações; proteção radiológica; normas CNEN; calibração de equipamentos; metrologia.

ABSTRACT

This study provides a critical analysis of the Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN) standards regarding the calibration of measurement instruments used in radiological protection practices. The research is a documental and descriptive study with a qualitative approach, based on a comparative examination of eleven technical standards issued between 2013 and 2025. Results indicate significant inconsistencies in calibration frequency, with a predominance of the biennial interval (75% of standards), yet lacking clear technical justification. The omission of calibration directives in key standards, such as NN 3.01, compromises regulatory uniformity. The findings underscore the need for regulatory harmonization and the establishment of evidence-based calibration criteria aligned with international best practices in radiological metrology. This article advances the discussion on radiological safety,

¹ Graduando em Tecnologia em Radiologia, Instituto Federal do Piauí – IFPI.
ruineto70@gmail.com

² Me. em Física, Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Canoas – RS. Docente do Instituto Federal do Piauí – IFPI. wilson.seraine@ifpi.edu.br

emphasizing the role of traceable calibration in ensuring measurement reliability and effective radiological protection.

Keywords: legislation; radiological protection; calibration; CNEN; metrology.

Data de aprovação: 01/12/2025

1 INTRODUÇÃO

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) foi criada em 1956, com a missão de desenvolver e fiscalizar atividades relacionadas ao uso pacífico da energia nuclear no Brasil, abrangendo desde a pesquisa científica até a regulamentação da proteção radiológica (CNEN, 2024). Ao longo das décadas, a CNEN consolidou-se como órgão regulador e normativo, responsável por estabelecer diretrizes técnicas que asseguram a segurança de profissionais, pacientes e da população em geral frente às práticas que envolvem radiação ionizante (Tauhata *et al.*, 2014).

Dentro desse contexto, a calibração de instrumentos de medição emerge como um elemento central para garantir a confiabilidade dos dados radiológicos e a eficácia das medidas de proteção. A calibração consiste no conjunto de operações que estabelece a relação entre os valores indicados por um instrumento e os valores de referência de grandezas físicas, assegurando sua rastreabilidade metrológica (Marconi & Lakatos, 2017). Historicamente, os primeiros registros de práticas de calibração remontam ao século XIX, com a consolidação da metrologia científica durante a Revolução Industrial e a fundação, em 1875, do Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), que instituiu padrões universais de medida (BIPM, 2021).

Na área nuclear, a calibração periódica de equipamentos de monitoração radiológica tornou-se obrigatória a partir da segunda metade do século XX, quando organismos internacionais como a International Atomic Energy Agency (IAEA) e instituições nacionais, como a CNEN, passaram a reconhecer a sua relevância para a segurança radiológica. No Brasil, as normas publicadas pela CNEN como na NN 3.05 (2013), NN 6.04 (2013) e NN 6.10 (2021) destacam a necessidade de calibrar detectores, monitores e sistemas de medição em intervalos regulares, prevenindo riscos associados à exposição indevida à radiação.

Diante disso, este estudo busca analisar criticamente as normas da CNEN relacionadas à calibração de instrumentos radiológicos, com foco nas divergências

entre os intervalos de tempo recomendados. A análise visa contribuir para o entendimento das variações regulatórias e para a discussão sobre a necessidade de padronização das práticas de calibração, a fim de fortalecer a proteção radiológica no país.

2 METODOLOGIA

A presente investigação configura-se como um estudo de natureza documental e descritiva, com ênfase na análise de conteúdo normativo técnico, fundamentado em uma abordagem qualitativa. Além disso, a pesquisa foi complementada com uma revisão bibliográfica voltada à sustentação teórica dos conceitos metodológicos e regulatórios analisados. Segundo Gil (2010), esse tipo de pesquisa visa examinar documentos institucionais que ainda não foram explorados sob a ótica proposta pelo pesquisador, permitindo a construção de interpretações analíticas e sistematizadas.

O objetivo central da análise documental foi examinar, de forma criteriosa, as normas técnicas emitidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), com foco específico nas diretrizes que tratam da frequência de calibração de instrumentos de medição utilizados em ambientes submetidos ao controle radiológico. Tais instrumentos são essenciais para garantir a confiabilidade das medições radiológicas e, por conseguinte, a segurança das práticas que envolvem exposição à radiação ionizante. A calibração periódica e rastreável desses instrumentos é considerada um elemento chave para assegurar a qualidade dos processos de monitoração ambiental e ocupacional em instalações radiativas (TAUHATA *et al.*, 2014).

Para tanto, foram coletadas e examinadas normas oficiais disponíveis no portal da CNEN (<https://www.gov.br/cnen>), sendo selecionadas com base em sua relação direta com a metrologia aplicada à radioproteção. A leitura e interpretação das normas buscaram identificar orientações explícitas ou implícitas quanto à periodicidade de calibração, bem como omissões e divergências existentes entre os documentos normativos.

As normas analisadas, todas publicadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, foram as seguintes:

- Norma CNEN NN 3.01, de 07 de julho de 2025 - Requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação;

- Norma CNEN NE 3.02, de 17 de setembro de 2018 - Serviços de radioproteção;
- Norma CNEN NN 3.05, de 17 de dezembro de 2013 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear;
- Norma CNEN NN 5.01, de 5 de março de 2021 - Regulamento para o transporte seguro de materiais radioativos;
- Norma CNEN NN 6.04, de 20 de março de 2013 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial;
- Norma CNEN NN 6.07, de 11 de novembro de 2019 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para perfuração de poços;
- Norma CNEN NN 6.10, de 9 de agosto de 2021 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia;
- Norma CNEN NN 6.11, de 16 de outubro de 2020 - Requisitos de segurança e proteção radiológica em instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons;
- Norma CNEN NN 6.12, de 8 de março de 2022 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia e medicina nuclear veterinária;
- Norma CNEN NN 6.14, de 12 de setembro de 2023 - Requisitos de radioproteção e segurança radiológica na obtenção de imagens humanas para fins de segurança pública;
- Norma CNEN NN 6.16, de 05 de novembro de 2024 - Requisitos de segurança e proteção radiológica para irradiadores de sangue e hemocomponentes;

O conteúdo dessas normativas foi examinado de forma comparativa, a fim de identificar convergências, incoerências e omissões nas orientações relativas à calibração de instrumentos de medição, contribuindo para uma avaliação crítica da robustez regulatória vigente. Tal abordagem visa colaborar com a promoção de práticas mais seguras e tecnicamente embasadas na área da radioproteção. Segundo Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa documental permite uma análise aprofundada de materiais que, embora não tenham sido elaborados com fins científicos, revelam-se fundamentais para a compreensão das políticas e práticas institucionais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As normas regulamentadoras da CNEN e seus respectivos artigos foram reunidos, oferecendo uma visão panorâmica e comparativa da periodicidade de calibração dos instrumentos de medição. Essa reunião tem como objetivo tornar mais acessível a identificação das convergências e divergências entre as regulamentações, afim de analisar um padrão de calibração estabelecido entre as normas e regulamentações. De acordo com as normas citadas acima, observou-se que na CNEN NN 3.01, de 07 de julho de 2025, que se refere aos requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação, a mesma não apresenta nenhuma passagem relacionada à data e periodização de calibração, como também na norma CNEN NE 3.02, de 17 de setembro de 2018, que se refere à Serviços de radioproteção. Já na norma CNEN NN 3.05, de 17 de dezembro de 2013, onde abrange os requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear, observou-se a data de calibração relacionada aos monitores de taxa de dose e de contaminação de superfície, principais e reserva, onde os mesmos devem ser calibrados, em datas distintas, a cada dois anos e sempre que os instrumentos sofrerem reparos ou apresentarem suspeita de funcionamento irregular. Na norma CNEN NN 5.01, de 5 de março de 2021, que abrange o regulamento para o transporte seguro de materiais radioativo, foi observado que o texto da norma não apresenta nenhuma passagem que se refere à data e periodização de calibração. De acordo com a norma CNEN NN 6.04, de 20 de março de 2013, que refere-se aos requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial, os monitores e medidores de radiação devem ser calibrados anualmente por um laboratório de metrologia acreditado pela CNEN e os monitores individuais de leitura direta com alarme sonoro, devem ser calibrados a cada dois anos. A norma CNEN NN 6.07, de 11 de novembro de 2019 referente aos requisitos de segurança e proteção radiológica para perfilagem de poços, registra que todos os monitores e medidores de radiação devem ser calibrados a cada doze meses. A norma CNEN NN 6.10, de 9 de agosto de 2021 referente aos requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia, solicita que o sistema de medição de referência deve ser calibrado a cada dois anos, assim como a norma CNEN NN 6.11, de 16 de outubro de 2020 referente aos requisitos de segurança e proteção radiológica em instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons, que registra que a Instalação Produtora deve dispor de monitores portáteis, incluindo reservas,

calibrados em laboratório certificado pelo CASEC / IRD / CNEN ou acreditados pelo INMETRO, a cada dois anos. A norma CNEN NN 6.12, de 8 de março de 2022 referente aos requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia e medicina nuclear veterinária registra que a calibração deve ser feita a cada dois anos, no intervalo de energia em que é utilizado. Já a norma CNEN NN 6.14, de 12 de setembro de 2023 referente aos requisitos de radioproteção e segurança radiológica na obtenção de imagens humanas para fins de segurança pública afirma que os medidores de radiação apropriados, e em bom estado de funcionamento devem ser calibrados a cada doze meses. De acordo com a norma CNEN NN 6.16, de 05 de novembro de 2024 que abrange os requisitos de segurança e proteção radiológica para irradiadores de sangue e hemocomponentes afirma que os monitores devem ser calibrados, nos modos de medida e intervalo de energia em que seja utilizado, a cada 2 (dois) anos ou sempre que ocorrer conserto ou suspeita de funcionamento irregular. Por fim, o guia para o licenciamento de instalações radiativas na prática medidores nucleares não apresenta nenhuma passagem que se refere a data e periodização de calibração. Os dados coletados e analisados foram dispostos na tabela abaixo para melhor compreensão das datas e disposições acerca das normas analisadas acima.

Tabela 1 - Comparativo das normas da CNEN referente à calibração

Norma	Ano	Título	Faz referencia a calibração?	Quantos anos para calibrar
3.01	2025	Requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação	Não	Não
3.02	2018	Serviços de radioproteção	Não	Não
3.05	2013	Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear	Sim	2 anos
5.01	2021	Regulamento para o transporte seguro de materiais radioativos	Não	Não

6.04	2013	Radiografia industrial	Sim	2 anos
6.07	2019	Requisitos de segurança e proteção radiológica para perfilagem de poços	Sim	1 ano
6.10	2021	Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia	Sim	2 anos
6.11	2020	Requisitos de segurança e proteção radiológica em instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons	Sim	2 anos
6.12	2022	Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia e medicina nuclear veterinária	Sim	2 anos
6.14	2023	Requisitos de radioproteção e segurança radiológica na obtenção de imagens humanas para fins de segurança pública	Sim	1 ano
6.16	2024	Requisitos de segurança e proteção radiológica para irradiadores de sangue e hemocomponentes	Sim	2 anos
Guia	2024	Guia para o licenciamento de instalações radiativas na prática medidores nucleares	Não	Não

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

3.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS INTERVALOS DE CALIBRAÇÃO.

A partir da análise comparativa das normas da CNEN apresentada na Tabela 1, observa-se uma significativa heterogeneidade nos intervalos de calibração estabelecidos para instrumentos de medição radiológica nas diferentes práticas regulamentadas. Esta variação revela inconsistências regulatórias que podem comprometer a padronização dos procedimentos de proteção radiológica no país.

Das onze normas analisadas, apenas oito estabelecem intervalos específicos para calibração de instrumentos, sendo que três normas (NN 3.01, NE 3.02, NN 5.01 e o Guia para Medidores Nucleares) não fazem referência a periodicidades de calibração. Esta omissão é particularmente preocupante na norma NN 3.01, considerada a norma fundamental de proteção radiológica no Brasil, que deveria orientar as demais normativas específicas.

A análise dos dados revela a predominância do intervalo bienal (2 anos) em seis das oito normas que especificam periodicidade (75%), sendo aplicado nas normas NN 3.05, NN 6.04, NN 6.10, NN 6.11, NN 6.12 e NN 6.16. Este padrão sugere uma tendência regulatória da CNEN em estabelecer calibrações bianuais como prática padrão para a maioria dos instrumentos de medição radiológica.

Entretanto, duas normas apresentam desvios significativos deste padrão: a NN 6.07 (perfilagem de poços) e a NN 6.14 (segurança na obtenção de imagens), que estabelecem calibração anual (1 ano).

3.2 LACUNAS REGULAMENTARES IDENTIFICADAS.

A norma CNEN NE 3.02, embora reconheça a necessidade de calibração em "intervalos apropriados", não define critérios objetivos para determinar tais intervalos. Esta indefinição pode resultar em interpretações divergentes por parte dos serviços de radioproteção, comprometendo a uniformidade das práticas de calibração.

Particularmente crítica é a omissão na norma NN 3.01, que como norma básica de proteção radiológica, deveria estabelecer princípios gerais para calibração de instrumentos aplicáveis a todas as práticas. Esta lacuna obriga os usuários a buscarem orientações em normas específicas, nem sempre aplicáveis ao seu contexto de trabalho.

4 CONCLUSÃO

A análise crítica das normas da CNEN relacionadas à calibração de instrumentos radiológicos evidencia significativas inconsistências regulamentares que comprometem a padronização das práticas de proteção radiológica no Brasil. A predominância do intervalo bienal em 75% das normas analisadas sugere uma tendência regulatória, porém a ausência de justificativas técnicas para as variações observadas indica necessidade de revisão e harmonização normativa.

A omissão de diretrizes de calibração em normas fundamentais, particularmente a NN 3.01, representa uma lacuna crítica que deve ser corrigida para fortalecer o arcabouço regulatório nacional. A falta de uniformidade gera complexidade administrativa desnecessária para os titulares de instalações radiativas e pode comprometer a eficácia das medidas de proteção radiológica.

Torna-se evidente a necessidade de um esforço coordenado da ANSN–AUTORIDADE NACIONAL DE SEGURANÇA NUCLEAR, para revisar e harmonizar as normas de calibração, estabelecendo critérios técnicos consistentes baseados em evidências científicas e melhores práticas internacionais. Esta padronização deve considerar as especificidades de cada prática, mas manter coerência nos princípios fundamentais de metrologia aplicada à radioproteção.

Recomenda-se que futuras revisões normativas incluam:

- (i) estabelecimento de critérios técnicos para definição de intervalos de calibração;
- (ii) harmonização das periodicidades entre normas similares;
- (iii) inclusão de diretrizes de calibração na norma NN 3.01; e
- (iv) definição de "intervalos apropriados" na norma NE 3.02. Tais medidas contribuirão para o fortalecimento da proteção radiológica nacional e para a garantia da confiabilidade metrológica dos instrumentos utilizados nas práticas com radiação ionizante.

A implementação dessas recomendações é fundamental para assegurar que o Brasil mantenha padrões elevados de segurança radiológica, em consonância com as melhores práticas internacionais e com o compromisso de proteção da saúde ocupacional, médica e da população em geral.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes básicas de proteção radiológica:** Norma CNEN-NN-3.01. Rio de Janeiro: CNEN, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 12 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos para o transporte de materiais radioativos:** Norma CNEN-NN-6.11. Rio de Janeiro: CNEN, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 12 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações com aceleradores de partículas:** Norma CNEN-NN-5.01. Rio de Janeiro: CNEN, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 14 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações com fontes seladas de radiação:** Norma CNEN-NN-6.04. Rio de Janeiro: CNEN, 1989. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 14 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear:** Norma CNEN-NN-3.05. Acesso em: 14 de jul. de 2025.

Rio de Janeiro: CNEN, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 14 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial:** Norma CNEN-NN-6.07. Rio de Janeiro: CNEN, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 25 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia:** Norma CNEN-NN-6.10. Rio de Janeiro: CNEN, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 25 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de segurança para armazenamento de rejeitos radioativos:** Norma CNEN-NN-6.12. Rio de Janeiro: CNEN, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 25 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos aplicáveis a sistemas de medição em instalações nucleares:** Norma CNEN-NN-6.16. Rio de Janeiro: CNEN, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 29 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos para a proteção radiológica em exposições ocupacionais:** Norma CNEN-NN-6.14. Rio de Janeiro: CNEN, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 29 de jul. de 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Serviços de Radioproteção:** Norma CNEN-NE-3.02. Rio de Janeiro: CNEN, 2018. Disponível em <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 29 de jul. de 2025.

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). **The International System of Units (SI)**. 9th Edition, 2021. Disponível em: <https://www.bipm.org>. Acesso em: 10 de jul. de 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/437232294/GIL-Antonio-Carlos-Como-elaborar-projetos-de-pesquisa-1-pdf>. Acesso em: 10 de jul. de 2025.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª Ed. São Paulo: Atlas, 2017. Disponível em: https://ia600709.us.archive.org/26/items/Fundamentos_de_metodologia_cientfica_8._ed._-www.meulivro.biz/Fundamentos_de_metodologia_cientfica_8._ed._-www.meulivro.biz.pdf. Acesso em: 12 de jul. de 2025.

TAUHATA, L.; DUARTE, C. L.; CRISPIM, V. R. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN), 2014. Disponível em: <https://igc.usp.br/legal/wp-content/uploads/sites/22/2020/03/Radioprotecao-e-Dosimetria-Fundamentos-2014-CNEN.pdf>. Acesso em: 20 de jul. de 2025.