

USINAS NUCLEARES NO BRASIL E A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS REGULADORAS PARA UM GERENCIAMENTO EFICAZ E A SEGURANÇA DA SOCIEDADE

NUCLEAR POWER PLANTS IN BRAZIL AND THE IMPORTANCE OF REGULATORY STANDARDS FOR EFFECTIVE MANAGEMENT AND SOCIETY SAFETY

Julia Fernanda Terra Souza¹; Gabriel Santa Bárbara Rodrigues Souza¹; Moacir Porto Ferreira²; Fábio Coelho Araujo Filho¹; Celso Fernandes Neto¹

¹Engenharia nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

¹Escola politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo

O uso da energia nuclear tem se destacado como uma opção estratégica para diversificar a matriz energética brasileira e atender à crescente demanda por fontes limpas e eficazes. Este artigo investiga a importância das normas reguladoras na gestão eficaz das usinas nucleares e na garantia da segurança da sociedade. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) destaca que a segurança nuclear é uma prioridade nacional, e as normas reguladoras desempenham um papel fundamental nesse contexto. A metodologia utilizada envolveu uma revisão bibliográfica e análise documental das normas nacionais estabelecidas pela CNEN e diretrizes internacionais da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Foram examinados documentos oficiais, publicações da CNEN e AIEA, bem como artigos científicos relevantes. Contudo, pela especificidade do tema, poucos artigos foram encontrados. Além disso, foram analisados dados operacionais das usinas nucleares Angra 1 e Angra 2, além de informações sobre o progresso da construção de Angra 3. Os resultados destacam que a aplicação rigorosa das normas reguladoras é eficaz na mitigação de riscos associados à operação das usinas nucleares no Brasil. Estas normas estabelecem procedimentos padronizados que minimizam falhas e garantem a gestão segura dos resíduos nucleares, prevenindo a contaminação ambiental. Além de promover a confiabilidade operacional das usinas, as normas facilitam a cooperação internacional, permitindo a troca de informações e tecnologias entre países. Conclui-se que o fortalecimento contínuo da infraestrutura regulatória e a educação permanente dos profissionais são essenciais para garantir a segurança nuclear e proteger a sociedade e o meio ambiente de maneira sustentável.

Palavras-chave: Energia nuclear; Usinas nucleares; Normas reguladoras; Segurança; Brasil.

Abstract

The use of nuclear energy has stood out as a strategic option to diversify the Brazilian energy matrix and meet the growing demand for clean and efficient sources. This article investigates the importance of regulatory standards in the effective management of nuclear plants and in ensuring the safety of society. The National Nuclear Energy Commission (CNEN) highlights that nuclear safety is a national priority, and regulatory standards play a fundamental role in this context. The methodology used involved a bibliographical review and documentary analysis of national standards established by CNEN and international guidelines from the International Atomic Energy Agency (IAEA). Official documents, CNEN and IAEA publications, as well as relevant scientific articles were examined. However, given the specificity of the subject, few articles were found. In addition, operational data from the Angra 1 and Angra 2 nuclear plants were analyzed, as well as information on the construction progress of Angra 3. The results highlight that the strict application of regulatory standards is effective in mitigating risks associated with the operation of nuclear plants in Brazil. These standards establish standardized procedures that minimize failures and guarantee the safe management of nuclear waste, preventing environmental contamination. In addition to promoting the operational reliability of plants, the standards facilitate international cooperation, allowing the exchange of information and technologies between countries. It is concluded that the continuous strengthening of the regulatory infrastructure and the ongoing education of professionals are essential to guarantee nuclear safety and protect society and the environment in a sustainable manner.

Keywords: Nuclear energy; Nuclear plants; Regulatory standards; Safety; Brazil.

Recebido em: 19-07-2024

Publicado em: 25-09-2025

Autor correspondente

Julia Fernanda Terra Souza

Endereço: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Centro de Tecnologia (CT) – Bloco H, Cidade Universitária – Ilha do Fundão, CEP: 21941-901, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Email: juliafernandaterra@gmail.com

1. Introdução

O Brasil possui um potencial significativo para a geração de energia nuclear, com destaque para as usinas Angra 1 e Angra 2 já em operação, além da construção da usina Angra 3 em andamento. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2024, a energia nuclear ressurge na agenda global como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis, desempenhando um papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂)¹. Este potencial não apenas fortalece a matriz energética nacional, mas também alinha o Brasil com objetivos internacionais de sustentabilidade ambiental.

Adicionalmente, conforme destacado pela Eletronuclear, a energia nuclear apresenta uma das melhores eficiências na geração de calor entre as fontes térmicas, contribuindo para um suprimento energético contínuo e estável¹⁶. Essa característica é crucial em um país de dimensões continentais como o Brasil, onde a demanda por energia é alta e variável ao longo do tempo. A capacidade das usinas nucleares de fornecer energia de forma consistente ajuda a mitigar os desafios relacionados à intermitência de outras fontes energéticas.

No entanto, a operação segura dessas instalações requer a estrita observância de normas regulatórias robustas. Segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), as normas regulatórias são fundamentais para o licenciamento e a operação segura de instalações nucleares no Brasil, garantindo que todos os aspectos relacionados à segurança das pessoas e à proteção ambiental sejam cuidadosamente geridos¹¹. Essas normas

não apenas asseguram a eficiência operacional, mas também são essenciais para mitigar potenciais impactos adversos.

Este artigo tem como objetivo analisar a importância das normas reguladoras para um gerenciamento eficaz das usinas nucleares no Brasil, destacando como essas normas contribuem para a segurança da população e a proteção ambiental, além de explorar os desafios atuais e as perspectivas futuras para o desenvolvimento e aprimoramento dessas regulamentações.

2. Metodologia

Este estudo foi conduzido através de uma abordagem metodológica baseada em revisão bibliográfica e análise documental, tendo como referência técnicas de pesquisa estabelecidas por Robert K. Yin²². A pesquisa envolveu buscas em bases de dados dos sites oficiais da Eletronuclear e Comissão Nacional de Energia Nuclear, utilizando palavras-chave relacionadas a "segurança nuclear", "normas reguladoras nucleares", "CNEN", "AIEA" e "usinas nucleares no Brasil". Foram revisadas normas nacionais estabelecidas pela CNEN, bem como diretrizes internacionais da AIEA, incluindo a Safety Standards Series No. GS-G-2.1, acessadas a partir dos websites oficiais dessas entidades. Os documentos e artigos coletados foram classificados e selecionados com base em sua relevância para o tema do estudo, priorizando materiais recentes e com dados empíricos robustos. Os dados coletados estão contidos dentro do período de 2009 até 2024. A metodologia permitiu uma análise aprofundada das normas e diretrizes de segurança nuclear

no contexto brasileiro e internacional, destacando as principais normas reguladoras e avaliando sua eficácia na promoção da segurança operacional das usinas nucleares. Limitações do estudo incluíram o acesso restrito a alguns documentos e a constante atualização das normas reguladoras.

3. Discussão

3.1 Histórico das usinas

As usinas nucleares brasileiras estão localizadas em Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro, e desempenham um papel crucial na matriz energética do país. A primeira usina nuclear, Angra 1, entrou em operação comercial em 1985 e opera com um reator de água pressurizada (PWR) com capacidade de 640 megawatts¹¹. Este marco inicial representou um avanço significativo na capacidade de geração de energia do Brasil, trazendo uma nova fonte de energia limpa e estável.

Em 2001, a usina Angra 2, também do tipo PWR, começou a operar comercialmente, aumentando a capacidade de geração nuclear com seus 1.350 megawatts¹². A entrada em operação de Angra 2 consolidou a

presença da energia nuclear no Brasil, permitindo uma diversificação maior da matriz energética e contribuindo para a segurança energética do país.

Atualmente, a construção de Angra 3 está em andamento, com previsão de operação no final de 2028. Angra 3 terá uma capacidade de 1.405 megawatts, reforçando ainda mais o papel estratégico da energia nuclear no Brasil¹³. A operação dessas usinas está sob a responsabilidade da Eletronuclear, uma subsidiária da Eletrobras, que atua sob a supervisão rigorosa da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)¹³. A supervisão dessas entidades assegura que todas as operações atendam aos padrões nacionais e internacionais de segurança e eficiência.

3.2 Normas reguladoras e segurança

Com o intuito de facilitar a compreensão e a consulta das normas, as tabelas listam as normas da CNEN e AIEA que são importantes para a compreensão do trabalho. A criação desta tabela surgiu da necessidade de sintetizar as informações essenciais e organizar de forma clara e acessível os tópicos levantados, tornando uma ferramenta prática.

TABELA 1 - Normas nacionais da CNEN

Norma	Descrição
CNEN NN 1.04	Licenciamento de Instalações Nucleares. Define os passos para a construção e operação segura de usinas nucleares ² .
CNEN NN 1.13	Gerenciamento de Rejeitos Radioativos em Instalações Nucleares. Garante o tratamento seguro dos resíduos nucleares ³ .
CNEN NN 1.16	Requisitos de Segurança para Projetos de Reatores Nucleares. Instruções para construção segura de reatores nucleares ⁴ .
CNEN NN 2.01	Qualificação e Treinamento de Pessoal de Instalações Nucleares. Garante preparo adequado dos profissionais que operam usinas nucleares ⁵ .
CNEN NN 2.02	Proteção Radiológica Operacional. Garante a segurança contra

	radiações nas operações nucleares ⁶ .
CNEN NN 2.05	Sistema de Gestão da Qualidade para Instalações Nucleares. Assegura operações nucleares com alta qualidade e segurança ⁷ .
CNEN NN 3.01	Planejamento de Emergências Nucleares. Diretrizes para preparação e resposta a emergências nucleares ⁸ .

Feita pelo próprio autor em 2024.

TABELA 2 – Normas internacionais da AIEA

Norma	Descrição
IAEA Safety Standards Series	Conjunto de normas e diretrizes para a segurança nuclear globalmente reconhecidas ¹⁹ .
CSR Part 3	Estrutura de Proteção Radiológica. Define princípios e requisitos para a proteção radiológica em instalações nucleares ¹⁹ .
NS-G-2.4	Segurança em Reatores Nucleares. Diretrizes para segurança no projeto e operação de reatores nucleares ¹⁹ .
CSR Part 4	Segurança das Fontes de Radiação. Requisitos para segurança no manuseio e armazenamento de fontes de radiação ¹⁹ .
GS-G-1.1	Planejamento e Preparação para Emergências. Orientações para planejamento e resposta a emergências nucleares ¹⁹ .
GS-R-2	Revisão Independente de Segurança Nuclear. Requisitos para revisões independentes de segurança nuclear ¹⁹ .

Feita pelo próprio autor em 2024.

A segurança nuclear é regida por uma combinação de normas nacionais e internacionais, as quais são essenciais para garantir a operação segura das usinas nucleares e a proteção da população e do meio ambiente. No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é a principal autoridade reguladora, responsável pela elaboração e fiscalização das normas de segurança⁹. Entre as normas internacionais, destacam-se as diretrizes da International Atomic Energy Agency (IAEA), em português Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), que estabelece padrões de segurança seguidos globalmente.

A implementação eficaz dessas normas tem demonstrado ser fundamental na prevenção de acidentes e na mitigação de riscos associados à operação de usinas nucleares. Por exemplo, a norma CNEN-NN-1.04, que define os requisitos

de segurança para a operação de usinas nucleares e garante que as usinas sejam operadas de acordo com critérios rigorosos que minimizam os riscos de falhas operacionais². Esta norma inclui exigências para sistemas de controle e proteção que são cruciais para a segurança da operação diária das usinas.

Outro exemplo é a CNEN-NN-3.01, que regula a proteção radiológica nas instalações nucleares. Esta norma assegura que todas as práticas envolvendo radiação sejam conduzidas de maneira segura, protegendo tanto os trabalhadores quanto o público geral⁸. A aplicação desta norma envolve o monitoramento constante dos níveis de radiação e a implementação de medidas de proteção adequadas, como blindagens e protocolos de segurança.

A norma CNEN-NN-2.02, que trata do licenciamento de instalações nucleares,

estabelece um processo rigoroso de avaliação e aprovação antes da construção e operação de novas usinas nucleares. Este processo inclui avaliações de impacto ambiental, análises de segurança e revisões técnicas detalhadas⁶. Este rigoroso processo de licenciamento é essencial para assegurar que todas as novas instalações sejam seguras e estejam em conformidade com os mais altos padrões de segurança.

No cenário internacional, a AIEA estabelece normas como a GS-G-2.1, que fornece orientações para a preparação e resposta a emergências nucleares e radiológicas. Esta norma é fundamental para garantir que os países tenham planos de emergência adequados e estejam preparados para responder rapidamente a qualquer incidente nuclear¹⁹. A aplicação desta norma contribui para a harmonização das práticas de segurança globalmente, facilitando a cooperação e a troca de informações entre países.

A implementação eficaz das normas reguladoras pode melhorar significativamente a confiança do público na energia nuclear. A transparência no cumprimento das normas, associada à comunicação clara e aberta sobre as medidas de segurança adotadas, ajuda a construir uma imagem de responsabilidade e compromisso com a segurança. No Brasil, a CNEN e a Eletronuclear promovem regularmente campanhas de informação pública e programas educativos para aumentar a conscientização sobre a segurança nuclear e as medidas adotadas para proteger a população e o meio ambiente.

Em suma, as normas reguladoras são essenciais para a segurança operacional das usinas nucleares. Elas não apenas estabelecem padrões rigorosos para o

design, operação e gerenciamento de resíduos, mas também asseguram que o pessoal seja adequadamente treinado e preparado para lidar com emergências. A aplicação rigorosa destas normas, aliada à cooperação internacional e à transparência, é fundamental para garantir a segurança nuclear e fortalecer a confiança do público na energia nuclear como uma fonte segura e sustentável.

3.3 Importância das normas

As normas reguladoras desempenham um papel crucial na prevenção de acidentes, proteção ambiental e segurança da população. Elas estabelecem procedimentos operacionais padronizados que minimizam os riscos de falhas e garantem que os resíduos nucleares sejam geridos de maneira segura, evitando a contaminação ambiental. Além disso, promovem a confiabilidade operacional das usinas nucleares e facilitam a cooperação internacional, permitindo a troca de informações e tecnologias entre países. Vale ressaltar que, no Brasil, a principal autoridade é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

A norma CNEN-NN-1.16, por exemplo, define os requisitos de segurança para projetos de reatores nucleares, garantindo que sejam desenhados com todas as precauções necessárias para evitar acidentes⁴. Outra norma importante é a CNEN-NN-1.13, que estabelece diretrizes para o gerenciamento seguro de rejeitos radioativos, assegurando que esses resíduos sejam tratados de forma a proteger o meio ambiente e a saúde pública³.

A aplicação rigorosa dessas normas tem sido eficaz na mitigação de riscos associados à operação de usinas nucleares no Brasil. O processo de licenciamento de instalações nucleares, regulamentado pela CNEN-NN-1.04, assegura que todas as etapas, desde a localização até a operação das usinas, cumpram os padrões de segurança necessários². Além disso, a CNEN-NN-2.01 destaca a importância do treinamento contínuo dos profissionais, garantindo que aqueles que trabalham nas usinas nucleares sejam bem-preparados para lidar com quaisquer desafios operacionais e de segurança⁵.

Os desafios enfrentados na implementação dessas normas incluem a necessidade de atualização constante para acompanhar os avanços tecnológicos e a formação contínua dos profissionais. A cooperação internacional, através de organismos como a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), é essencial para fortalecer a infraestrutura regulatória e garantir a segurança nuclear contínua. Normas como a GS-R-1 da AIEA estabelecem requisitos para a implementação de sistemas de gestão de segurança nuclear, contribuindo para a harmonização das práticas de segurança globalmente¹⁹.

O fortalecimento da infraestrutura regulatória e a cooperação internacional são essenciais para garantir a segurança nuclear contínua. A capacidade das normas reguladoras de se adaptarem às novas tecnologias e práticas emergentes é crucial para manter a segurança e a eficácia das operações nucleares. A

CNEN, junto com a AIEA, continua a trabalhar para garantir que as normas reguladoras sejam rigorosas, atualizadas e eficazes na proteção da sociedade e do meio ambiente.

3.4 Casos de sucesso na prevenção de acidentes

Os casos de sucesso em Angra 2 segundo os relatórios divulgados pela Eletronuclear, demonstram a eficácia das normas regulatórias e das modificações implementadas para prevenir acidentes. Em 2010, durante uma inspeção de rotina, foi detectada uma, potencial, sobrepressurização no reator de Angra 2¹⁴. Graças à aplicação da norma da CNEN-NN-1.04, que exige inspeções regulares e manutenção preventiva, a falha foi identificada e corrigida antes de causar qualquer dano grave. A norma estabelece procedimentos específicos para a verificação de válvulas de alívio de pressão e outros sistemas críticos, garantindo seu funcionamento correto. Em outro caso, em 2015, um pequeno vazamento de radiação foi detectado em Angra 2¹⁵. De acordo com a norma CNEN-NN-3.01, sensores e sistemas de monitoramento contínuo foram instalados em pontos críticos da usina. Esses sistemas permitiram a detecção precoce do vazamento, que foi rapidamente contido sem causar danos ao pessoal ou ao meio ambiente. A resposta rápida foi facilitada pelos procedimentos de emergência estabelecidos, que incluem treinamentos regulares e simulações para os operadores da usina²¹.

Possíveis ferramentas de prevenção de acidentes:	
SISTEMA DE MONITORAMENTO DE FUNÇÕES CRÍTICAS DE SEGURANÇA	PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA MELHORADOS
A implementação de sistemas que monitoram funções críticas de segurança foi uma modificação essencial. Esses sistemas permitem a detecção precoce de condições adversas e ações corretivas imediatas, priorizando alarmes automáticos que alertam os operadores sobre ameaças às funções de segurança ²¹ .	Desenvolver procedimentos de emergência detalhados para lidar com falhas múltiplas e acidentes além da base de projeto é fundamental. Treinamentos regulares e simulações garantem que os operadores estejam preparados para qualquer eventualidade, aumentando a eficácia das respostas a emergências ²¹ .

Figura 1 - Infográfico de segurança. Feito pelo autor em 2024.

Com base nos dados supracitados, entende-se que a efetividade das normas para aumentar a segurança em Angra 2 é evidenciada pelos casos demonstrados. A aplicação de normas rigorosas, como as da CNEN, é fundamental para prevenir acidentes e garantir a operação segura da usina. Tendo em vista que as modificações de projeto, como a implementação de sistemas de monitoramento e melhorias nos procedimentos de emergência, são essenciais para a proteção tanto do pessoal quanto do meio ambiente, reforçando a segurança operacional da usina.

4. Considerações finais

As usinas nucleares desempenham um papel estratégico na matriz energética do Brasil, oferecendo uma fonte de energia estável e de baixa emissão de carbono, essencial para a segurança energética e a sustentabilidade ambiental do país. A operação dessas usinas, no entanto, depende de um rigoroso cumprimento das normas reguladoras, que são cruciais para garantir a segurança da população e a

proteção do meio ambiente. Conforme destacado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a aplicação dessas normas é indispensável para o licenciamento e a operação segura das instalações nucleares¹⁰.

A análise realizada neste estudo evidencia que a implementação e a atualização contínua das normas reguladoras são vitais para assegurar a eficiência e a segurança das operações nucleares. Essas normas não apenas mitigam os riscos associados à operação das usinas, mas também promovem a confiança pública na energia nuclear como uma opção segura e viável. A CNEN, em conjunto com organismos internacionais como a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), trabalha para alinhar as normas nacionais com os padrões internacionais, garantindo que o Brasil siga as melhores práticas globais de segurança nuclear¹⁰. Para fortalecer ainda mais a segurança e a eficiência das operações nucleares no Brasil, é necessário investir em várias frentes:

I. Atualização Constante das Normas: A evolução tecnológica e as novas descobertas científicas exigem que as

normas reguladoras sejam periodicamente revisadas e atualizadas. Isso garante que as práticas de segurança acompanhem os avanços tecnológicos e as melhores práticas internacionais.

II. Investimento em Treinamento e Capacitação: O treinamento contínuo dos profissionais que operam e gerenciam as usinas nucleares é essencial. A norma CNEN-NN-2.01, que trata da qualificação e treinamento de pessoal, destaca a importância de preparar adequadamente os trabalhadores para lidar com os desafios operacionais e de segurança.

III. Infraestrutura de Segurança: Melhorias na infraestrutura de segurança, incluindo sistemas avançados de monitoramento e resposta a emergências, são fundamentais. A norma CNEN-NN-3.01, que trata do planejamento de emergências nucleares, enfatiza a necessidade de estar preparado para qualquer incidente, garantindo respostas rápidas e eficazes.

IV. Transparência e Comunicação com a Sociedade: A comunicação aberta e transparente sobre as medidas de segurança adotadas e os benefícios da energia nuclear é crucial para ganhar a confiança pública. Informar a sociedade sobre os rigorosos padrões de segurança e as vantagens da energia nuclear pode ajudar a desmistificar preconceitos e aumentar o apoio a essa fonte de energia.

Este estudo sublinha a importância das normas reguladoras na promoção de uma gestão eficaz e segura das usinas nucleares no Brasil. A adesão estrita a essas normas não só assegura a proteção da sociedade e do meio ambiente, mas também contribui para a confiança

pública e a aceitação da energia nuclear como um componente vital da matriz energética brasileira. Portanto, o contínuo aprimoramento das regulamentações e o investimento em treinamento e infraestrutura são imperativos para garantir a segurança e a sustentabilidade das operações nucleares no país.

5. Declaração de conflito de interesses

Os autores afirmam que não há conflito de interesse no desenvolvimento e escrita deste trabalho.

6. Referências

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **TE5: eletricidade de baixo carbono** [Internet]. Brasília: ANEEL. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/temas-estrategicos-do-pequi/te5-eletricidade-de-baixo-carbono>. Acesso em: 1 jul. 2024.
2. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-1.04** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-pr104_01.pdf. Acesso em: 14 jul. 2024.
3. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-1.13** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-nrm113.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.
4. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA

NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-1.16** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-nrm116.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

5. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-2.01** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2-nrm-nn201.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

6. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-2.02** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2-nrm202.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

7. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-2.05** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2-nrm202.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

8. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Norma CNEN-NN-3.01** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/ElaboraodaEstratgiadePropeoparaaRespostaaumaEmergnciaNuclearouRadiolgiacaeNveisdeIntervenoOperacionais.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

9. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Normas da CNEN** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 1 jul. 2024.

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares>. Acesso em: 1 jul. 2024.

10. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (BRASIL). **Plano estratégico CNEN 2023-2027: apresentação** [Internet]. Rio de Janeiro: CNEN; 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/plano-estrategico-cnen-2023-2027-apresentacao.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2024.

11. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Angra 1** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/NossasAtividades/Paginas/Angra-1.aspx>. Acesso em: 1 jul. 2024.

12. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Angra 2** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/NossasAtividades/Paginas/Angra-2.aspx>. Acesso em: 1 jul. 2024.

13. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Angra 3** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/NossasAtividades/Paginas/Angra-3.aspx>. Acesso em: 1 jul. 2024.

14. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Relatório de gestão: ano 2010** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear; 2011. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/Documents/processo-de-contas/RGE2010Agosto2011.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

15. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Relatório de gestão: ano 2015** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear; 2016. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/Documents/processo-de-contas/RGE2015Agosto2016.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

[contas/Relatorio_de_Gestao_2015.pdf](#).

Acesso em: 15 jul. 2024.

16. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Energia nuclear** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>. Acesso em: 14 jul. 2024.

17. ELETRONUCLEAR (BRASIL). **Eletronuclear destaca papel da energia nuclear na transição energética durante audiência na Câmara** [Internet]. Rio de Janeiro: Eletronuclear; 2023. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/eletronuclear-destaca-papel-da-energia-nuclear-na-transicao-energetica-durante-audiencia-na-camara.aspx>. Acesso em: 1 jul. 2024.

18. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Long term structure of the IAEA safety standards and current status: July 2024** [Internet]. Vienna: IAEA; 2024. Disponível em: <https://nucleus.iaea.org/sites/committees/Policy%20Documents/status.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2024.

19. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear safety review for the year 2022** [Internet]. Vienna: IAEA; 2023. Disponível em: https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2027_Web.pdf. Acesso em: 6 jul. 2024.

20. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Safety Standards Series No. GS-G2.1** [Internet]. Vienna: IAEA; 2007. Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/7545/p-reparation-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency>. Acesso em: 14 jul. 2024.

21. MENDES JES. **Angra 2 – modificações de projeto para aumentar a segurança na produção de energia elétrica** [Internet]. Rio de Janeiro: CGTI; 2016. Disponível em: <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/ANGRA-2-%E2%80%93-MODIFICA%C3%87%C3%95ES-DE-PROJETO-PARA-AUMENTAR-A-SEGURAN%C3%87A-NA-PRODU%C3%87%C3%83O-DE-ENERGIA-EL%C3%89TRICA.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2024.

22. YIN RK. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.