

Desenvolvimento de Metodologias e Aplicação de Técnicas de Análise e Gerenciamento de Riscos para Melhorias no Controle, Segurança e Licenciamento de Centrais Nucleares e Instalações Radioativas

Development of Methodologies and Risk Analysis and Management Application Techniques for Improvements in the Control, Security and Licensing of Nuclear Power Plants and Radioactive Installations

DOI:10.34115/basrv5n1-027

Recebimento dos originais: /01/2021

Aceitação para publicação:03/02/2021

Valéria Emiliana Alcântara e Alves

Graduação. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:valeria.alves@cdtn.br

Amir Zacarias Mesquita

Doutorado: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:amir@cdtn.br

Patrícia Albernaz Melo Ribeiro

Graduação: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:albernaz.ribeiro@gmail.com

Alexandre Melo de Oliveira

Mestrado: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:alexanoliveira@gmail.com

Diva Godoi de Oliveira Peconick

Graduação: Faculdades Metodistas Izabela Hendrix (FAMIH)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:godiva@cdtn.br

Youssef Morghi

Doutorado: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:ssfmorghi@gmail.com

Edson Pereira da Silva

Mestrado: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)

Rogério Rivail Rodrigues

Doutorado: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)
Campus da UFMG - Pampulha. Belo Horizonte (MG)
E-mail:rrr@cdtn.br

RESUMO

As revisões das recomendações regulatórias da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) no cenário mundial, após o acidente nuclear em Fukushima e o cenário nacional da criação da Agência Reguladora do Setor Nuclear, reforçam a necessidade de revisão e atualização contínua dos processos de licenciamento, avaliação de segurança e gerenciamento de risco à luz das lições aprendidas. Técnicas como Avaliação Probabilística de Risco, Engenharia de Confiabilidade e Inspeção Baseada em Risco, serão adaptadas e incorporadas aos processos de licenciamento nuclear e ambiental de centrais nucleares e instalações radioativas, buscando a melhoria dos projetos e a redução dos riscos envolvidos no ciclo de vida destas instalações. Este trabalho descreve o projeto de pesquisa em andamento no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), que tem como meta o desenvolvimento e a aplicação de metodologias de análise e gerenciamento de risco, tendo em vista a melhoria dos processos de licenciamento instalações nucleares. O estudo visa contribuir para a otimização no projeto das centrais nucleares e instalações radioativas do programa nacional, bem como melhorias de segurança e eficiência e eficácia no processo de seus licenciamentos. Os sistemas desenvolvidos poderão ser aplicados tanto para reatores nucleares de potência, reatores de pesquisa, instalações radioativas, quanto para as demais instalações do ciclo do elemento combustível.

Palavras-Chave: Licenciamento nuclear, técnicas de análise, gerenciamento de risco, centrais nucleares, instalações radioativas.

ABSTRACT

The regulatory recommendations revisions of the International Atomic Energy Agency (IAEA) on the world stage after the nuclear accident in Fukushima, and the Brazilian scenario of the Nuclear Sector Regulatory Agency creation, reinforce the need for continuous review and updating of licensing processes, safety assessment and risk management in the light of lessons learned.. Techniques such as Probabilistic Risk

Assessment, Reliability Engineering and Risk-Based Inspection will be adapted and incorporated into the nuclear and environmental licensing processes for nuclear power plants and radioactive installations, seeking to improve projects and reduce the risks involved in the life cycle of these facilities. This paper describes the ongoing research project at Nuclear Technology Development Center (CDTN), which aims to develop and apply risk analysis and management methodologies, with a view to improving licensing processes for nuclear installations. The study aims to contribute to the optimization of the design of nuclear power plants and radioactive installations, under the Brazilian program, as well as improvements in safety, efficiency and effectiveness in the process of their licensing. The developed systems can be applied for nuclear power plant, research reactors, and radioactive installations as well as for other installations of the fuel element cycle.

Keywords: Nuclear licensing, analysis techniques, risk management, nuclear power plants, radioactive installations.

1 INTRODUÇÃO

Segurança, confiabilidade e disponibilidade são critérios fundamentais em todo o ciclo de vida das instalações nucleares e radioativas, incluindo projeto, seleção de local, construção, operação e descomissionamento. Muitos órgãos reguladores nucleares em todo o mundo, incluindo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), exigem avaliações de riscos determinísticas e probabilísticas de tais instalações para atender aos regulamentos de licenciamento, contribuindo para garantir a segurança, além de reduzir custos e impactos ambientais em operações normais e de acidentes.

Após o acidente nuclear de Fukushima Daiichi, no Japão, em 2011, muitos países têm identificado a necessidade de melhorias para os processos de licenciamento ambiental e nuclear de seus reatores nucleares, a fim de consolidar as lições aprendidas a partir desse evento. Geralmente, a avaliação de segurança, durante os processos de licenciamento, é realizada de forma determinística, complementada por métodos probabilísticos. No Brasil, o licenciamento nuclear é conduzido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) e o licenciamento ambiental é de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). O modelo de licenciamento destas duas agências, nos aspectos de análise de segurança e gerenciamento de riscos, é determinístico em sua essência. No licenciamento nuclear, o comportamento da central nuclear, depois de ser assumido um evento iniciador, é estudado com modelos de cálculo e simulação, que descrevem os fenômenos físicos que ocorrem nos reatores nucleares ou nas instalações radioativas. A Análise Probabilística de Segurança (APS)

concentra-se em uma sequência de eventos que podem levar à fusão do núcleo no caso de um reator nuclear, além de estudos de confiabilidade dos sistemas de segurança das instalações radioativas. No licenciamento ambiental, é necessária uma análise quantitativa de riscos, incluindo avaliações probabilísticas, visando apoiar o estudo de análise de risco, o programa de gerenciamento de riscos e o plano de emergência da central nuclear.

Os requisitos técnicos de segurança para reatores nucleares de potência e pesquisa, irradiadores, quanto para instalações do ciclo do elemento combustível são explicitados na estrutura normativa nacional e por meio de regulações internacionais. Análises de segurança, identificação dos riscos e dos modos de falha e seus efeitos possuem um papel fundamental na avaliação destes requisitos e sua aplicação para garantir a segurança radiológica e ambiental. Se ocorrer uma falha, esta poderá ser compensada ou corrigida [1].

Para tanto, são necessárias blindagens, dispositivos de segurança e de funcionários muito bem treinados. Por meio de uma adequada avaliação dos requisitos técnicos de segurança nuclear, é possível mitigar a ocorrência de acidentes com reatores nucleares, como os ocorridos em outros países.

Os sistemas de instalações industriais se deterioram ao longo do tempo, aumentando assim a probabilidade de acidentes. Requisitos técnicos de segurança e gerenciamento de riscos foram utilizados na elaboração do projeto do Reator Triga IPR-R1 do CDTN da década de 60. Entretanto, com o passar do tempo, a segurança evolui mediante a identificação de novos riscos e novas tecnologias. Desta forma, uma avaliação técnica da adequação destes requisitos e conceitos de segurança é necessária. O reator de pesquisa Triga IPR-R1 foi adquirido da General Atomics de San Diego/Califórnia pelo governo do Estado de Minas Gerais em 1960, através do programa Átomos da Paz. É um reator projetado para ser instalado em instituições de pesquisa e universidades, sendo que foram instalados no mundo um total de 70 reatores do tipo Triga. O Triga IPR-R1 foi construído no antigo Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR), atual Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte. Foi o segundo reator nuclear instalado no país. Sua primeira criticalidade ocorreu em 1960 com uma potência térmica máxima de 30 kW. Nos anos 70, acrescentaram-se elementos combustíveis ao núcleo aumentando a potência para 100 kW. Em 2004 mudou-se a

configuração do núcleo e da instrumentação, adicionaram-se mais elementos combustíveis e alcançou-se a potência de 250 kW. A nova configuração foi mantida, mas o reator tem operado apenas na potência máxima de 100 kW [2].

Em razão disso, o CDTN/ Cnen desenvolve um projeto de pesquisa que tem como meta o aprimoramento e aplicação de metodologia de análise e gerenciamento de risco, visando à melhoria dos processos de licenciamento nuclear de centrais nucleares.

A literatura denomina instalação nuclear [3] a instalação devidamente autorizada, na qual o material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes. Então estão, desde logo, compreendidos nesta definição:

- a) reator nuclear;
- b) usina que utilize combustível nuclear para produção de energia térmica ou elétrica para fins industriais;
- c) fábrica ou usina para a produção ou tratamento de materiais nucleares, integrante do ciclo de combustível nuclear;
- d) usina de reprocessamento de combustível nuclear irradiado;
- e) depósito de materiais nucleares, não incluindo local de armazenamento temporário usado durante transportes.

Estão sujeitas ao licenciamento ambiental não somente as atividades que poluem, mas também as potencialmente poluidoras.

As licenças são expedidas pelo Poder Público, são elas [3]:

- Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;
- Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores,

com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

O reator nuclear não é um poluidor, todavia é potencialmente poluidor em operações normais, uma vez que um acidente em sua instalação pode devastar o meio ambiente. Desta forma, a Resolução Conama 237/1997 [4] prevê em seu artigo 4º, inciso IV que o licenciamento ambiental será exigido a empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber, os destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações. Concomitante a esse artigo as instalações nucleares possuem ainda a particularidade que só terão o licenciamento ambiental consentido mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear – Cnen [5]. Por este motivo, um gerenciamento de riscos adequado deve ser realizado nas instalações dessa natureza.

Um evento é uma ocorrência gerada com base em fontes externas ou internas que afeta a realização das atividades. Os eventos podem causar impactos positivos e/ou negativos. Se negativos esses eventos são denominados riscos. O risco é representado pela possibilidade de que um evento ocorrerá e afetará negativamente a realização das atividades.

O gerenciamento de riscos é [6]:

- um processo contínuo deve ser conduzido pelos profissionais em todos os níveis da instituição;
- aplicar à definição das estratégicas em toda a instituição, em todos os níveis e unidades;
- formulado de modo que identifique eventos em potencial cujo a ocorrência poderá afetar a organização, para assim administrar os riscos;
- capaz de propiciar garantia razoável para o conselho de administração e a diretoria executiva de uma organização;
- orientado para a realização de objetivos em uma ou mais categorias distintas, mas dependentes.

No projeto, aqui descrito, deve ser estudada a probabilidade de um determinado evento correr, não importando se medida, definida ou determinada, ainda que objetiva ou subjetiva, utilizando-se termos gerais ou matemáticos. Gerenciar riscos baseia-se em

princípios, estrutura e processos delineados na NBR ISO 31000 [6] e os principais princípios definidos por ela são criação e proteção de valores, melhor explicados a seguir:

- a) A gestão de risco é parte integrante de todas as atividades organizacionais.
- b) Uma abordagem estruturada e abrangente para a gestão de riscos contribui para resultados consistentes e comparáveis.
- c) A estrutura e o processo de gestão de riscos são personalizados e proporcionais aos contextos externo e interno da organização relacionados aos seus objetivos.
- d) O envolvimento apropriado e oportuno das partes interessadas possibilita que seus conhecimentos, pontos de vista e percepções sejam considerados. Isto resulta em melhor conscientização e gestão de riscos fundamentada.
- e) Riscos podem surgir, mudar ou desaparecer à medida que os contextos externo e interno de uma organização mudem. A gestão de riscos antecipa, detecta, reconhece e responde a estas mudanças e eventos de uma maneira apropriada e oportuna.
- f) As entradas para a gestão de riscos são baseadas em informações históricas e atuais, bem como em expectativas futuras. A gestão de riscos explicitamente leva em consideração quaisquer limitações e incertezas associadas a estas informações e expectativas. Convém que a informação seja oportuna, clara e disponível para as partes interessadas pertinentes.
- g) O comportamento humano e a cultura influenciam significativamente todos os aspectos da gestão de riscos em cada nível e estágio.
- h) A gestão de riscos é melhorada continuamente por meio do aprendizado e experiências.

Diretamente relacionado ao gerenciamento de riscos está à engenharia de confiabilidade. A Engenharia de Confiabilidade [7] concentra-se na estimativa de risco, cálculo de probabilidade e prevenção de falhas durante a vida útil de um produto. O objetivo da Engenharia de Confiabilidade é garantir que um produto atenda, de forma consistente, às expectativas do cliente para executar a função ou as funções pretendidas em um determinado período de tempo sob condições especificadas. A Engenharia de Confiabilidade concentra-se nos custos de falha, incluindo tempo de inatividade da máquina ou do sistema, estoque de peças de reposição, equipamento de reparo e possível custo de garantia.

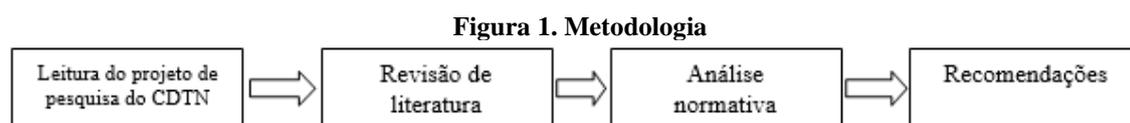
O principal objetivo desse trabalho é analisar a evolução da análise de segurança e a aplicação de metodologias de gerenciamento de gerenciamento de risco, tendo em vista a melhoria dos processos de licenciamento de centrais nucleares e instalações radioativas.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto estão previstas várias etapas, dentre as quais se podem citar: definição do escopo e abrangência do sistema (projeto conceitual); levantamento de informações disponíveis pelos órgãos reguladores e pela indústria sobre perigos e eventos de maior interesse (registros de inspeções, de eventos, testes, manutenção, treinamentos, etc.); levantamento de técnicas de Avaliação Probabilísticas de Segurança, Gerenciamento de Risco, Engenharia de Confiabilidade e avaliação de consequências aplicáveis; elaboração do projeto lógico do sistema de avaliação integrada da segurança, incluindo modelos e bancos de dados necessários para aplicação das técnicas identificadas; realização de estudo de caso utilizando o sistema desenvolvido para avaliação e gerenciamento de riscos de centrais nucleares.

A metodologia empregada neste estudo foi formulada com o intuito de proporcionar um relatório para a realização dos objetivos estabelecidos.

Para alcançar os objetivos propostos deste artigo a metodologia contemplará as seguintes etapas Fig.1.



Fonte: dos autores

3 RESULTADOS

Toda instituição seja ela com ou sem fins lucrativos ou órgão do governo existe para gerar valor para as partes interessadas. Essas organizações enfrentam riscos e o desafio é determinar o nível de risco que ela está preparada para enfrentar na medida em que empenha para alcançar o valor pretendido. O gerenciamento de riscos possibilita as instituições a tratarem com eficácia os riscos e as oportunidades a eles associados de forma a otimizar seus recursos.

O principal objetivo do gerenciamento de riscos é a criação e proteção de valor. Ele melhora o desempenho, a inovação e dá suporte ao alcance das metas. Desta forma, o gerenciamento de riscos corporativos [7] é um processo conduzido em uma organização pelo conselho de administração, diretoria e demais empregados, aplicado no estabelecimento de estratégias, formuladas para identificar em toda a organização eventos em potencial, capazes de afetá-la, e administrar os riscos de modo a mantê-los compatível com o apetite a risco da organização e possibilitar garantia razoável do cumprimento dos seus objetivos.

O projeto em andamento irá contemplar os seguintes componentes [8]:

- i. Ambiente Interno: o ambiente interno compreende o tom de uma organização e fornece a base pela qual os riscos são identificados e abordados pelo seu pessoal, inclusive a filosofia de gerenciamento de riscos, a disposição ao risco, a integridade e os valores éticos, além do ambiente em que estes estão.
- ii. Fixação de Objetivos: os objetivos devem existir antes que a administração possa identificar os eventos em potencial que poderão afetar a sua realização. O gerenciamento de riscos corporativos assegura que a administração disponha de um processo implementado para estabelecer os objetivos que propiciem suporte e estejam alinhados com a missão da organização e sejam compatíveis com a disposição aos riscos.
- iii. Identificação de Eventos: os eventos internos e externos que influenciam o cumprimento dos objetivos de uma organização devem ser identificados e classificados entre riscos e oportunidades. Essas oportunidades são canalizadas para os processos de estabelecimento de estratégias da administração ou de seus objetivos.
- iv. Avaliação de Riscos: os riscos são analisados, considerando-se a sua probabilidade e o impacto como base para determinar o modo pelo qual deverão ser administrados. Esses riscos são avaliados quanto à sua condição de inerentes e residuais.
- v. Resposta a Risco: a administração escolhe as respostas aos riscos - evitando, aceitando, reduzindo ou compartilhando – desenvolvendo uma série de medidas para alinhar os riscos com a tolerância e com o apetite a risco.

- vi. Atividades de Controle: políticas e procedimentos são estabelecidos e implementados para assegurar que as respostas aos riscos sejam executadas com eficácia.
- vii. Informações e Comunicações – as informações relevantes são identificadas, colhidas e comunicadas de forma e no prazo que permitam que cumpram suas responsabilidades. A comunicação eficaz também ocorre em um sentido mais amplo, fluindo em todos níveis da organização.
- viii. Monitoramento: a integridade da gestão de riscos corporativos é monitorada e são feitas as modificações necessárias. O monitoramento é realizado através de atividades gerenciais contínuas ou avaliações independentes ou de ambas as formas.

O grau de eficácia do gerenciamento corresponde à presença e eficácia do funcionamento desses oito componentes citados. Desse modo, esses componentes são critérios objetivos para o gerenciamento eficaz de riscos. Este estudo irá propor à equipe responsável pelo projeto de pesquisa das centrais nucleares do programa nacional a inclusão dos oito componentes de gestão de risco como parte do processo de licenciamento nuclear e ambiental. Esses componentes devem fazer parte dos critérios exigidos no processo de licenciamento nuclear com o objetivo de garantir melhorias contínuas de segurança e de gerenciamento de riscos.

4 CONCLUSÕES

A análise de segurança tornou-se uma parte importante dos requisitos de licenciamento das instalações nucleares e radioativas no Brasil. Com a finalidade de prevenir e mitigar acidentes, várias técnicas analíticas e estatísticas devem ser combinadas, a fim de estimar a probabilidade de ocorrência de eventos indesejáveis e a magnitude das consequências.

O gerenciamento de riscos não é um processo em série, mas sim um processo multidirecional, isto é, um componente não afeta somente o próximo, mas sim a quase a sua totalidade. A gestão de risco permite detalhar os componentes, incentivando o exame de dados de eventos passados, presentes e futuros em potencial.

No que se trata de centrais nucleares o licenciamento ambiental é documento exigível e obrigatório por se tratar de instalações potencialmente poluidoras.

Por este motivo, conclui-se a recomendação da inclusão no projeto dos oito componentes de gerenciamento de risco como instrumento impreterível para o licenciamento ambiental e nuclear de centrais nucleares e instalações radioativas.

AGRADECIMENTO

As seguintes instituições apoiaram este trabalho: Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency – IAEA. Lessons learned from accidents in industrial irradiation facilities. Vienna. 1996.
- [2] Mesquita, A.Z. Investigação Experimental da Distribuição de Temperaturas no Reator Nuclear de Pesquisa Triga IPR-R1. Tese Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Unicamp. 2005.
- [3] Comissão Nacional de Energia Nuclear – Cnen. Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro. Rio de Janeiro. 2014.
- [4] Brasil. Resolução 237 do Conama de 19 dez 1997. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acessado em 21.08.2014..
- [5] Comissão Nacional de Energia Nuclear – Cnen. Licenciamento de Instalações Nucleares. Norma CNEN NE 1.04. Resolução CNEN 15/02. 2002.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT; International Organization for Standardization - ISO. Gestão de riscos — Princípios e diretrizes, *Risk management – Principles and guidelines*. ABNT NBRISO 31000. 2009
- [7] FM2S – Educação e Consultoria. Engenharia de Confiabilidade: o que é e qual sua função? Disponível em <https://www.fm2s.com.br/engenharia-de-confiabilidade/>. Acessado em 27.08.2014.
- [8] Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission – Coso. Gerenciamento de Riscos na Empresa – Estrutura Integrada: Sumário Executivo e Estrutura; *Integrated Framework: Application Techniques*. 2 vol. Nova Jersey. 2007.