

## EXTENSÃO DE VIDA DE USINAS NUCLEARES

Igor Borjaille<sup>1</sup>  
Jefferson Borges Araújo<sup>2</sup>  
Celso Marcelo Lapa<sup>3</sup>

**Resumo:** a central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) possui, atualmente, duas unidades nucleares operando, e a Unidade de Angra 1 encontra-se próxima do término do seu período licenciado de operação. Com o somatório de eventos ocorrendo no cenário energético nacional, com o aumento da demanda, crises hídricas e a transição hidrotérmica da matriz energética nacional, tornou-se importante voltarmos nossos olhos para nossas Usinas e considerarmos a importância que possuem no programa energético do Brasil. O país encontra-se em um período político-econômico delicado, o que agrava ainda mais as dificuldades nos processos de gerenciamento do setor (gestão, investimentos etc.). Deste modo, a necessidade de entendermos como é realizado o processo de pedido de renovação de licença de operação, bem como identificar todos os requisitos necessários para tal, torna-se de elevada importância para a tomada de decisões governamentais, assim como avaliar a sua aplicabilidade para nossas Unidades Nucleares.

**Palavras-chaves:** Extensão de vida; Operação a Longo Prazo; Renovação de Licença.

### LIFE EXTENSION OF NUCLEAR POWER PLANTS

**Abstract:** The Almirante Álvaro Alberto Nuclear Power Plant (CNAAA) currently has two nuclear units operating, and the Angra 1 Unit is near the end of its licensed operation period. With the sum of events occurring in the national energy scenario, with increasing demand, water crises and hydrothermal transition of the national energy matrix, it has become important to turn our eyes towards our Power Plants and consider the importance they have in Brazil's energy program. The country is in a delicate political-economic period, which further aggravates the difficulties in the management processes of the sector (management, investments and etc.). Thus, the need to understand how the process of requesting the renewal of an operating license is carried out, as well as identifying all the necessary requirements for this, is of great importance for governmental decision-making, as well as evaluating its applicability for our Nuclear Units.

**Keywords:** Renewal or Life Extension; Long Term Operation – LTO; License Renewal.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL

<sup>1</sup> IEN - Instituto de Engenharia Nuclear

<sup>2</sup> CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

<sup>3</sup> IEN - Instituto de Engenharia Nuclear

Como é de conhecimento público, o Brasil sofre com a atual crise energética e dificuldades no gerenciamento no setor elétrico. A capacidade de armazenamento de água para o período seco nas usinas hidrelétricas brasileiras vem caindo em face do aumento da demanda, o que diminui a segurança energética do País.

O Brasil é um dos maiores países do mundo com participação de fontes renováveis de energia em sua matriz energética, chegando aproximadamente a uma parcela de 42%, oriundas de recursos naturais como o vento, a água, o sol e outras fontes. Os outros 58% da matriz são originados a partir de fontes não-renováveis como o carvão mineral, petróleo, gás natural, urânio e derivados. (MME, 2015)

A produção de energia por meio dos combustíveis fósseis (não-renovável) possui um valor considerável na matriz energética de todo o planeta, atuando de forma expressiva no aquecimento global, corroborando para o que chamamos de “Efeito Estufa” através da emissão de gases poluentes.

O Ministério das Minas e Energia (MME) prevê que o potencial hidrelétrico brasileiro estará esgotado no quinquênio de 2025 a 2030.

O Brasil vem recorrendo sistematicamente a fontes térmicas como carvão, gás, óleo diesel e combustível desde 2012 para complementar sua oferta de energia elétrica. Em um cenário de chuvas irregulares e rápido esvaziamento dos reservatórios, as usinas termelétricas já responderam por quase 30% da energia do país. A tendência é que essa participação aumente cada vez mais, principalmente a partir de 2025, segundo análise da última edição da Revista Brasil Nuclear. (ABEN, 2014)

“O uso continuado das térmicas indica a existência de uma crise estrutural do setor elétrico, cuja capacidade de geração não consegue suportar o aumento do consumo. Se não solucionada, a situação pode comprometer o crescimento econômico, que exige oferta crescente de energia.

Sua gravidade, portanto, impõe a reestruturação da matriz elétrica, com o investimento em outras fontes térmicas de base, que gerem energia ininterruptamente, para garantir a segurança do abastecimento e possibilitar a expansão da oferta”, de acordo com a publicação da ABEN.

O Sistema Elétrico Brasileiro possui caráter hidrotérmico, onde predomina a geração hidrelétrica e no qual as usinas termoelétricas atuam de forma complementar a geração de base do sistema. Embora os estudos do Planejamento

Energético indiquem a continuidade do predomínio hidroelétrico nas próximas décadas (Plano Nacional de Energia - PNE 2030), a participação do mesmo irá reduzir mediante as dificuldades de licenciamento. (MME, 2017)

A capacidade de produção de energia hidroelétrica será minimizada, uma vez que não há possibilidade de implementação de novas usinas com grandes reservatórios de acumulação, isso implica em uma demanda maior por termoelétricas, tal tendência já se encontra reconhecida pelo órgão competente pelo planejamento, o qual oferece no referido plano um acréscimo energético a partir de usinas térmicas, priorizando a geração térmica através do gás natural e da biomassa da cana-de-açúcar ao invés da energia nuclear. O Brasil possui duas usinas nucleares em operação – Angra 1 e Angra 2 – e uma em construção, Angra 3, responsáveis por fornecer em torno de 1.900 MW de energia, equivalentes a uma parcela de 2,87% da produção total do país. (Eletrobrás, 2017)

Na área de geração de energia, o Brasil é um dos poucos países do mundo a dominar todo o processo de fabricação de combustível para usinas nucleares. O processo de enriquecimento isotópico do urânio por ultracentrifugação, peça estratégica dentro do chamado ciclo do combustível nuclear, é totalmente de domínio brasileiro.

Uma usina é normalmente licenciada para 40 anos. Mediante ações, pode obter sua extensão de vida para até 20 anos. Esta avaliação e aprovação é realizada pelo Órgão Regulador Brasileiro, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Mediante ao cenário atual adverso e as premissas do Plano Energético Nacional, a extensão de vida útil das usinas nucleares ganha um papel importante em uma matriz elétrica, diversificada, sustentável e eficiente, agregando vantagens como competitividade, estabilidade, disponibilidade e a garantia de suprimento de combustível, oferecida pela posse da 6ª maior reserva mundial de urânio, com potencial energético comparável ao pré-sal. (ABEN, 2015)

## **1.2. ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO**

Neste momento, 450 reatores nucleares estão em operação no mundo e 60 novas usinas nucleares encontram-se no processo de construção. De acordo com

NEI (Instituto de Energia Nuclear), as centrais nucleares suprem 10,9 por cento da produção mundial de eletricidade. Podemos destacar a França, Ucrânia e Eslováquia, pela energia nuclear possuir uma parcela de participação que ultrapassa a metade da produção total do país. (NEI, 2017)

Na Figura 1, podemos ver a parcela de atuação da energia nuclear na produção nominal de energia dos países:

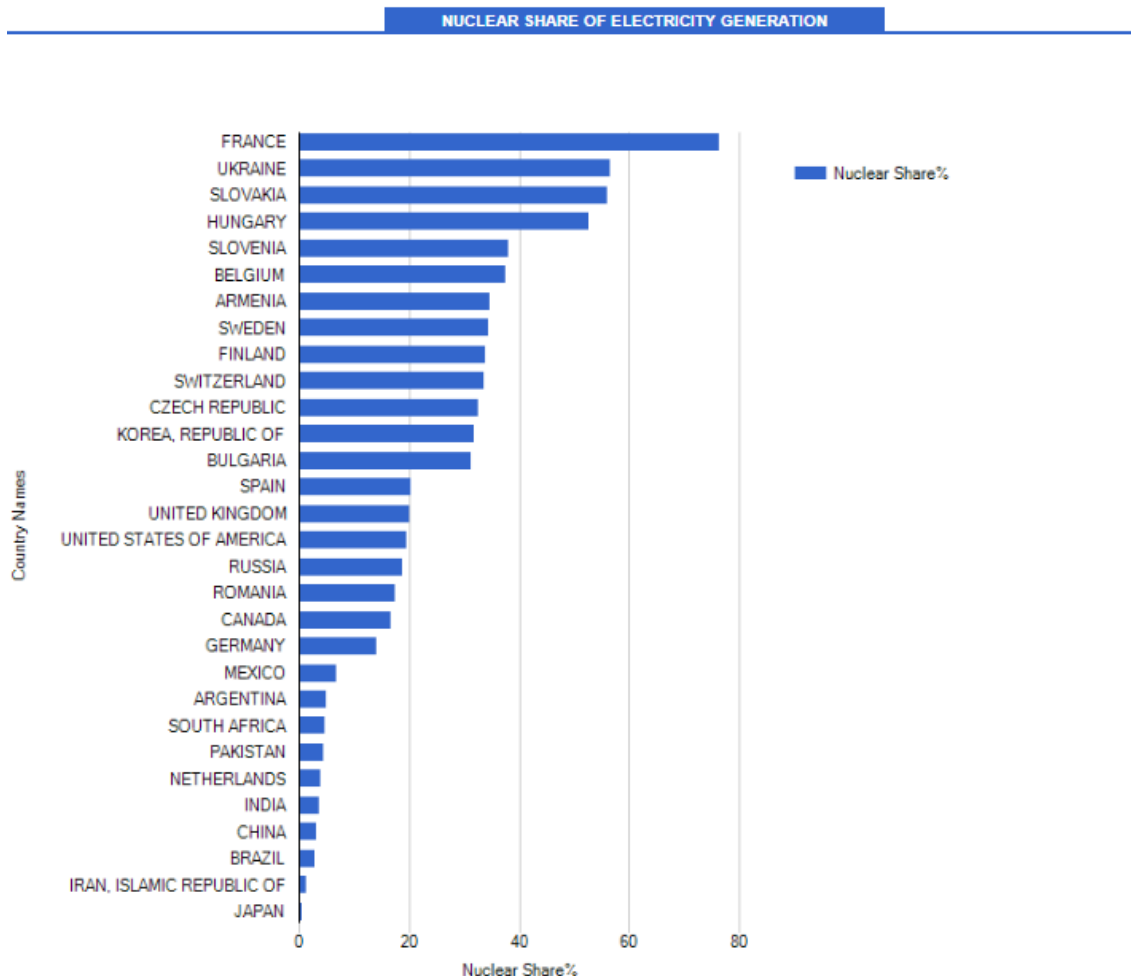
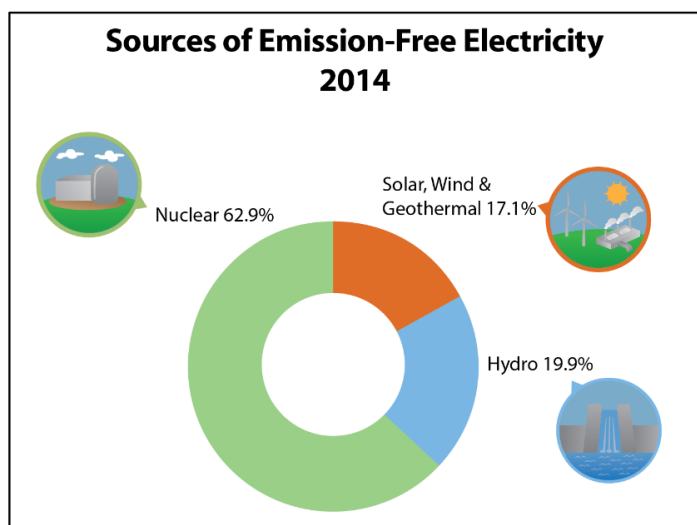


Figura 1: Participação da Energia Nuclear na Produção de Eletricidade

Fonte: International Atomic Energy Agency

A energia nuclear tem um dos melhores rendimentos de geração de calor entre as fontes térmicas de geração e não emite gases do efeito estufa. É uma produção de energia em larga escala, concentrada em uma pequena área com um combustível eficaz e de preço extremamente competitivo.

Na Figura 2, podemos ver de forma ilustrativa a participação da indústria nuclear no suprimento de energia limpa em todo o planeta:



*Figura 2: Fontes de Energia Limpas*

*Fonte: Nuclear Energy Institute*

Como é de conhecimento comum, o crescimento econômico, a melhoria da qualidade de vida, a prosperidade e o aumento da população acarreta uma demanda energética maior. Contudo torna-se indispensável a necessidade da utilização de fontes não-renováveis para suprir tal necessidade da humanidade.

Um sueco utiliza cerca de 17.000 kWh de eletricidade por ano. Um cidadão do estado do Rio de Janeiro usa aproximadamente 2.335 kWh, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2015 da EPE (Empresa de Pesquisa Energética). É importante lembrar a necessidade e a busca das nações em solucionar um fator bem pertinente na atualidade, o aquecimento global, onde a produção de energia através de combustíveis fósseis possui uma parcela significativa na emissão dos gases poluentes.

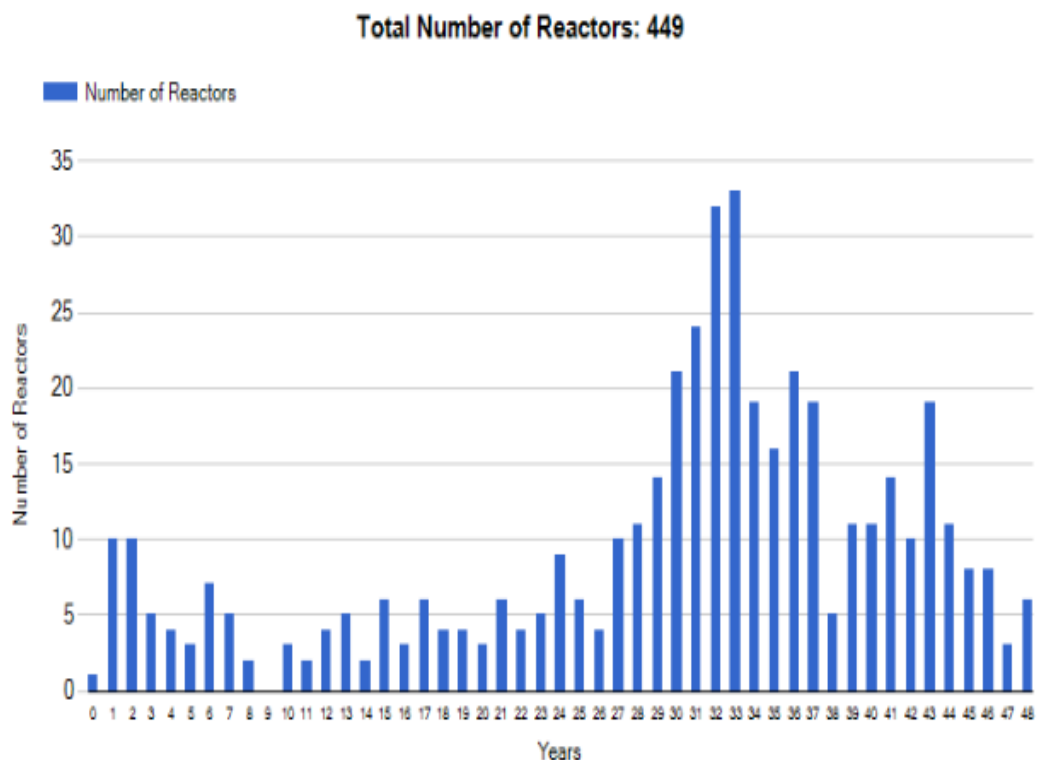
Em termos de sustentabilidade, a energia nuclear ganha pleno destaque entre as opções por fontes fósseis, devido ao suprimento de energia limpa em seu processo e não emite praticamente nenhum gás de efeito estufa. “A prosperidade mundial em uma economia sem carbono, implica em mudar a matriz energética. Certamente existem formas de fazer isso, porém a mais promissora é a nuclear. As fontes livres de carbono não devem ser encaradas como competidoras entre si, mas sim complementares no desafio de prover o mundo com energia limpa e abundante”. De acordo com o Panorama da Energia Nuclear no Mundo. (Eletrobrás, 2017)

## 2. EXTENSÃO DE VIDA DE USINAS NUCLEARES

As usinas nucleares geralmente são licenciadas para operar durante 30 a 40 anos, e há uma possibilidade de extensão de vida em até 20 anos, conforme as regras internacionais. Para renovação da licença de operação a empresa deve comprovar que irá gerenciar de forma efetiva os efeitos de envelhecimento durante a vida estendida, garantindo a segurança operacional no período renovado, confirmando que todos os equipamentos, sistemas e componentes (ESCs) irão exercer suas funções de segurança durante a operação ou em qualquer condição postulada analisada no Relatório de Análise de Segurança.

Envelhecimento é um conjunto de processos ou mecanismos pelos quais as características de ESC degradam progressivamente com o tempo ou uso.

Mais de um terço de todos os reatores de potência em todo o mundo está em operação há mais de 30 anos, como pode ser visto na Figura 3.



*Figura 3: Número de Reatores por Idade no Mundo*

*Fonte: International Atomic Energy Agency*

Muitos países estão fazendo a opção por prosseguir com a operação de centrais nucleares além do prazo inicialmente licenciado (30 ou 40 anos). No momento presente, já existem diversas concessões de extensão de vida de usinas ao redor do mundo. Somente o órgão regulador americano (NRC - Nuclear Regulatory Commission) já concedeu mais de 80 renovações nos Estados Unidos, e possui 12 avaliações pendentes de renovação de licença. Na Europa, também já foram autorizadas solicitações para algumas plantas nucleares de diversos países, pelos seus órgãos reguladores. (Nuclear Regulatory Commission, 2017)

Uma usina nuclear é licenciada com base em um determinado conjunto de requisitos, de acordo com o tipo da planta. O conjunto desses requisitos é denominado “Bases de Licenciamento” da instalação. É um conjunto de requisitos específicos e compromissos a serem cumpridos. Conforme os avanços tecnológicos e a experiência operacional mundial, a base de licenciamento de uma determinada planta pode ser alterada para corresponder com os novos requisitos impostos pelo órgão regulador frente novas informações de acordo com o estado atual da arte.

As usinas nucleares brasileiras possuem uma vida útil de 40 anos. Esse período é determinado pelo órgão regulador nacional, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), com base no Projeto da usina e respectivo Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS). Este período é discriminado na Autorização de Operação Permanente (AOP), em concordância com a norma nacional CNEN NE 1.4 – Licenciamento de Usinas Nucleares. A AOP garante que as usinas serão operadas de forma segura e confiável, considerando que as bases de projeto e as análises de segurança permanecerão válidas nesse período, expostas no Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS), em concordância com todos requisitos específicos de segurança da instalação.

Com a finalidade de manter a responsabilidade com o público e o meio ambiente, órgãos internacionais sentiram a necessidade de criar, através da cooperação e da troca de experiência, critérios e recomendações de segurança em diversos aspectos no que corresponde a uma operação segura de uma central nuclear. No Brasil, as usinas nucleares atendem a norma CNEN NE 1.26 – Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas, imposta pelo órgão regulador.

As obrigações e compromissos de uma instalação nuclear não se restringem apenas a uma específica norma de operação segura.

Diversas outras assumem papéis tão importantes quanto. No que diz respeito à garantia das funções de segurança, podemos citar as normas de manutenção (CNEN NE – 1.21), de garantia da qualidade (CNEN NE – 1.16), entre outras. (CNEN, 2017)

A caracterização da vida útil de uma usina no período de 40 anos considera aspectos fundamentais como: características dos materiais, condições adversas de operação de Estrutura, Sistemas e Componentes (ESCs), desgastes gerados pelo uso e/ou pelo tempo de estruturas passivas e ativas, transientes, desgastes por ciclos operacionais, exposição à radiação, entre outros fatores.

Com o intuito de garantir as margens de segurança da planta, dentro de um determinado período, é realizada uma Reavaliação Periódica de Segurança (RPS). O RPS é um documento de elevada importância durante a fase licenciada, e é fundamental na tomada de decisão para uma extensão de vida da usina.

O RPS é requerido a cada período de 10 anos, após a liberação da AOP, até o fim da licença vigente. Este tempo é recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). O Guia Específico de Segurança para uma Reavaliação Periódica de Segurança SSG – 25 fornece orientações e recomendações para a avaliação, assegurando a adequação e eficácia dos ESCs importantes à segurança. Através da reavaliação sistemática, é possível identificar os efeitos cumulativos de envelhecimento da planta, a necessidade de realizar modificações, bem como implementar novas experiências operacionais e tecnológicas.

Entre o período inicialmente licenciado e em conjunto com o RPS podem ocorrer solicitações da organização operadora para auditorias técnicas realizadas pela AIEA - Missão OSART (Operational Safety Review Team). Durante estas missões OSART, a AIEA coordena equipes de especialistas internacionais que realizam análises do desempenho de segurança operacional em usinas nucleares. A maior parte do trabalho para uma missão OSART regular é realizada durante três semanas intensas de inspeções na usina. O pessoal da missão da OSART conduz



entrevistas com o pessoal da usina, observa os trabalhadores e analisa documentos relacionados à operação da mesma.

Em vez de examinar o projeto físico da planta, os membros da equipe OSART são encarregados de estudar o funcionamento da planta e o desempenho da gerência e do pessoal. A missão OSART foca mais no aspecto humano de uma usina nuclear do que na tecnologia por trás de sua operação.

A equipe OSART mantém uma comunicação constante com os gestores da usina e registra todas as suas descobertas durante seu tempo na mesma, e a ênfase é sempre colocada em melhorar a segurança ao mais alto padrão internacional possível. As revisões da missão OSART baseiam-se totalmente nas normas de segurança da AIEA. Assim como a missão OSART, existem outros grupos de auditorias técnicas especializadas no setor nuclear, todos possuem um objetivo de promover melhorias no que diz respeito à segurança operacional de usinas nucleares no mundo, através da troca de boas práticas e experiências operacionais. Podemos citar outros órgãos importantes como, WANO (World Association of Nuclear Operators), INPO (Institute of Nuclear Power Operations) etc.

Um fator de extrema importância, considerado como um dos elementos-chave no processo de solicitação de Renovação de Licença e Extensão de Vida de Usinas Nucleares, é o Gerenciamento de Envelhecimento de itens relacionados a segurança. É uma fonte valiosa de informação que auxilia a tomada de decisão para solicitação de renovação. De acordo com a sua importância, o Gerenciamento de Envelhecimento é avaliado no RPS, nas missões de órgãos internacionais, no período operacional licenciado.

O gerenciamento de envelhecimento é responsável por identificar, mitigar, controlar e gerenciar os mecanismos e efeitos de degradação por envelhecimento físico ou tecnológico de itens importantes a segurança, bem como de subsistemas cuja falha implicaria nas condições de segurança da planta. Um Programa de Gerenciamento (PGE) adequado, garante a operabilidade segura dos ESCs em todo o tempo operacional da usina.

Atualmente, o órgão regulador nacional (CNEN) não dispõe de um regulamento específico para um PGE. Como dito acima, ele é um fator fundamental

na solicitação de uma Renovação de Licença. No mundo, diversas usinas já implementaram Programas de Gerenciamento de Envelhecimento seguindo alguns modelos e guias internacionais para o tema. Existem duas metodologias para aplicação do mesmo, uma baseada nas publicações da AIEA NS-G 2.12 (International Atomic Energy Agency) e outra na norma norte-americana NRC 10 CFR Part 54 (Nuclear Regulatory Commission).

A concessão de uma Renovação de Licença é algo complexo e requer uma avaliação rigorosa em determinados critérios e fatores de segurança, esses por sua vez foram determinados de acordo com a experiência operacional internacional em Renovação de Licença (RL) e Operação a Longo Prazo (LTO) de centrais nucleares. Além de um PGE eficaz, uma planta deve estabelecer outros programas adequados para assegurar que a Usina seja capaz de garantir a operação segura dos ESCs dentro dos limites específicos de segurança estabelecidos na concepção do projeto e no RFAS. Programas adequados são de certa forma pré-requisitos para uma RL, portanto a falta de implementação e/ou adequação dos mesmos torna inviável a concessão da renovação pelo órgão regulador. Programas importantes como: Programas de Gerenciamento da Obsolescência, Manutenção Efetiva, Qualificação Ambiental de Equipamentos, Inspeção em Serviço, Vigilância e Monitoramento, Monitoramento de regimes químicos e Indicadores de Segurança também se tornam fundamentais para o processo.

Programa de Gerenciamento da Obsolescência é responsável por gerenciar a obsolescência tecnológica de ESCs importantes a segurança, especialmente para a ESCs elétricos e de I & C. Este programa pode estar englobado em outros programas, como o Programa de Manutenção.

O Programa de Qualificação Ambiental de Equipamentos estabelece um gerenciamento adequado de equipamentos sob condições ambientais adversas (vibrações, altas temperaturas, bombardeamento de nêutrons etc.), garantindo a capacidade de exercer suas funções de segurança pretendidas.

O Programa de Inspeção em Serviço é responsável por detectar a degradação de ESCs através de atividades de inspeção ou monitoramento da operação.

O programa de Vigilância confirma e monitora os limites de uma operação segura, considerados durante a fase de projeto.

Um programa de Monitoramento de Regime Químicos atua no controle químico da água. É importante e pode ser usado para minimizar os efeitos nocivos de produtos químicos, impurezas e corrosão em sistemas da planta.

Indicadores de Segurança é um programa utilizado pela NRC para inspecionar, medir e avaliar o desempenho na segurança operacional e física de centrais nucleares.

Vale ressaltar, também, a importância da identificação e revalidação de todas as Análises de Transientes em Função do Tempo de Operação, denominadas “TLAA” (sigla em inglês). A revalidação dessas análises possui elevada importância, pois através deste processo podemos identificar se os ESCs importantes à segurança serão capazes de realizar suas funções pretendidas no período prolongado de operação.

Considerando o modelo da NRC, 10 CFR part 54 – Requisitos para Renovação de Licença de Operação para Centrais Nucleares, as bases de projeto e margens de segurança estabelecidas no Relatório Final de Análise de Segurança (CLB - CurrentLicensingBasis), são considerados como ponto de partida para a renovação. A partir deste relatório, é concedida uma Autorização para Operação Permanente (AOP), com prazo de 40 anos, a qual é revalidada a cada 10 anos (RPS).

Este modelo apresenta um conjunto de requisitos da NRC, aplicáveis a uma planta específica e os compromissos escritos para garantir o cumprimento e a operação dentro destes requisitos. A extensão de vida de uma usina nuclear atualmente está considerando a operação das usinas por mais até vinte anos. Entretanto, estão sendo realizados estudos de maneira a aumentar este tempo para mais quarenta anos. Após analisar a AOP, ocorre a Avaliação Integrada da Planta (IPA – IntegratedPlantAssesment), a qual demonstra se o gerenciamento de envelhecimento de estruturas, sistemas e componentes, implementação de projetos em resposta a reavaliações técnicas e melhoria de *performance* estão sendo

realizados de maneira satisfatória atendendo a AOP, demonstrando um nível aceitável de segurança durante o período de operação prolongada.

Para implementação da 10 CFR part. 54, o órgão NEI (Instituto de Energia Nuclear), publicou um guia de como deve ser realizado e quais documentos importantes para o devido fim. O Guia NEI 95-10, determina que o órgão requerente deve levar em consideração três documentos de orientação regulamentares: NUREG-1800, NUREG-1801 e o RegulatoryGuide 1.188 (Nuclear RegulatoryComission)

O NUREG-1800, Plano Padrão de Avaliação para a Revisão de Solicitações de Renovação de Licença para Centrais Nucleares, oferece orientações ao órgão regulador para realizar as devidas análises de segurança de pedidos de renovação de licença de usinas nucleares. O NUREG – 1800 baseia-se principalmente nas informações disponibilizadas pelo órgão requerente, essas informações devem ser coerentes com os requisitos da 10 CFR part 54, contendo as informações da IPA, alterações na CLB, avaliações das TLAAs, um RFAS, além de informações gerais (especificações técnicas, informações ambientais etc.). O documento descrito divide-se em 4 capítulos:

- (a) Informações Administrativas
- (b) Metodologia de Escopo e Triagem de ESCs sujeitos a Revisão e Implementação do Gerenciamento do Envelhecimento
- (c) Resultados da Revisão do Gerenciamento de Envelhecimento
- (d) Revalidação das TLAA

O NUREG-1801, “Relatório GALL” (GenericAgingLessonsLearned), é um relatório que fornece informações de lições comuns aprendidas ao longo da troca de experiência operacional, sobre programas adequados de gerenciamento de envelhecimento de ESCs de usinas nucleares (mecânicos, elétricos, I & C, estrutura civil). É utilizado como comparativo aos programas da Unidade requerente, tornando possível determinar pontos fracos (necessidade de melhorias) e pontos fortes (boas práticas) no conceito de gerenciar os efeitos de degradação por envelhecimento da

planta. O requerente pode fazer referência ao Relatório GALL em um pedido de renovação de licença para demonstrar que os programas da usina correspondem aos programas revisados e aprovados pelo relatório. O NUREG-1801 foi incorporado ao NUREG-1800 com o intuito de melhorar a eficiência do processo da renovação da licença.

A outra metodologia, baseada nas documentações da Agência Internacional de Energia Atômica, possui nomenclatura um pouco diferente, é chamada de Operação a Longo Prazo (LTO – LongTermOperation). Assim como a metodologia norte-americana, a AIEA também aborda como elementos importantes para uma Extensão de vida aspectos como: RPS, Gerenciamento do Envelhecimento, modificação da planta, dentre outros fatores considerados processos e características limitantes de vida de ESCs.

A metodologia da AIEA segue o relatório de segurança SRS N° 57 (SafetyReporton Safe LongTermOperation). Este relatório fornece informações sobre as principais atividades e considerações técnicas para garantir uma LTO segura de usinas nucleares de acordo com os requisitos regulamentares.

Com a finalidade de propor diretrizes para identificação e conformidade dos Aspectos de Segurança na Operação a Longo Prazo (SafetyAspectsofLongTermOperation (SALTO), a AIEA desenvolveu a Missão SALTO. Esta missão trata-se de uma revisão abrangente de segurança que aborda a estratégia e os elementos-chave para LTO de usinas nucleares, o que complementa as revisões da missão OSART.

O objetivo desta missão é auxiliar os Estados-Membros na garantia de uma Operação a Longo Prazo segura e no intercâmbio de experiência operacional e de informações sobre boas práticas. A missão SALTO aborda a estratégia e os elementos-chave da LTO e programas de gerenciamento do envelhecimento.

Uma LTO adequada e segura baseia-se na experiência e nas práticas de vários Estados-Membros que dominam atividades como: a renovação de licença de instalações nucleares, o gerenciamento do envelhecimento e a revalidação das TLAAs.

A missão concentra-se no desempenho em áreas técnicas, requisitos regulamentares relacionados, aspectos gerenciais de implementação de políticas, controle e coordenação das atividades relacionadas, reavaliação e melhoria contínua das atividades, e no controle de documentos.

A missão SALTO baseia-se nos requisitos específicos de segurança na operação de Centrais Nucleares (SpecificSafetyRequirements SSR-2/2), no guia de segurança sobre gerenciamento de envelhecimento para as centrais nucleares (SafetyGuide NS-G-2-12); faz referência ao SRS Nº 82 “Relatório IGALL” – Relatório de lições comuns aprendidas entre os Estados-Membros pela troca de experiência operacional, sobre programas adequados de gerenciamento de envelhecimento de ESCs de usinas nucleares (InternationalGenericAgingLessonsLearned) e segue o relatório de segurança SRS Nº 57 (SafetyReporton Safe LongTermOperation) que aborda:

- A viabilidade da LTO (estudos de viabilidade, pré-condições para LTO, programas da planta);
- Escopo e triagem de sistemas, estruturas e componentes importantes a segurança;
- Avaliação e gerenciamento da degradação por envelhecimento de ESCs importantes para LTO;
- Revalidação da TLAAs;
- Gerenciamento e Controle da Documentação.

Basicamente, os modelos seguem um caminho bem comum de requisitos de segurança, ambos dispõem de guias para atender as normas vigentes de segurança para extensão de vida útil de usinas nucleares, ambos utilizam relatórios baseados na troca de experiência como referência comparativa, para adequação ou não, dos programas de gerenciamento do envelhecimento do órgão requerente.

A metodologia da AIEA, como dito acima, possui caráter bem próximo da metodologia norte-americana. Como nós veremos a seguir, divide-se em 6 áreas relevantes de “A” a “F”:

**(A) Organização e funções, base de licenciamento atual (CLB), gerenciamento da configuração / modificação:**

Nesta área serão avaliados: os requisitos, códigos e normas regulamentares utilizados; a estrutura organizacional e o programa para implementação da LTO; o Relatório de Análise de Segurança e outros Documentos de base de Licenciamento atuais; como foi realizado o Gerenciamento da Configuração / Modificação incluindo a documentação de base de projeto.

**(B) Definição de alcance e rastreo e programas da planta relevantes para LTO:**

Avaliar qual metodologia e critérios foram utilizados para o escopo e definição de ESCs importantes para LTO segura. Analisar a existência de Programas da Instalação relevantes para LTO (Manutenção, Qualificação Ambiental de equipamento (EQ), Inspeção em Serviço (ISI), Vigilância e Monitoramento, Monitoramento de Regimes Químicos, etc.)

**(C) Revisão do AM, AMP e revalidação da TLAA de componentes mecânicos:**

Avaliação de como foi realizado o escopo e triagem de ESCs mecânicos da instalação. Revisão do PGE, do Programa de Obsolescência da Revalidação das TLAAs e a confiabilidade na recolha de dados e manutenção de registros.

**(D) Revisão do AM, AMP e revalidação da TLAA de componentes elétricos I & C:**

Avaliação de como foi realizado o escopo e triagem de ESCs elétricos e de Instrumentação e Controle da instalação. Revisão do PGE, do Programa de Obsolescência (especialmente) da Revalidação das TLAAs (incluindo a EQ) e a confiabilidade na recolha de dados e manutenção de registros.

**(E) Revisão do AM, AMP e revalidação da TLAA de Estruturas Civas:**

Avaliação de como foi realizado o escopo e triagem de ESCs civis da instalação. Revisão do PGE, do Programa de Obsolescência da Revalidação das TLAAs e a confiabilidade na recolha de dados e manutenção de registros.

**(F) Gerenciamento de RH, competência e conhecimentos para LTO:**

Gerenciamento de Competências, processos de recrutamento, formação e qualificação do pessoal envolvido em atividades da LTO.

Analisando ambas metodologias, vale ressaltar uma abordagem um pouco diferenciada e mais específica, por meio da metodologia da AIEA. A área “F”, lida com um assunto bem contemporâneo, o Gerenciamento do Conhecimento para uma LTO. A revisão das atividades e a preparação dos recursos humanos, das competências e do Gerenciamento do conhecimento para LTO complementa o objetivo da revisão como uma área de revisão opcional.

Nesta área, a equipe também analisa se a política e estratégia de recursos humanos da planta suportam adequadamente as potenciais necessidades de uma LTO.

A Figura 4 demonstra alguns fatores de suma importância para um processo de Extensão de Vida de uma Usina Nuclear. A descrição e a devida importância destes fatores são abordadas em ambas metodologias.



*Figura 4 – Fatores Importantes para uma Extensão de Vida de Usinas Nucleares*

*Fonte: International Nuclear Atlantic Confederation 2015*

No Brasil, a Usina de Angra 1 entrou em operação comercial em 1985, já atingindo a marca de mais de três décadas de operação, enquanto a Usina de Angra



2 está atingindo a marca de 16 anos de operação (entrou em operação comercial no ano 2001).

Com isso, o assunto tratado torna-se fundamental para a Usina de Angra 1, visto que sua AOP está validada para 2024, e para estender a operação da usina além desse período é necessário apresentar junto ao órgão regulador, a CNEN, um pedido de extensão de vida da Usina.

O documento para Renovação de Licença deve ser encaminhado em pelo menos até 5 anos antecedentes à expiração da licença atual, de acordo com a 10 CFR part. 54. (Nuclear Regulatory Commission).

### **3. CONCLUSÃO**

O Brasil não dispõe de uma metodologia para solicitação para Renovação de Licença. Conforme analisado anteriormente. A extensão de vida das usinas brasileiras possui elevada importância dentro do cenário político econômico nacional.

Esta extensão de vida tem um importante impacto financeiro, uma vez que o processo de renovação de licença torna-se menos custoso comparado a novos investimentos no setor energético.

O processo de construção de usinas nucleares é caro, mas possui custos relativamente baixos de combustível e manutenção. Ao fim da licença inicial de 40 anos de um reator, os custos de capital inicial foram recuperados e os custos de descomissionamento foram totalmente financiados. A obtenção de uma extensão de vida de mais de 20 anos, com um custo bastante reduzido, propicia um alto grau de investimento positivo. (Nuclear Energy Institute, 2015)

A Comissão Nacional de Energia Nuclear possui normas regulamentares que garantem uma operação segura da central nuclear dentro do período da AOP. Essas normas são: NE 1.21 (Manutenção de Usinas Nucleares), NE 1.26 (Operação Segura de Usinas Nucleares), NE 1.14 (Relatórios de Operação de Usinas Nucleares) e NE 1.04 (Licenciamento de Usinas nucleares). Tornam-se necessárias iniciativas regulatórias e atualizações destas normas a fim de incluir requisitos específicos e gerais para Gerenciamento de Envelhecimento e Extensão de Vida.

A CNEN vem participando de cooperações técnicas relacionadas aos PGEs e Renovação de Licença. Parcerias são realizadas com o Fórum Ibero-Americano (Espanha, México e Argentina), com a Comunidade Europeia (Espanha, Hungria e França), com a AIEA e a NRC. (INAC, 2015)

Para formular uma metodologia adequada é possível utilizar a metodologia NRC para Renovação de Licença, tendo em vista que as usinas norte-americanas são pioneiras neste processo. Entretanto, o método da AIEA torna-se fundamental, levando em consideração a questão do Gerenciamento do Conhecimento e a Gestão dos Recursos Humanos.

Nossas Usinas possuem uma vida útil de 40 anos, o que dificulta a gestão de recursos humanos. Próximo do fim da AOP, boa parte do pessoal devidamente qualificado para LTO (grupo com experiência operacional e multidisciplinar) estará em processo de desligamento com o órgão licenciado. Para compensar as perdas de pessoal devido à reforma ou mudanças de emprego e por outras razões, devem ser levadas em consideração a melhoria e adequação dos programas de treinamento para o pessoal relacionado às atividades da LTO. Os programas de treinamento também devem ser adaptados para atender às necessidades técnicas, administrativas e operacionais específicas da LTO.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Eletrobrás Eletronuclear. (23 de março de 2017). Informações Angra 1. Fonte: Eletronuclear:

<http://www.eletronuclear.gov.br/AEmpresa/CentralNuclear/Informa%C3%A7%C3%B5esAngra1.aspx>

Eletrobrás Eletronuclear. (23 de março de 2017). Angra 2. Fonte: Eletronuclear: <http://www.eletronuclear.gov.br/Aempresa/CentralNuclear/Angra2.aspx>

Ministério de Minas e Energia - MME. (2017). Matriz Energética Brasileira. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética. Fonte: MME: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-eindicadores/matriz-energetica-nacional-2030>

Ministério de Minas e Energia - MME. (2017). Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética. Fonte: MME

Nuclear Energy Institute - NEI. (25 de janeiro de 2017). Nuclear Energy Institute. Fonte: U.S. Nuclear Power Plants - Nuclear Energy Institute: <https://www.nei.org/Knowledge-Center>

Nuclear Energy Institute - NEI. (25 de janeiro de 2017). Nuclear Energy Institute. Fonte: U.S. Nuclear Power Plants - Nuclear Energy Institute: <https://www.nei.org/Master-DocumentFolder/Backgrounders/Fact-Sheets/License-Renewal-of-Nuclear-Power-Plants>)

United States Nuclear Regulatory Commission. (26 de janeiro de 2017). NRC: Status of License Renewal Applications and Industry Activities. Fonte: U.S. NRC: <http://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/renewal/applications.html>

International Atomic Energy Agency. (18 de março de 2017). IAEA: Safety Aspects of Long Term Operation SALTO. Fonte: IAEA: <https://www.iaea.org/services/review-missions/safety-aspects-oflong-term-operation-salto>

Associação Brasileira de Energia Nuclear. (15 de maio de 2015). Publicações Técnicas. Fonte: <http://www.aben.com.br/publicacoes-tecnicas>

International Atomic Energy Agency. (18 de março de 2017). IAEA: Fonte: PRIS: <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>

Conselho Nacional de Energia Nuclear. (26 de julho de 2016). CNEN: Normas. Fonte: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp>

United States Nuclear Regulatory Commission. (20 de fevereiro de 2016). NRC: 10 CFR Part 54—Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants. Fonte: US NRC <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part054>

Submetido em: 27 de março 2018  
Aprovado em: 04 de agosto de 2018