

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM TECNOLOGIA  
NUCLEAR**

**PRIMEIRO-TENENTE BRUNO PEREIRA DO NASCIMENTO**



**PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA E INSPEÇÃO  
*IN-SERVICE* COM FOCO NO SUBMARINO NUCLEAR “ÁLVARO  
ALBERTO”**

**RIO DE JANEIRO**

**2018**

**PRIMEIRO-TENENTE BRUNO PEREIRA DO NASCIMENTO**

**PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA E INSPEÇÃO  
*IN-SERVICE* COM FOCO NO SUBMARINO NUCLEAR “ÁLVARO  
ALBERTO”**

**RIO DE JANEIRO**

**2018**

**PRIMEIRO-TENENTE BRUNO PEREIRA DO NASCIMENTO**

**PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA E INSPEÇÃO  
*IN-SERVICE* COM FOCO NO SUBMARINO NUCLEAR “ÁLVARO  
ALBERTO”**

Monografia apresentada ao Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo para obtenção do diploma do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear para Oficiais da Marinha do Brasil.

Área de atuação: Tecnologia Nuclear

Orientador: CF (EN) Reinaldo Maeda

**RIO DE JANEIRO**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

A todos os instrutores e ao orientador CF (EN) Reinaldo Maeda, pela dedicação e tempo despendido em prol do engrandecimento intelectual e paciência para transmitir os conhecimentos obtidos.

Aos companheiros de turma, pelo apoio e momentos vivenciados através dos bancos escolares, seminários e período de estágio, que certamente ficarão em nossas memórias.

A Marinha do Brasil, ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk e ao Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, com particular ressalve aos instrutores, pela oportunidade ímpar de realizar o Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear.

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

## RESUMO

A grande diferença ou vantagem do Submarino Nuclear em relação ao Convencional está na sua capacidade de ocultação e quase inesgotável capacidade de gerar energia através do reator. Entretanto, a dificuldade de acesso à tecnologia de propulsão nuclear, que é restrita a um limitado número de países e o sigilo em relação aos mesmos, aumenta significativamente os óbices de realização de pesquisas que orbitem essa esfera contextual, como é o caso deste trabalho, no expor das nuances de um programa de manutenção e inspeção periódica atinentes a um reator de propulsão e relacionando sua importância ao primeiro Submarino Nuclear Brasileiro. Tendo como base o Laboratório de Geração Nucleoelétrica, em desenvolvimento pela Marinha, que será utilizado para validar as condições de projeto e ensaiar as possíveis condições de operação e manutenção para a planta do submarino nuclear, a pesquisa valeu-se de tópicos como: as etapas de manutenção ao longo do ciclo vida do submarino, de forma a garantir os requisitos de disponibilidade e segurança; o papel da organização operadora e da autoridade de segurança nuclear; a realização da troca de combustível; rotinas de inspeção em serviço e seu amparo normativo, para que assim se viabilize a concepção de um manual de procedimentos operacionais e de manutenção, definidos e um efetivo sistema de treinamento simulacional para o pessoal envolvido na faina, tendo em vista o minimalismo do erro humano. Todos esses aspectos se culminam em um eficiente sistema de gerenciamento de manutenção e dados logísticos para o futuro submarino nuclear do Brasil.

**Palavras-chave:** Submarino Nuclear. Manutenção e Inspeção. Laboratório de Geração Nucleoelétrica.

## ABSTRACT

The major difference or advantage of the Nuclear Submarine in comparison to the classic one is its stealthiness and quite inexhaustible ability to generate energy by the reactor. However, the difficulty of access to nuclear propulsion technology, which remains restricted to a limited number of countries, and the secrecy regarding them, increases the burden of carrying out researches that orbit this contextual sphere, as is the case of this work, which aims to present the nuances of a maintenance program and periodic inspection, related to a propulsion reactor and relating its importance to the first Brazilian Nuclear Submarine. Based on the Nucleoelectric Generation Laboratory, being developed by the Navy, which will be used to validate the design conditions and test the possible operating and maintenance conditions for the submarine nuclear power plant, the current research was based on important issues such as: maintenance stages throughout the circle of life of the submarine, to ensure availability and safety requirements; the role of the operating organization and the nuclear safety authority; the performance of the fuel change; in-service inspection routines and their normative base. In order to make possible the conception of a book of well-defined operational and maintenance procedures and an effective simulational training system for personnel involved in the task, to diminish the human error. Finally, all these aspects culminate in an efficient maintenance management system and logistic data for the future Brazilian nuclear submarine.

**Keywords:** Nuclear Submarine. Maintenance and Inspection. Nucleo electric Generation Laboratory.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA – Agência Internacional de Energia Nuclear  
AgNSNQ – Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade  
ASME – American Society of Mechanical Engineers  
CAB – Ciclos de Atividades Básicos  
CMMS – Computerized Maintenance Management System  
CNEM – Conselho Nacional de Energia Nuclear  
CR – Compartimento do Reator  
DCNS – Direction des Constructions Navales et Services  
DGDNTM – Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha  
EBN – Estaleiro e Base Naval de Itaguaí  
EHP – Effective Horse-Power  
ESC – Estruturas, Sistemas e Componentes  
EMGEPRON – Empresa de Gerenciamento de Projetos Navais  
GV – Gerador de Vapor  
ICN – Itaguaí Construções Navais  
LABGENE – Laboratório de Geração Nucleoelétrica  
MB – Marinha do Brasil  
MWth – Mega Watt Térmico  
MRB – Missão de Rotina Básica  
NRC – Nuclear Regulatory Commission  
PAM – Períodos de Atualização e Modernização  
PDR – Período de Docagem Rápida  
PMG – Período de Manutenção Geral  
PMR – Períodos de Manutenção de Rotina  
PNM – Programa Nuclear da Marinha  
POB – Período de operação Básico  
PR – Prédio do Reator  
PROTER – Protótipo em Terra  
PWR – Pressurized Water Reactor  
SMP – Sistema de Manutenção Programada

SN – Submarino Nuclear

SN – BR – Submarino Nuclear Brasileiro

UMC – Unidade Móvel de Confinamento

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Compartimento de Reator PWR Naval Típico.....	21
Figura 2 - Ciclo de Atividades do Labgene.....	30
Figura 3 - Troca de Combustível com UMC durante PMG.....	33
Figura 4 - Ilustração Banco de Dados Logísticos.....	48
Figura 5 - Ilustração Software de Gerenciamento de Manutenção.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vida Operacional Média SN por Nação.....	23
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVO GERAL .....	16
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	17
1.4	METODOLOGIA .....	17
1.5	ESTRUTURA DO TCC .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1	O SN-BR .....	19
2.2	CIRCUITO PRIMÁRIO.....	20
2.3	CIRCUITO SECUNDÁRIO.....	21
2.4	CICLO DE VIDA DO SUBMARINO .....	21
2.5	AUTORIDADE DE SEGURANÇA NUCLEAR .....	23
2.6	DICOTOMIA DISPONIBILIDADE X SEGURANÇA.....	25
2.7	MANUTENÇÃO .....	25
2.8	INSPEÇÃO EM SERVIÇO .....	26
2.9	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3.1	CICLO DE ATIVIDADES DO SN-BR.....	28
3.2	ROTINAS DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO O REATOR.....	31
3.3	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE FUNCIONAMENTO .....	33
3.3.1	Requisitos de Inspeção em Serviço .....	34
3.3.2	Requisitos de Testes em Serviço.....	35
3.4	CONDIÇÕES OPERACIONAIS .....	36
3.4.1	Transientes Operacionais Normais .....	37
3.4.2	Transientes Operacionais Anormais .....	39
3.5	CONDIÇÕES DE PRONTIDÃO.....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
4.1	MODOS DE OPERAÇÃO .....	44

4.2	O FATOR HUMANO .....	45
4.3	BANCOS DE DADOS LOGÍSTICOS .....	47
4.4	TESTES DE SOFTWARE E GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO .....	49
5	CONCLUSÃO .....	50
	REFERÊNCIA .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

O Programa Nuclear da Marinha (PNM) foi iniciado no final da década de 1970, com dois propósitos básicos: o domínio do ciclo do combustível nuclear e a construção do Laboratório de Geração Energia Núcleo - Elétrica (LABGENE), dentro do planejamento estratégico de se ter um submarino a propulsão nuclear.

A Marinha do Brasil (MB) atualmente domina todo o ciclo de enriquecimento de urânio, que será o combustível do Submarino Nuclear (SN), e da construção de um reator para a propulsão naval. O LABGENE será utilizado para validar as condições de projeto e ensaiar todas as condições de operação possíveis, para a planta de propulsão nuclear, que equipará o 1º Submarino Nuclear, “Álvaro Alberto”.

O Submarino Nuclear Brasileiro (SN-BR) será construído no Estaleiro e Base Naval de Itaguaí (EBN), RJ, pela Itaguaí Construções Navais (ICN), através de um acordo firmado entre o Brasil e a França, para transferência de tecnologia de projeto e construção de SN, suas instalações de apoio, EBN, e quatro submarinos convencionais, semelhantes aos da Classe Scorpène [1]. A ICN é uma sociedade de propósito específico composta pela empresa estatal francesa “Naval Group” ( antiga “Direction des Constructions Navales et Services”, DCNS ), pela empresa brasileira Construtora Norberto Odebrecht SA e pela Empresa de Gerenciamento de Projetos Navais (EMGEPRON), que representa a MB [2].

Esse progresso é decorrente de transferência de tecnologia, do fortalecimento da indústria nacional e da melhoria da qualificação técnica de profissionais brasileiros, permitindo ao Brasil ter a capacidade de desenvolver e construir seus próprios submarinos, com independência e autonomia para o projeto, nacionalização de materiais, e manutenção dos equipamentos e sistemas.

A Base Naval está dividida nas Áreas Norte e Sul, que são interligadas por um túnel com cerca de 700 metros de extensão e 14 metros de diâmetro. Na Área Sul com 487 mil m<sup>2</sup>, serão construídos o Estaleiro de Construção de Submarinos, o cais para apoio aos submarinos, dois diques, o Complexo Radiológico e o **Estaleiro de Manutenção de Submarinos**[2].

Como todo navio, um submarino deverá passar por períodos de manutenção (PM) com recarga do combustível nuclear e inspeções periódicas a fim de se determinar se o mesmo permanece em condições adequadas para operação segura e contínua, ou se medidas corretivas devem ser tomadas. Durante a vida útil de uma

instalação nuclear ou navio, suas estruturas, sistemas e componentes (ESC) encontram-se submetidas a condições ambientais e funcionais que podem provocar alterações das propriedades dos materiais, tais como envelhecimento, fragilização, fadiga, formação de defeitos, etc. Por este motivo, considera-se necessário examiná-las com o objetivo de detectar de forma preventiva qualquer deterioração nas mesmas e analisar se podem continuar em serviço nessas condições ou se é necessário levar a cabo ações corretivas.

O conjunto de exames e testes periódicos realizados, durante a vida operacional de uma instalação, é conhecido por Inspeção em Serviço, e tem por objetivo verificar a integridade estrutural e a capacidade funcional das estruturas, sistemas e componentes relacionados com a segurança.

Para o desenvolvimento dos programas de manutenção e inspeção em serviço, aplica-se um vasto conjunto de normas através das quais se estabelecem requisitos, tais como, alcance, frequência, métodos de inspeção e teste, critérios de aceitação e ações corretivas.

O programa de manutenção do SN-BR deverá abranger todas as medidas preventivas e corretivas, tanto administrativas quanto técnicas, que são necessárias para detectar e mitigar a degradação de um componente da planta nuclear ou para restaurar a um nível aceitável o desempenho das funções de projeto. O propósito da atividade de manutenção também é melhorar a confiabilidade do equipamento. O alcance das atividades de manutenção incluem manutenção, revisão, reparo e substituição de peças, e, muitas vezes, conforme o caso, teste, calibração e inspeção.

Um submarino é composto de muitos componentes, cada um tem seu ciclo de vida, cabe à MB gerenciar os ciclos de vida de modo que as manutenções sejam feitas simultaneamente. Um “Sistema de Manutenção Programada” (SMP) é o conjunto das ações de manutenção planejada preventiva e preditiva, em uma coletânea de rotinas programadas que obedece a um método racional de planejamento, execução e controle. Nele está incluído o Período de Revalidação para Submarinos (PRS), em que são executadas, de forma programada, as ações necessárias à avaliação dos sistemas e equipamentos dos submarinos, visando à extensão do seu período operativo.

## 1.1 Justificativa

Ainda hoje, é bastante comum que a manutenção seja encarada como um “mal necessário” nas organizações e, dessa forma, dedica-se pouco tempo a esta atividade durante a fase de projeto e planejamento de um empreendimento. Esta visão conserva-se no fato de que realizar manutenção gera custos, não agrega um valor perceptível ao objetivo do projeto, além de gerar indisponibilidades momentâneas de bens e recursos. Por que não antever? Por que não mudar a cultura? Podemos dizer que o principal objetivo na Manutenção é justamente o contrário, ou seja, **garantir a máxima disponibilidade dos sistemas e equipamentos com o menor custo possível** e é neste período de projeto que as principais ações devem ser tomadas para buscar este objetivo. Um estudo inicial de metodologias para implantação de um plano faz parte destas ações.[3]

Certas peculiaridades também distinguem a Tecnologia Nuclear de qualquer outro ramo do conhecimento tecnológico, entre elas a segurança é a que mais se destaca. Por sua vez, essa depende do grau de confiabilidade dos equipamentos e instalações. A manutenção efetiva, o monitoramento e a inspeção durante serviço são essenciais para a operação segura de uma instalação nuclear. Eles asseguram não só que os níveis de confiabilidade e disponibilidade de todas as estruturas, sistemas e componentes da planta que influenciam a segurança permanecem de acordo com os pressupostos e necessidades do projeto, mas também que a segurança da planta não é afetada negativamente após o início da operação [4]

A garantia da manutenção dos objetivos de confiabilidade, durante a vida útil do SN-BR, requer que o projeto desenvolva sistemas capazes de serem testados e inspecionados também em serviço, sempre que possível sob condições de funcionamento reais. Por isto, é de fundamental importância a implementação de um programa de manutenção inspeção e testes em serviço, durante a vida útil do submarino nuclear, e que esteja também de acordo com uma regulamentação estabelecida por um organismo regulador.

## 1.2 Objetivo Geral

Expor a importância de um programa de manutenção e inspeção periódica bem consolidado para o futuro SN- BR.

### **1.3 Objetivo Específico**

- Identificar os Códigos e Normas que servirão de base para a elaboração do programa de Manutenção e Inspeção em Serviço para o LABGENE.
- Abordar o processo de manutenção e inspeção periódica de instalações nucleares, com foco no submarino nuclear brasileiro.
- Fazer um estudo, correlacionando também usinas de produção de energia e submarinos convencionais, elucidando a importância de um programa de manutenção bem consolidado.
- Avaliar os impactos concernentes a segurança, devido a negligência relacionada a manutenibilidade.
- Propor um programa de manutenção programada.

### **1.4 Metodologia**

Serão feitas entrevistas, analisados artigos, publicações, livros e manuais ostensivos que versem sobre o assunto, fazendo o levantamento das informações relevantes ao tema, para que seja feita a visão geral de um programa de manutenção bem definido com base na aplicabilidade dos diferentes Códigos e Normas de Inspeção em Serviço, fazendo um comparativo entre o programa de inspeção e manutenção de uma instalação nuclear convencional e o submarino de propulsão nuclear, no que tange à interseção da maior adequabilidade possível entre os dois sistemas. Procurando abordar este assunto, bastante técnico, da forma mais objetiva possível.

### **1.5 Estrutura do TCC**

No capítulo 1, é apresentado o Programa Nuclear da Marinha, seus objetivos e metas principais, como o LABGENE, o estaleiro e Base Naval de Itaguaí, enfatizando a importância de se elaborar um programa de manutenção efetivo, que garanta a eficiência da instalação nuclear após o início de suas atividades, bem como sua operação segura, através do monitoramento e da inspeção em serviço, mantendo assim seus níveis de confiabilidade e disponibilidade estabelecidos no projeto.

No capítulo 2, são apresentados alguns conceitos sobre reatores PWR,

características do LABGENE; ciclo de vida do SN-BR e o papel da Autoridade de Segurança Nuclear no gerenciamento e na garantia dos requisitos de segurança. Nesse contexto, a disponibilidade e confiabilidade ao longo do ciclo de vida do SN-BR são garantidas através de um programa de Manutenção Programada realizado em níveis ou etapas, as quais são desdobradas no capítulo seguinte.

O capítulo 3 aborda o ciclo de atividades do SN-BR, seu período de manutenção geral, de rotina e docagem rápida, além dos períodos de manutenção e modernização. São abordados também as rotinas de manutenção e inspeção em serviço, além da base normativa para tal. Por fim, enfocam-se transientes e condições de operação do reator que servirão de base para o manual de operação.

No capítulo 4, é ilustrada importância para vida útil do SN-BR relacionando-a a correta execução dos procedimentos constantes no Manual de Operação. São apresentadas propostas para otimização das atividades de manutenção e inspeção em serviço do SN-BR, tais como: armazenamento de dados em um “Banco de Dados Logístico”, gerenciado por um software de gestão de manutenção, além do aspecto humano, através de treinamentos em simuladores ou laboratórios para o pessoal de operação e manutenção.

E por fim, é feita a conclusão acerca do conteúdo exposto neste trabalho de pesquisa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O SN-BR

No contexto brasileiro, o termo “nuclear” não tem relação com o sistema de armas do SN, mas sim com seu sistema de geração de energia, que surge da fissão do urânio em um reator nuclear.

Apesar da complexidade de uma planta nuclear, seu princípio de funcionamento é similar ao de uma usina termelétrica, onde o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que aciona turbinas, acoplada a um gerador elétrico. Em uma planta nuclear, o calor é produzido pela fissão do urânio no reator nuclear, que necessita de um sistema para controlar a reação nuclear (barras absorvedoras de nêutrons) e uma blindagem eficiente contra os nêutrons e raios gamas emitidos pelos produtos da fissão.

O modelo de reator empregado no SN desenvolvido pela MB é do tipo de água pressurizada, PWR, constituído por 2 circuitos (primário e secundário) para aproveitamento do calor. O reator PWR é a opção de projeto dominante, estando presente em mais de 95% dos submarinos nucleares já construídos, que somam mais de 400 unidades [5].

O reator PWR possui as seguintes características básicas:

- Produção de energia por reações de fissão do núcleo do isótopo de Urânio U-235 por nêutrons térmicos (inferior a 0,025eV);
- Termalização (moderação) dos nêutrons feita pela mesma água leve, que também tem função de fluido de resfriamento (remoção de calor do combustível);
- Núcleo combustível e fluido de resfriamento contidos no interior de um envelope estanque de alta integridade (barreira de pressão do “Circuito Primário”); e
- Barreira de pressão do “Circuito Primário” envolvida por um segundo envelope estanque de alta integridade (“Estrutura de Contenção”).6]

Além destas características o reator do SN-BR e seu protótipo LABGENE possuirão:

- Potência térmica da ordem de 50 MWth;

- Combustível cerâmico sólido ( $UO_2$ ) sob forma de pastilhas cilíndricas, de baixo enriquecimento, no isótopo U-235, da ordem de 4,3% encamisado por revestimento metálico; e
- Geometria fixa para o combustível e para o fluido de resfriamento, água leve, que também tem função de moderador [7].

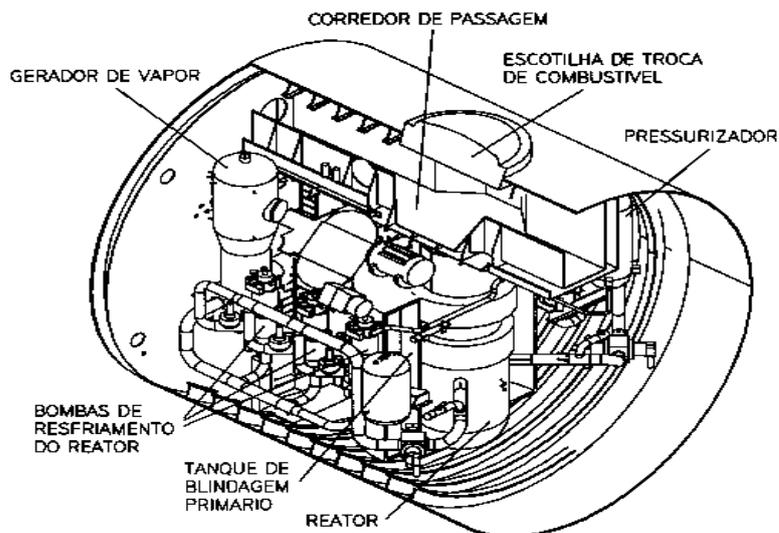
## 2.2 Circuito Primário

O circuito primário é o conjunto de componentes que além de conter o reator nuclear, contém também o combustível nuclear físsil, bombas de circulação principais de água de resfriamento, ao lado dos tubos dos geradores de vapor (GV), um pressurizador, dentre outros ESC. O calor gerado pelas reações nucleares de fissão em cadeia no combustível é transferido ao circuito secundário pelo circuito primário, por meio da circulação da água de resfriamento no interior dos tubos do GV.

O ciclo é fechado pelas bombas de circulação principais que retornam a água resfriada no GV ao Reator para ser reaquecida. O circuito possui ainda um pressurizador que controla as variações de pressão no circuito devido a desbalanceamentos transitórios entre a energia gerada no reator e a energia removida pelos GV. O conjunto formado pelo Reator, Circuito Primário e as blindagens radiológicas correspondentes é fisicamente arranjado no compartimento do reator (CR), segregado do resto de uma instalação nuclear para geração de potência ou de um submarino.

No LABGENE, esta estrutura é simulada através do Bloco 40, no prédio do reator (PR). Este compartimento é constituído por uma “Estrutura de Contenção”, capaz de confinar no seu interior os materiais radioativos contidos no reator nuclear e circuito primário mesmo nas mais graves condições acidentais postuladas [7].

Figura 1 - Compartimento de Reator PWR Naval Típico



### 2.3 Circuito Secundário

O circuito secundário converte a energia térmica removida do circuito primário pela vaporização da água contida no lado do casco dos GV's (ciclo Rankine), sem superaquecimento e sem regeneração. O vapor saturado produzido pelos GV's acionará as turbinas, que convertem a energia térmica em energia mecânica. Esta energia mecânica será então convertida em energia elétrica por geradores acoplados às turbinas, ou será diretamente utilizada, caso as turbinas sejam diretamente acopladas ao eixo propulsor do submarino, via uma engrenagem redutora. O resfriamento dos condensadores do circuito é feito pela circulação de água do mar, em ciclo aberto.

No LABGENE, circuito secundário é simulada no do Bloco 30, no prédio da turbina [7].

### 2.4 Ciclo de Vida do Submarino

É a sequência de fases que se inicia com o estabelecimento das necessidades militares às quais deverá atender aos Requisitos de Estado-Maior (REM), seguindo-se com o projeto, fabricação de componentes, construção naval, montagem eletromecânica, comissionamento, períodos de operação, períodos de manutenção, eventuais obras de atualização e modernização, e descomissionamento, esta última marcando o fim de sua vida útil. Conclui-se este

ciclo com o desmantelamento do submarino descomissionado e a disposição final de suas partes e do combustível irradiado ao longo de sua vida útil. As usinas nucleares e seus reatores foram projetados para uma vida de cerca de 30 a 40 anos. No SN-BR, existem outros condicionantes próprios do setor de defesa, normalmente ligados à política externa e ao uso de tecnologias sensíveis, que têm impacto na longevidade dos SN. A experiência das marinhas estrangeiras indica que a vida útil dos SN varia entre 20 e 30 anos [8]. Os SN americanos têm uma vida operacional média de 25,6 anos. A vida operacional média dos SN russos é menor, nos SN de 3ª geração ela foi reduzida para 11,3 anos. A vida operacional média dos primeiros SN construídos por nação é de 24,6 anos. [9] Já o ciclo do SN-BR apresenta uma vida útil prevista de 30 anos.

Tabela 1 - Vida Operacional Média SN por Nação

Nação	Submarino	Comis.	Desc.	Vida Operacional
EUA	SSN Nautilus	1954	1980	26 anos
URSS	SSN Leninsky Komsomol	1959	1988	29 anos
Reino Unido	SSN Dreadnought	1963	1980	17 anos
França	SSBN Le Redoutable	1971	1991	20 anos
China	SSBN Han "Long March"	1974	2005	31 anos
India	SSBN Arihant	Iniciou testes de mar em 2013		
Vida operacional média			24,6 anos	

Fonte: Jane's Fighting Ships 2012 -2013

## 2.5 Autoridade de Segurança Nuclear

É o organismo que regulamenta e controla as atividades associadas a cada uma das fases do Ciclo de Vida do Submarino Nuclear importantes para a segurança nuclear, analisando e aprovando em diferentes etapas o relatório de análise de segurança da instalação nuclear embarcada, da plataforma-navio e das instalações de apoio logístico em terra, através de um processo técnico-administrativo denominado "Licenciamento de Instalações Nucleares", que tem por objetivo assegurar às demais autoridades governamentais que os níveis de segurança nuclear atingidos pelo Submarino Nuclear são socialmente aceitáveis. Essas últimas autoridades representam, em última instância, a própria sociedade.

As usinas de terra devem atender aos requisitos de segurança nuclear estabelecidos pela sua base normativa nacional. Os SN's, por sua vez, devem atender simultaneamente aos requisitos de segurança naval e segurança nuclear.

Os requisitos de segurança naval são a combinação de requisitos de segurança marítima, típicos das condições normais de paz, com requisitos militares, típicos das condições de combate. Os requisitos de segurança nuclear são em geral a combinação de requisitos comuns a todas as instalações industriais (confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança industrial) com os requisitos de segurança específicos de instalações nucleares (*safetye security*)[2].

A Autoridade de Segurança Nuclear tem portanto como responsabilidade definir recomendações que especifiquem, a partir dos riscos específicos do Submarino Nuclear:

Modalidades pelas quais devem ser formulados os princípios, critérios e requisitos de segurança nuclear, já a partir da fase inicial do projeto de concepção; e

Metodologia a ser seguida pelas organizações responsáveis pelo projeto, construção e operação, de forma que estas exigências sejam efetivamente atendidas.

O Licenciamento de Instalações Nucleares no Brasil é de responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN, sendo regulamentado pela Norma Experimental NE-1.04 (CNEN, 1984). Este documento possui um caráter estritamente administrativo legal, não explicitando os princípios, critérios e requisitos de segurança adotados. De acordo com a norma, estes aspectos técnicos devem ser definidos, em sequência de prioridade, a partir de outras normas CNEN existentes, de normas e recomendações da Agência Internacional de Energia Nuclear AIEA e da base normativa adotada por países com reconhecida competência técnica no setor nuclear, como a NUREG, norte-americana, para o LABGENE[17].

Considerando-se, entretanto, o caráter pioneiro do desenvolvimento do Submarino Nuclear no Brasil, associado ao fato de uma regulamentação específica para esta aplicação nunca ter sido elaborada no País, certamente nenhuma organização nacional se encontra hoje tecnicamente preparada para cumprir a função de Autoridade de Segurança Nuclear no caso do SN-BR. Além disto, não seria possível, considerando o caráter reservado das informações disponíveis sobre a propulsão nuclear naval, de emprego militar, nos poucos países onde ela foi desenvolvida e atualmente utilizada (EUA, Rússia, França, Grã-Bretanha e China), adotar regulamentações estrangeiras ou internacionais, tal como vem sendo feito no país para as demais instalações nucleares estacionárias.

Assim, há a necessidade de desenvolvimento de estudos e de capacitação de pessoal para tratar dos diversos problemas científicos e tecnológicos, associados à elaboração e à efetiva verificação do atendimento de regulamentações adaptadas à utilização eficiente e segura da energia nuclear para a propulsão de submarinos militares [8]. Por este motivo a Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), implementou um órgão que tem como função suprir essa lacuna referente a parte regulamentadora do aspecto militar do reator de propulsão: A Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), está incumbida dessa tarefa.

## 2.6 Dicotomia Disponibilidade X Segurança

Outro aspecto peculiar das atividades militares reside na otimização do conjugado Disponibilidade x Segurança. Com efeito, as bases normativas para projeto e operação de sistemas militares navais privilegiam a Disponibilidade como atributo fundamental para assegurar o sucesso da missão, diferentemente das bases normativas para projeto e operação de sistemas nucleares que dão prioridade a Segurança.

A organização operadora deverá então estabelecer uma estratégia gerencial para garantir o cumprimento dos requisitos de segurança, definir procedimentos para controle seguro da instalação sob todas as condições normais e anormais, inclusive as de manutenção e manter um grupo de operação plenamente capacitado. A MB deverá assegurar que as responsabilidades estejam bem definidas e documentadas e que os recursos necessários para execução das tarefas dos grupos de operação e manutenção estejam disponíveis. [8]

## 2.7 Manutenção

A disponibilidade e confiabilidade devem ser mantidas ao longo do ciclo de vida do SN. Cuidados especiais devem ser tomados durante o projeto para identificar e prevenir, através de uma manutenção programada, os efeitos de falhas de causa comum e perda da capacidade de resistir as condições ambientais adversas decorrentes de fenômenos de envelhecimento.

O envelhecimento é considerado no projeto pela definição apropriada de condições ambientais, condições de processo, ciclos de funcionamento, programas de inspeção e testes em serviço, vida útil e substituição programada de componentes críticos.

O alcance das atividades de manutenção incluem manutenção, revisão, reparo e substituição de peças, e, muitas vezes, conforme o caso, teste, calibração e inspeção [2]. Ressalta-se que a execução da manutenção tem probabilidade de falha gerencial (o componente não chega) e de falha técnica (erro de montagem), por este motivo, é interessante ter sobressalentes em estoque para aumentar as chances de completar a manutenção, caso:

- O tempo de prateleira for longo;
- O item demora a ser fornecido; e

- O item ocasiona a parada do submarino.

Uma vez que os prazos de vencimento estão sincronizados, tentar “estender” a vida útil terá resultados catastróficos, pois a falha por fadiga é determinística e muitos componentes falharão [10].

Um programa de manutenção deve abranger todas as medidas preventivas e corretivas, tanto administrativas quanto técnicas, que são necessárias para detectar e mitigar a degradação de um componente em funcionamento ou para restaurar para um nível aceitável o desempenho das funções de projeto de uma falha no sistema. O propósito da atividade de manutenção também é para melhorar a confiabilidade do equipamento e conseqüentemente otimizar o conjugado Disponibilidade x Segurança.

## **2.8 Inspeção em Serviço**

As ESC importantes para segurança são projetados e construídos de modo que possam ser inspecionados e testados ao longo de sua vida útil, para verificar a continuidade do atendimento de suas especificações.

A demonstração de que as características de segurança de componentes e equipamentos são preservadas ao longo do ciclo de vida da Instalação Nuclear é obtida através das inspeções em serviço. Na fase de projeto, devem ser tomadas medidas que permitam um acesso adequado, compatível com a frequência prevista de inspeções em serviço destes componentes e equipamentos, e de ferramentas especiais que facilitem estas atividades[4].

A proteção radiológica dos operadores também deve ser cuidadosamente considerada no projeto dos dispositivos especiais e procedimentos para execução das inspeções em serviço dos equipamentos. Outros sistemas que recebem particular atenção no projeto para que sejam asseguradas as possibilidades de sua inspeção em serviço dentro das melhores condições para os operadores incluem os caminhos físicos: cabeaço elétrica e de instrumentação, caixas de junção de cabos, penetrações no envelope estanque de contenção, sistemas de resfriamento e lubrificação e outros que possam degradar-se com o tempo como resultado também de sua exposição às radiações ionizantes[8].

No planejamento das inspeções, testes funcionais, manutenção e reparo dos equipamentos deve ser estipulada a frequência e as datas previstas pelo Manual de

Operação. As datas da efetiva execução destas atividades devem ser registradas para demonstrar que as determinações da Autoridade de Segurança Nuclear estão sendo cumpridas e que a condição técnica dos equipamentos está sendo mantida.

O Manual de Inspeção em Serviço do LABGENE será realizado de acordo com os requisitos dos documentos referenciados neste trabalho, com o alcance e limitações que se apliquem em cada caso.

## **2.9 Tipos de Manutenção**

Embora existam várias abordagens conceituais de manutenção, é relevante que sejam divididas em manutenção preventiva e corretiva. Grande parte de toda a atividade de manutenção é realizada enquanto a planta é desligada, no caso do SN-BR, durante a troca de combustível. Contudo, a manutenção pode ser planejada e executada sob operação de energia, desde que uma defesa em profundidade adequada seja mantida.

- A manutenção preventiva inclui a manutenção periódica, preditiva e planejada, ou seja, atividades de monitoramento antes da falha de um sistema ou componente da planta, minimizando a degradação ou impedindo sua falha.
- As manutenções periódicas devem ser realizadas rotineiramente e podem incluir qualquer combinação de inspeções externas, alinhamentos ou calibrações, inspeções internas, revisões e substituições de componentes ou equipamento.
- As manutenções preditivas devem envolver um monitoramento contínuo ou periódico e diagnóstico para prever a falha do equipamento. Nem todas as condições do equipamento e os modos de falha são possíveis de serem monitorados, portanto a manutenção preditiva deve ser aplicada quando apropriada. Técnicas preditivas podem incluir monitoramento de condições, manutenção centrada na confiabilidade e técnicas similares.
- As manutenções planejadas devem ser realizadas antes com base em resultados de manutenção preditiva ou periódica, recomendações de fornecedores ou experiência. [4]

Com essa base referencial, o processo de manutenção do SN-BR será realizado em três diferentes níveis ou etapas:

- Manutenção de 1º Escalão: Situação normal de parada a quente, onde a manutenção é limitada a rondas e testes. Efetuada no porto, com certa autonomia;
- Manutenção de 2º Escalão: Com trabalhos na instalação nuclear, que podem requerer sua parada a frio, porém para intervenções limitadas. Efetuada em uma estação naval e limitada ao fornecimento de energia, com eventuais coletas de efluentes radioativos; e
- Manutenção de 3º Escalão: Necessita de abertura do reator para inspeção ou intervenção sobre o núcleo, o vaso de pressão e seus internos. Será realizada na base naval através de oficinas e instalações especializadas [8].

A realização das atividades de manutenção preventivas e preditivas do bloco 40 do LABGENE, localizado dentro do PR onde se encontra o circuito primário, dependerá intrinsecamente da definição de intervalos de parada da planta nuclear. Estes intervalos devem respeitar os perfis de operação predefinidos para este projeto de forma a simular satisfatoriamente a vida útil de um submarino com propulsão nuclear com todas as suas especificidades. A definição dos períodos de operação, seguidos dos intervalos de paradas, permite a elaboração de um calendário que compreende integralmente o ciclo de vida do LABGENE, como mostrado na Fig. 3. Este calendário poderá ser utilizado para estabelecer o Ciclo de Atividades do SN-BR [3].

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Ciclo de Atividades do SN-BR**

Tomando como referência o LABGENE, é considerado como citado anteriormente, uma vida útil prevista de 30 anos para o SN-BR, dentre os quais entre o 4º e o 5º ciclos, o submarino será levado para um dos diques que estão sendo construídos no EBN, em Itaguaí-RJ, para realizar a recarga de combustível. Essa troca não necessitará de corte do casco de pressão do submarino, o que resultará num período muito menor de inatividade.

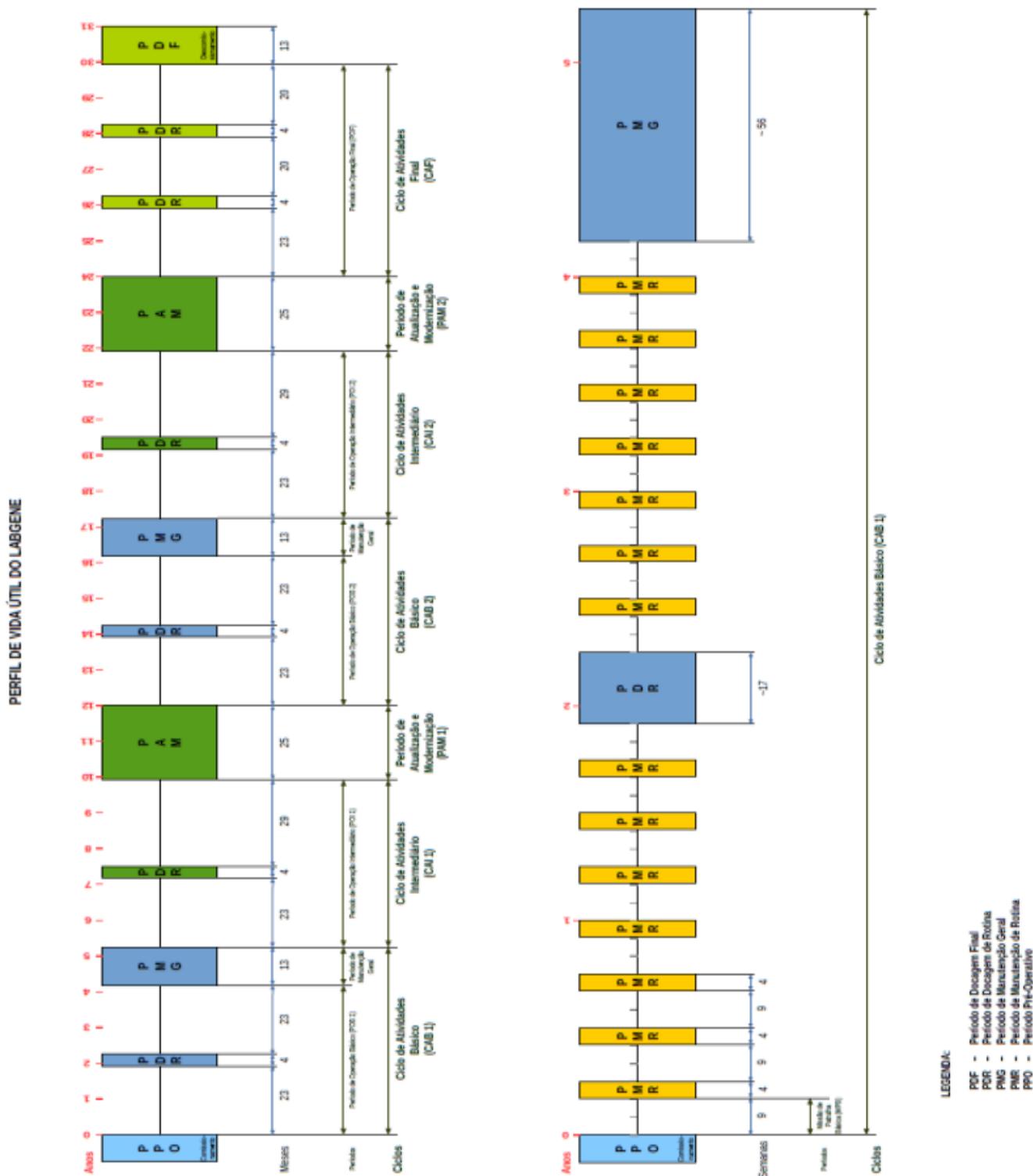
Além das manutenções, o Ciclo de Atividades permite o planejamento e a programação de paradas para atualização e modernização da planta nuclear.

Neste período, será simulado o perfil de vida útil de um submarino com propulsão nuclear, composto por Ciclos de Atividades Básicos (CAB). Cada CAB terá duração de cerca de 60 meses e será composto por um Período de Operação Básico (POB) seguido de um Período de Manutenção Geral (PMG).

Os POB são ainda divididos em períodos de Missão de Rotina Básica (MRB) seguidos de Períodos de Manutenção de Rotina (PMR) ou, eventualmente, de um Período de Docagem Rápida (PDR).

Além destes períodos de rotina, o ciclo prevê também um Período Pré-Operativo para comissionamento da planta e um Período de Docagem Final para avaliação e descomissionamento. Nas fases intermediárias do ciclo, são previstos dois Períodos de Atualização e Modernização (PAM) [3].

Figura 2 - Ciclo de Atividades do Labgene



### 3.2 Rotinas de Manutenção e Inspeção o Reator

Existem rotinas de manutenção dos equipamentos que objetivam melhorar a disponibilidade e a segurança. Diferentemente de uma usina nuclear, que opera sem parar por 1 a 2 anos, o reator do submarino fará determinadas manutenções em curtos períodos, tal ciclo facilita a manutenção.

O reator nuclear necessita de inspeções (por ex. ultrassom) para detectar fissuras pelo menos a cada 10 anos (PMG/PAM). Dentro do reator, existem corpos de prova para testar como o material do vaso está ficando frágil devido à radiação. Antes de criticalizar o reator, todos os sistemas de segurança devem ser testados e o pressurizá-lo, é necessário inspecionar o compartimento para verificar alguma possível ocorrência de vazamento (PPO).

Deve ser dedicada atenção especial à vigilância do estado das barreiras físicas de retenção de materiais radioativos, em particular das regiões do envelope estanque do Circuito Primário, sujeitas a irradiação por nêutrons térmicos e a ciclos de pressão e envelhecimento como uma consequência do funcionamento normal. Onde se possível, devem ser feitos testes em amostras removíveis que foram expostas a condições similares ou aceleradas durante os mesmos ciclos de funcionamento.

Uma vareta de combustível danificada ou distorcida pode potencialmente comprometer o resfriamento e o controle de reatividade. Além disso, uma falha no encamisamento representa a perda de uma barreira de contenção dos materiais radioativos, comprometendo o princípio de defesa em profundidade. Danos menos severos podem reduzir a capacidade do combustível de resistir a condições acidentais. Por estas razões, procedimentos especiais de garantia de qualidade no projeto e fabricação do combustível são indispensáveis. A manutenção da integridade do combustível é verificada através do monitoramento do nível de atividade no refrigerante durante a operação.[8]

O controle da química da água do circuito primário deve ser realizado com o objetivo de minimizar a corrosão de componentes e do combustível, controlar a dissociação radiolítica da água, minimizar os níveis de atividade no sistema primário e garantir que o desempenho do combustível esteja de acordo com o previsto em projeto[20].

Há um grande número de mecanismos de deterioração que afetam os

tubos de geradores de vapor, os principais mecanismos que causam deterioração e falhas em maior quantidade e frequência estão ligados a mecanismos de corrosão, como: lama, corrosão por frestas, íons e óxidos metálicos dissolvidos na água [21]. Portanto, os geradores de vapor devem ser inspecionados e tal inspeção requer robôs e equipamentos específicos que usam ultrassom para verificar a espessura dos tubos, caso haja problemas, os tubos podem ser bujonados ou reforçados na região da trinca. Evidentemente, o circuito primário precisa ser aberto para essas manutenções.

Os combustíveis devem ser trocados a cada PMG. Com o submarino docado, após a redução do calor residual atingir limites pré estabelecidos, é possível iniciar os procedimentos para a abertura do vaso do reator. Após isto, é necessário ainda o resfriamento do reator abaixo de 60 °C (nesse passo, remove-se os gases de fissão do circuito primário). Segue-se a remoção da parte superior da blindagem radiológica e finalmente a tampa do reator pode ser removida (nestas condições o nível da água do circuito primário atinge a cota dos bocais) e uma unidade móvel é acoplada ao vaso do reator [16].

Os elementos combustíveis então são retirados do vaso e içados para containers com proteção radiológica por meio de uma ponte rolante instalada na base, através da unidade móvel de confinamento (UMC) denominada "Mobile", e será levado para uma piscina de estocagem de combustível irradiado, localizada dentro do complexo radiológico, onde ficará por um período de 10 anos, antes que possa ser removido para local apropriado [4].

Além de realizar a troca de combustível com a segurança e confiabilidade necessárias para essa ação, a UMC efetuará também as operações de manutenção de 3º Escalão no compartimento do reator do SN-BR.

O vaso do reator, sem nenhum combustível, pode então ser inspecionado, bem como corpos de prova podem ser retirados. Os geradores de vapor também serão inspecionados. Todas as linhas principais (10") devem ser inspecionadas em busca de fissuras.[16]

Figura 3 - Troca de Combustível com UMC durante PMG



Fonte - DCNS Services Toulon – 2010

### 3.3 Especificações Técnicas de Funcionamento

No Brasil, a norma CNEN NE 1.25 (Inspeção em Serviço em Usinas Núcleo Elétricas) é aplicável às organizações e atividades relacionadas com inspeção em serviço em usinas de energia, objetivando estabelecer os requisitos mínimos aplicáveis as inspeções. Esta leva em consideração a regulamentação relativa à inspeção e testes em serviço das centrais nucleares norte americana 50.55a “Codes and Standards” do *Code of Federal Regulations* (10CFR50), assim como outras normas publicadas pelo Organismo Regulador Americano (NRC).

A NUREG-1431 “*Standard Technical Westinghouse Plants*”, Rev. 3.1 Volume 1 ( Specifications ) e Volume 2 ( Bases ) desenvolve um modelo standard de Especificações Técnicas de Funcionamento aprovado pela NRC para facilitar o processo de revisão e licenciamento de dito documento.

As Especificações Técnicas de Funcionamento incluem um conjunto de limites e condições operacionais, assim como as ações a adotar em casos de não cumprimento, isto para além de requisitos de vigilância e outros, tanto técnicos como

de gestão, que garantem a operação segura da instalação em todos os modos de operação, de acordo com as bases de projeto e as análises contidas no Estudo Final de Segurança.

Estas especificações usualmente requerem o cumprimento dos requisitos do Código ASME XI e do Código ASME OM com as limitações e condições do número 55a do 10CFR50. Outros requisitos de vigilância das Especificações Técnicas de Funcionamento, tais como a inspeção dos tubos dos Geradores de Vapor, também estão no âmbito dos programas de Inspeção e Testes em Serviço.

A seguir incluem-se algumas especificações contidas no NUREG 1431 Rev.3.1 que estão no âmbito dos programas de inspeção e testes em serviço:

- Especificação 5.5.8 - *Inservice Testing Program*.
- Especificação 5.5.9 - *Steam Generator (SG) Program*.
- Especificação 5.5.11 - *Ventilation Filter Testing Program*.
- Especificação 5.5.16 - *Containment Leakage Rate Testing Program*. [12]

### 3.3.1 Requisitos de Inspeção em Serviço

#### **Edição do Código ASME XI aplicável**

##### *Inspeção Pré-serviço (PSI)*

Os componentes (incluindo os suportes) classificados como Classe 1, 2 e 3, conforme o Código ASME, devem ser concebidos e serem acessíveis à realização de inspeções em serviço e devem cumprir com os requisitos dos testes pré-serviço da mesma edição e adenda de ASME XI que a utilizada na construção do componente. Como alternativa ao anterior, podem-se aplicar os requisitos dos testes pré-serviço de uma edição do Código ASME XI posterior à utilizada em construção e que esteja em vigor.

##### *Inspeção em serviço (ISI)*

Durante a vida de serviço da instalação, os componentes (incluindo os suportes) classificados como Classe 1, 2 e 3, conforme o Código ASME, devem cumprir com os requisitos estabelecidos na edição e adenda do Código ASME XI que estiver em vigor e for posterior à edição e adenda utilizada na construção, segundo permitam as limitações de design, geometria e materiais de construção do componente.

A inspeção em serviço dos componentes e os testes de pressão dos sistemas realizadas durante **o primeiro intervalo de 10 anos** (120 meses) devem cumprir com os requisitos da última edição e adenda do Código ASME XI, em vigor doze meses antes da data emissão da licença de operação. Opcionalmente pode-se utilizar os Code Cases incluídos no Regulatory Guide 1.147, revisão 16 e as revisões posteriores que se editem.

A inspeção em serviço dos componentes e os testes de pressão dos sistemas realizados durante os **sucessivos intervalos** de 10 anos (120 meses) devem cumprir com os requisitos da última edição e adenda do Código ASME XI em vigor doze meses antes do novo intervalo de 10 anos. Opcionalmente podem-se utilizar os Code Cases incluídos no Regulatory Guide 1.147, revisão 16 e as revisões posteriores que se editem.

Uma vez fixada a edição e adenda do Código ASME XI aplicável para a inspeção em serviço durante o intervalo correspondente, não há requisitos de atualização obrigatória durante esse intervalo se novas edições e adendas são integradas por referência no 10CFR50.55a. Assim, o Titular da instalação pode, de forma voluntária, atualizar a totalidade do seu programa de inspeção em serviço com os requisitos das novas edições do Código ASME XI referenciadas no 10CFR50.55a.

A edição aplicável ao primeiro intervalo de inspeção do LABGENE será a que estiver em vigor, quer dizer, referenciada no 10CFR50.55a, doze meses antes da data de emissão da licença de operação [11][13].

### 3.3.2 Requisitos de Testes em Serviço

#### **Edição do Código ASME OM aplicável**

##### Testes Pré-serviço (PST)

Componentes como bombas e válvulas, classificados como Classe 1, 2 e 3, conforme o Código ASME, devem ser concebidos e dispor de acesso para a realização de testes em serviço e devem cumprir com os requisitos da mesma edição e adenda de ASME OM que a utilizada na construção do componente. Como alternativa ao anterior, podem-se aplicar os requisitos de testes pré-serviço de uma edição do Código ASME OM posterior à utilizada em construção e que esteja em

vigor, quer dizer, referenciada no 10CFR50.55a, doze meses antes da data de emissão da licença de operação [11][13].

#### Testes em serviço (IST)

Durante a vida útil da instalação, as bombas e válvulas classificadas como Classe 1, 2 e 3, conforme o Código ASME, devem cumprir com os requisitos de teste estabelecidos no Código ASME OM que estiver em vigor e seja posterior à edição e adenda utilizada em construção, segundo permitam as limitações de concepção, geometria e materiais de construção do componente.

Os testes em serviço para verificar a operatividade de bombas e válvulas, cuja função é requerida para a segurança, realizados durante **o primeiro intervalo** de 10 anos (120 meses) devem cumprir com os requisitos da última edição e adenda do Código ASME OM em vigor doze meses antes da data de emissão da licença de operação. Opcionalmente podem-se utilizar os Code Cases incluídos no Regulatory Guide 1.192 e as revisões posteriores que se editem.

Os testes em serviço para verificar a operatividade de bombas e válvulas, cuja função é requerida para a segurança, realizados durante os **sucessivos intervalos** de 10 anos (120 meses) devem cumprir com os requisitos da última edição e adenda do Código ASME OM em vigor doze meses antes do novo intervalo de 10 anos. Opcionalmente podem-se utilizar os Code Cases incluídos no Regulatory Guide 1.192 e as revisões posteriores que se editem.

A edição aplicável ao primeiro intervalo de inspeção do LABGENE será a que estiver em vigor, quer dizer, referenciada no 10CFR50.55a, doze meses antes da data de emissão da licença de operação [11][14].

### **3.4 Condições Operacionais**

Um conjunto de condições e limites operacionais é definido para identificar o domínio para operação segura. As condições e limites operacionais são definidos para todas as etapas do comissionamento, operação em potência, desligamento, partida, manutenção, testes e recarregamento de combustível. São executados testes e inspeções periódicos para calibração de instrumentos de medida e de apresentação dos valores das variáveis que têm limites de segurança, verificando-se os pontos de atuação.

Uma atenção particular é dada aos procedimentos para mudanças de estados

operacionais, operação a baixa potência, condições de teste e situações em que partes de sistemas de segurança encontram-se voluntariamente indisponíveis como no caso da manutenção. Nos procedimentos para carregamento e descarregamento do núcleo, é dada ênfase aos riscos de criticalidade ou outros eventos indesejáveis que poderiam acontecer [8].

### 3.4.1 Transientes Operacionais Normais

Os transientes operacionais normais considerados no dimensionamento dos diversos sistemas, equipamentos, redes e estruturas serão considerados na elaboração dos programas experimentais do LABGENE, Sendo descritos sucintamente a seguir [3].

- a) Aquecimento e Resfriamento a taxa de 60°/hora até a condição de desligado a quente: 550 ocorrências para cada um.**

Para este transiente é assumido como sendo aquele necessário para operar o reator durante uma partida ou parada normais, compreendendo o intervalo de operação entre a condição de pressão e temperatura ambientais até a condição de desligado a quente.

Sendo assim, de acordo com a vida útil de 30 anos, admite-se que este transiente ocorra 3 vezes em cada período operativo, ( $3 \times 88 = 264$ ), 3 vezes em cada período de manutenção/reparo ( $3 \times 90 = 270$ ) e pelo menos 4 vezes no comissionamento. No total, teremos ocorrências de pelo menos 538 vezes, que podem ser arredondadas para 550.

- b) Aumentos e decréscimos de potência em degraus de 15 % da Potência Nominal de Propulsão: 16.000 ocorrências: vezes para cada um.**

Este transiente tem relação com a operação normal do submarino em termos de variação de velocidade. Admitindo-se que a velocidade do submarino varie com a potência de forma aproximada à curva EHP (submerso) x VELOCIDADE, temos a seguinte relação adimensional:

<b>Velocidade:</b>	<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>100% (% V<sub>max</sub>)</b>
<b>Potência:</b>	<b>15%</b>	<b>30%</b>	<b>45%</b>	<b>60%</b>	<b>75%</b>	<b>90%</b>	<b>100% (% P<sub>max</sub>)</b>

Tendo em vista a distribuição acima, admitindo-se que por ciclo operativo execute-se até 3 viagens, é considerado o seguinte número de vezes com que se atingirá cada valor de percentagem da potência nominal por viagem:

<b>0-15%</b>	<b>- 15-30%</b>	<b>- 30-45%</b>	<b>- 45-60%</b>	<b>- 60-75%</b>	<b>- 75-90%</b>	<b>- 90-100%</b>
<b>1</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Multiplicando-se pelo número de viagens (3), tem-se o total por ciclo operativo que é de 165. O total de ocorrências para os 88 ciclos fica sendo igual a 14.520 (88x165).

Considerando-se os períodos de manutenção/reparo e o Comissionamento, temos os seguintes valores:

Períodos de Manutenção Curta	=	800	(10 x 80)
Períodos de Manutenção Demorada	=	200	(20 x 10)
Comissionamento	=	400	(estimativa)

Sendo assim o total de ocorrências de cerca de 16.000.

- c) Decréscimos de potência em degraus 100 % da potência nominal de propulsão, com uso do desvio de vapor para o condensador: 270 ocorrências.**

Este transiente relaciona-se com a parada rápida do submarino. Com relação ao número de ocorrências, o transiente deverá ocorrer pelo menos 1 vez em cada período de reparo/manutenção e pelo menos 2 vezes em cada ciclo operativo e cerca de 4 vezes durante o comissionamento. No total, pode-se ter pelo menos 270 vezes.

- d) Aumentos de potência de 0 a 100 % da Potência Nominal de Propulsão em 60 segundos; e**
- e) Decréscimo de potência de 100 % a 0 % da potência nominal de propulsão em 30 segundos, sem uso do desvio de vapor (steamdump): 2000 ocorrências cada um.**

Estes transientes têm relação com a aceleração ou desaceleração do submarino em uma situação tática de importância, como por exemplo o

deslocamento para a zona de patrulha e/ou ataque ou mesmo uma manobra evasiva.

Sendo assim, este transiente poderá ocorrer cerca de 20 vezes por ciclo operativo, 2 vezes por ciclo de reparo/manutenção e 5 vezes durante o comissionamento. No total tem-se então cerca de 1945 vezes, que podem ser arredondadas para 2000.

**f) Decréscimos de potência da condição de automático até a condição de desligado a quente: 550 ocorrências.\***

Este transiente deverá ocorrer quando se desejar reduzir a potência do reator até a condição de desligado a quente. Neste caso, é assumido que isto ocorrerá quando "desligar" a instalação nuclear em operação normal, o que terá ocorrido tantas vezes quanto ocorrer o transiente.

**g) Aumentos da potência de desligado a quente até a condição automático: 980 ocorrências.**

Este transiente ocorrerá em duas situações distintas:

- Em Operação Normal: quando se deseja elevar a potência do reator, após o aquecimento (condição de Desligado a Quente); e
- Após um desligamento automático (SCRAM), o que significa a elevação da potência para o retorno a uma condição normal de operação.

Assim, o total de ocorrências será composto de duas parcelas:

- Operação Normal: tantas vezes quanto ocorreu o transiente. (Transientes normais), ou seja, 550 vezes; \* e
- Após um SCRAM: tantas vezes quanto ocorreu o transiente. (Transientes anormais), ou seja, 430 vezes. \*\*

A soma das duas parcelas corresponde ao total de ocorrências deste transiente, ou seja, 980 vezes.

### 3.4.2 Transientes Operacionais Anormais

Os transientes operacionais anormais considerados no dimensionamento dos diversos sistemas, equipamentos, redes e estruturas são resumidos pela serão considerados na elaboração dos programas experimentais do LABGENE, sendo descritos sucintamente a seguir [3].

**a) Redução da potência em degrau, a partir de 100%, sem desligamento imediato do reator: 300 ocorrências.**

Este transiente tem relação direta com a operação do SN em uma situação de iminência de colisão ou ultrapassagem da cota máxima de mergulho, refletindo-se na variação da potência necessária para a execução da manobra de emergência denominada “Manobra de *Crash*”. Esta manobra caracteriza-se pela reversão brusca da rotação do hélice, com o objetivo de parar o navio, não devendo ocorrer o desligamento imediato do reator.

Sendo assim, o número de ocorrências é estimado levando-se em conta a ocorrência de pelo menos três vezes por ciclo operativo e duas vezes nos períodos de reparo de duração maior que o PMR. Neste último caso, trata-se de uma etapa de acompanhamento e aceitação dos trabalhos executados durante os referidos períodos de reparo, em Provas de Mar, o que normalmente acontece com todo o tipo de navio nestas circunstâncias. O número total de ocorrências ao cabo dos 30 anos é estimado em 284, podendo ser aproximado para 300.

**b) Perda da potência elétrica: 200 ocorrências.**

Este tipo de transiente é relacionado com a confiabilidade e disponibilidade da instalação elétrica. Neste caso, assume-se a ocorrência de até duas vezes por ciclo operativo, uma vez que o sistema elétrico deve possuir uma elevada confiabilidade, fruto do conhecimento do funcionamento de instalações similares (navios/submarinos). Considerando-se que ocorra 1 vez por ciclo de manutenção demorada, face aos testes de aceitação, podemos esperar um total de 186 ocorrências ao longo da vida útil do navio, o que pode ser aproximado para 200 vezes.

**c) Perda parcial de escoamento no reator: 110 ocorrências.**

A este transiente aplica-se os mesmos comentários feitos acima, já que se relaciona à confiabilidade em operação. Pode-se considerar que também ocorra quatro vezes no período de Comissionamento, 2 vezes por ciclo de manutenção demorada e no máximo uma vez por o ciclo operativo, totalizando-se assim cerca de 102 ocorrências em 30 anos, o que pode ser aproximado para 110 vezes.

**d) Desligamento do reator, quando em 100% da potência: 430 ocorrências.\*\***

Considera-se que este transiente decorra de um desligamento automático do reator (SCRAM), que fará com que o reator passe da condição de operação em Automático para a condição de Desligado a Quente.

Este transiente deverá ter uma maior probabilidade de ocorrência quando no Comissionamento e nos primeiros ciclos operativos do SN-BR, não se descartando porém a possibilidade de sua ocorrência nos períodos posteriores.

Assim sendo, estima-se que sua ocorrência seja, em média, de 40 vezes durante o Comissionamento, 40 vezes durante os testes dos períodos de reparo e manutenção, 5 vezes durante cada ciclo operativo dos primeiros 15 anos e 3 vezes em cada ciclo operativo dos 15 anos finais. Ao término de sua vida útil, o SN poderá ter experimentado assim cerca de 430 ocorrências deste tipo de transiente.

**e) Despressurização súbita do sistema primário: 50 Ocorrências.**

Para este tipo de transiente admite-se que possa existir com uma probabilidade de ocorrência razoavelmente maior quanto mais próximo dos períodos de reparo de longa duração e, no caso, admite-se que possa ocorrer cerca de uma vez a cada 3 ciclos operativos do navio e cerca de 2 vezes durante os períodos de reparo (PMG, PMR, PDR, PAM). No total, estima-se que possam existir cerca de 50 ocorrências

**f) Operação inadvertida do sistema de resfriamento de emergência: 70 Ocorrências.**

Este tipo de transiente será preconizado por questões de adestramento, disfunções na operação do reator, sinais espúrios nos sistemas de acionamento de válvulas, interpretação errônea de avarias que tenha ocorrido no Circuito Primário. Como pode-se observar, essas hipóteses têm um cunho mais relacionado com o aspecto de treinamento e com o fator humano do que estritamente com a parte técnica de desempenho dos equipamentos.

Assim sendo, estima-se a ocorrência de cerca de 5 vezes durante o período de comissionamento, uma vez durante os períodos longos de reparo e duas vezes a cada 3 ciclos operativos (PMG, PDR, PAM e PDF), perfazendo um total de 70 vezes.

- g) Queda inadvertida de um elemento de controle: 90 ocorrências; e**
- h) Retirada inadvertida de um banco de controle: 90 ocorrências**

Estes dois últimos transientes têm relação com problemas de adestramento de operadores e/ou mal funcionamento de equipamentos, acarretando distúrbios na geração de potência térmica do reator.

Assim sendo, admite-se que tais transientes tenham uma maior probabilidade de ocorrência durante o período de Comissionamento e nos primeiros ciclos de reparo e operação. Com isso, pressupõe-se que ocorram 5 vezes durante o Comissionamento, 4 vezes após períodos de reparo de duração maior de um PMR e 1 vez a cada 3 ciclos de operação, nos primeiros 15 anos. Para os últimos 15 anos, admite-se que ocorra 2 vezes após os períodos de reparo mencionados acima e 1 vez a cada 4 ciclos de operação.

No total, teremos a ocorrência de no máximo de 86 vezes ao longo dos 30 anos, ou, aproximando-se, cerca de 90 vezes.

### **3.5 Condições de Prontidão**

Tomando como referência o LABGENE, são estabelecidas as condições de prontidão para que o SN-BR atenda às Missões de Patrulhas Básicas, devendo ser consideradas no planejamento do ciclo de atividades, levando em conta ainda o número de submarinos em serviço ativo, de modo a serem atendidas ao número de submarinos previsto para a Força Pronta e a tradicional regra dos terços de emprego de submarinos em tempo de guerra, quais sejam: Um terço em manutenção, um terço em trânsito e um terço em patrulha) [3].

#### **Condição I**

Postos de Combate: Toda tripulação em Postos de Combate. Nenhuma atividade de manutenção e rancho é executada. Todos sistemas deverão estar completamente guarnecidos. Máxima duração esperada de 8 horas, com frequência de ocorrência de 20 vezes por Missão de Patrulha.

#### **Condição II**

Patrulha de Guerra: Submarino guarnecido em dois quartos de serviço; somente as atividades essenciais de manutenção preventiva serão realizadas; metade da tripulação permanece em descanso; as atividades de rancho permanecem normais; o submarino deve ser capaz de lançar torpedos

em 1 minuto; esta condição deverá ter ocorrência prevista em até 50% da duração da Missão de Patrulha Básica.

### **Condição III**

Patrulha de Paz: submarino guarnecido em três quartos de serviço; manutenção corretiva e preventiva realizada normalmente; o submarino deve ser capaz de lançar torpedos em 5 minutos.

### **Condição IV**

Porto: tripulação empregada em inspeções, manutenção corretiva e preventiva e administração; a tripulação deve ser organizada em divisões e quartos de serviço de porto normal (energia de terra) e especial (reator ligado) para atender às situações de emergência e atender à prontidão operacional desejada.

### **Condição V**

Navio em Período de Manutenção ou Reparo: a tripulação deve ser empregada no acompanhamento e execução da manutenção e reparo, adestramento em terra e férias/licenças regulamentares.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Modos de Operação**

Dentre as configurações do circuito primário e do circuito secundário, identificam-se àquelas que são normais, isto é, que constituem modos de operação normais do submarino, aquelas que são anormais, isto é, que constituem modos de operação degradados do navio decorrentes da ocorrência de eventos indesejados, e aquelas consideradas experimentais, isto é, configurações que requerem validação no Protótipo em Terra (PROTER), conjunto do Bloco 20, 30 e 40 do LABGENE, antes de serem implementadas para o submarino [3].

A partir da combinação dos estados estacionários do reator apresentados no anexo A, das configurações do circuito primário apresentadas no anexo B e das configurações do circuito secundário apresentadas no anexo C, deverá ser possível, o LABGENE, simulando as operações de um SN, do seguinte modo:

- Operar nas condições combinadas apresentadas no anexo D;
- Realizar as manobras de mudança de modo de operação normais previstas pelo anexo; e
- Realizar as manobras de mudança de modo de experimentais previstas pelo anexo F.

É de extrema importância para vida útil do SN-BR a correta execução dos procedimentos constantes no Manual de Operação. Durante operação normal, os procedimentos a serem seguidos devem incluir [17]:

- Testes funcionais dos sistemas de monitoramento, controle, e proteção da Instalação Nuclear, calibração de instrumentos e equipamentos de monitoração da radiação, e inspeção dos equipamentos relacionados com a segurança, em intervalos especificados;
- Manutenção, reparo e substituição de componentes de equipamentos relacionados com a segurança;
- Atendimento às normas e regulamentos da MB e da Autoridade de Segurança Nuclear para o armazenamento e disposição de rejeitos radioativos e para contabilidade e controle de materiais físséis;
- Supervisão da Instalação Nuclear, incluindo o controle da qualidade dos fluidos de resfriamento do Circuito Primário e do Circuito Secundário;

- Registro, nos livros de quarto do submarino apropriados, de todos os incidentes e informações relativas à operação do SN e à manutenção e verificação de equipamentos;
- Teste de estanqueidade da estrutura de Contenção, da eficiência dos sistemas de purificação do ar interno e do controle dos níveis de radiação a bordo;
- Verificação da disponibilidade imediata e confiabilidade em serviço dos componentes redundantes de reserva do SN e das fontes de alimentação elétrica em emergência, dos sistemas de remoção de calor da estrutura de Contenção, e dos sistemas de resfriamento e remoção de calor residual do núcleo normal e de emergência;
- Verificação dos tempos de queda das velocidades e movimentação dos elementos de controle do reator no núcleo;
- Prontidão contínua dos sistemas de comunicação redundantes entre o comando do submarino, os compartimentos de máquinas, a Estação de Controle de Máquinas e as posições de controle em emergência;
- Planejamento do treinamento e adestramento do pessoal de bordo e da realização de exercícios realistas; e
- Controle de materiais inflamáveis e explosivos a bordo, minimizando a possibilidade de agressões externas ao SN.

Os arranjos de proteção radiológica devem ser tais que, sob condições operacionais normais nenhuma restrição seja necessária na operação e manutenção da parte convencional do submarino. Enquanto o submarino estiver em dique seco o acesso ao fundo do submarino deve ser limitado administrativamente.

## **4.2 O Fator Humano**

Sabendo-se que a execução incorreta de atividades de manutenção e testes podem causar graves problemas, deve ser considerada a otimização das características destas atividades, tais como frequência e escopo de manutenção preventiva, com base em instruções dos fabricantes de equipamentos, retorno da experiência operacional e análise de tendências, treinamento e procedimentos.

Por este motivo não se deve ignorar o fator humano na manutenção e inspeção em serviço. Os erros nessa atividade causaram grandes falhas de

componentes e sistemas no passado. O pessoal de manutenção, da mesma maneira que o pessoal de operação, também deve seguir procedimentos operacionais aprovados que asseguram a excelência no desempenho de suas tarefas.

A manutenção e vigilância dos componentes e sistemas da Instalação devem estar sujeitos a um rigoroso controle, sendo as atividades de manutenção executadas pelo pessoal autorizado e somente após aprovação formal pela hierarquia. O pessoal que realiza ensaios Não-Destrutivos, por exemplo, deve estar qualificado de acordo com a norma CNEN NE 1.17 (Qualificação de Pessoal e Certificação para Ensaios Não-Destrutivos em Itens e Instalações Nucleares). Para os métodos e ensaios não previstos por essa norma, o pessoal deverá ser submetido a treinamento de acordo com o programa estabelecido pela MB e aceito pela CNEN [19].

Devem ser estabelecidos programas de treinamento para o pessoal de operação e manutenção que garantam a execução das suas tarefas de forma segura e eficaz através, inclusive, do uso de simuladores. O pessoal de manutenção deve ser treinado nos equipamentos específicos nos quais intervém. Quando o trabalho é executado em equipamentos por indivíduos que não fazem parte do pessoal treinado e qualificado para a Instalação, ele deve ser supervisionado e verificado por um indivíduo qualificado, treinado no desempenho da tarefa e no seu significado para a segurança. A avaliação do pessoal de manutenção deve verificar também seu nível conhecimento concernente a incidentes [8].

O treinamento do pessoal de manutenção vai além do ensino das suas tarefas básicas, enfatizando as consequências para a segurança de eventuais erros técnicos ou não observância de procedimentos. O treinamento e qualificação de pessoal de manutenção reflete a experiência operacional acumulada da Instalação sobre indisponibilidades e **funcionamento inadvertido** ou **deficiente de sistemas**, que frequentemente são causados por **erros nos procedimentos e práticas de manutenção**.

Os elevados padrões de segurança a serem alcançados pela manutenção do SN-BR requerem que o pessoal envolvido esteja atento aos aspectos de segurança das tarefas que estão executando. Os trabalhadores de manutenção devem então ser treinados cuidadosamente para suas tarefas, de forma a reduzir a possibilidade

de erro humano em sua execução.

Na França, para evitar constantes punições, rotação de pessoal e gastos com treinamento, bem como atrasos nas obras, foram criados laboratórios que demonstram na prática o efeito de uma negligência na indisciplina do submarino. Ex: Um operário esquece uma ferramenta vinculando uma máquina rotativa ao casco (curto de ruído), obrigando o submarino retornar, desmontar e remontar o equipamento.

Tal iniciativa foi um sucesso, resolvendo praticamente todos os problemas de negligência, não só dos trabalhadores da construção, mas também dos gerentes, da tripulação e dos inspetores [15]. São alguns exemplos de negligências típicas:

- Uma solda fora das especificações;
- Um diafragma diferente do especificado;
- A substituição de um desacoplador de vibrações por um calço rígido;
- A falta de um assento rígido embaixo de um calço flexível;
- A falta de uma mangueira flexível;e
- A queda de um rolamento no chão, entre outros.

Os dispositivos, ferramentas e sobressalentes usados pelo pessoal de manutenção e de reparo para substituir componentes de sistemas devem obedecer os mesmos requisitos de qualidade do item reparado.

#### **4.3 Bancos de Dados Logísticos**

A manutenção é também um sistema complexo que requer uma ferramenta de informação sofisticada, tão importante quanto o treinamento é a definição de responsabilidades e a monitoração do sistema. Para se organizar a manutenção de um empreendimento do porte do SN-BR ou mesmo do LABGENE, faz-se necessário o armazenamento de uma vasta gama de informações logísticas, quais sejam: Informações referentes aos sistemas, equipamentos, componentes, itens de reparo, ferramentas, infra-estrutura para locomoção de equipamentos, equipamentos de teste, inspeções, qualificação de fornecedores, recursos humanos, formação de equipes de trabalho, tarefas de manutenção, transporte, armazenamento e manejo de itens em estoque, aquisição, controle de estoque, dentre outras.

Para o armazenamento destes dados faz-se necessário um banco de dados organizado, a denominar-se “Banco de Dados Logístico”. De uma forma prática é

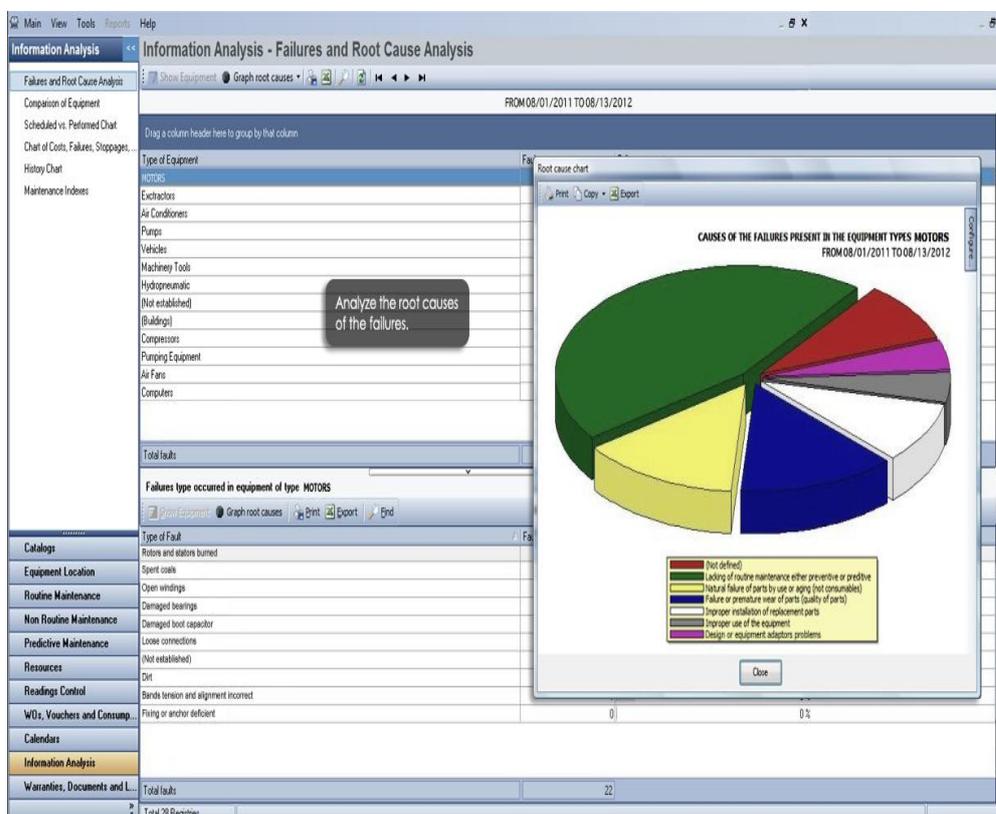


#### 4.4 Testes de Software e Gerenciamento de Manutenção

Visando também facilitar o acesso aos dados no futuro, estão sendo testados dois *softwares* que auxiliam na gestão da manutenção. Estes softwares, que possuem permissão de licença gratuita em suas versões mais básicas, poderão contribuir para esta primeira etapa que é de estudo e coleta inicial de dados de manutenção. Estas versões de softwares específicos fazem parte da estrutura de sistema de gerenciamento de manutenção CMMS. É importante destacar mais uma vez que esta é apenas uma ação inicial tomada e dessa forma não tem a pretensão de finalizar as discussões e sugestões acerca do assunto.

Dentre as funções mais comuns desses programas podemos destacar a gestão de sobressalentes, criação de planos de manutenção, acompanhamento e programação de serviços, geração de ordens de serviço, indicadores de desempenho e relatórios gerenciais, além de uma análise de causa e efeito das falhas mais frequentes [3].

Figura 5- Ilustração Software de Gerenciamento de Manutenção



Fonte: o autor

## 5 CONCLUSÃO

O propósito desta conclusão é inferir de forma sintética os elementos observados ao longo do trabalho que, de forma coadunada, colaboraram no propósito ou princípio básico da atividade de manutenção e inspeção em serviço (*In-Service Inspection*), que é a garantia da integridade dos ESC de uma instalação nuclear, seja ela para geração de potência em instalações de terra ou para propulsão naval, mantendo-se a disponibilidade e segurança do sistema em foco.

Quando o SN-BR entrar em operação, seu programa de manutenção preventiva e inspeção em serviço será posto em prática para que as ESC continuem operando como especificado, não sendo reduzidos por fenômenos de envelhecimento, desgaste ou outros processos de deterioração funcional a sua capacidade de atender plenamente aos objetivos do projeto.

A programação aprovada das inspeções em serviço deve ser seguida, baseada em análises realizadas na fase de projeto e de testes de comissionamento, sendo alterada de acordo com a experiência operacional adquirida com o protótipo em terra, LABGENE.

As atividades de manutenção programada devem ser executadas com base na importância para a segurança dos sistemas, e tendo em mente a possibilidade de práticas imprudentes reduzirem os benefícios potenciais da defesa em profundidade.

A inspeção em serviço da barreira de pressão (envelope estanque do circuito primário) receberá uma atenção especial devido a sua fundamental importância para a contenção dos materiais radioativos e as severas condições ambientais sob as quais está submetida durante os longos períodos de tempo de operação.

A análise de tendências realizada, por exemplo, no monitoramento de vibrações, deve ser empregada para melhorar a efetividade do programa. Estas atividades representam um papel essencial prevenindo falhas em operação, sendo então corrigidas a tempo as deficiências assim descobertas.

A conformidade com procedimentos escritos e aprovados deve sempre ser requerida e verificada onde sistemas importantes para a segurança estão envolvidos. Os procedimentos asseguram que os operadores permaneçam informados da evolução de qualquer atividade em andamento. A exposição à radiação do pessoal durante manutenção também deve ser controlada e limitada por meio de planos de trabalho para controle radiológico, ensaios e monitoramento [8].

As atividades de manutenção requerem eventualmente também a indisponibilidade temporária de sistemas de segurança específicos. Isto só deve ser permitido em cumprimento a procedimentos escritos, testados e aprovados, e tendo sido implementadas medidas compensatórias durante o período de indisponibilidade.

Os testes funcionais periódicos são elementos fundamentais para garantir as funções essenciais dos sistemas de segurança e a disponibilidade instantânea. A frequência, extensão e natureza destes testes são determinados pela disponibilidade requerida, e pela capacidade prática de simular o funcionamento. Em circunstâncias onde a demonstração plena não é possível por testes periódicos do sistema, testes de componentes individuais e de sistemas parciais devem ser executados para demonstrar a disponibilidade da função de segurança. As inspeções em serviço e manutenções periódicas de equipamentos não devem prejudicar a capacidade dos sistemas relacionados à segurança de executar suas funções, implicando em níveis de redundância abaixo dos requisitos mínimos.

Um grande problema também, é relacionado a “Extensão da Vida Útil”. Estender a vida útil dos equipamentos e sistemas causará mais prejuízos do que a parada do meio, pois:

- Muitos componentes têm sua vida dimensionada para o ciclo de manutenção de projeto.
- Operar mais tempo causará falhas múltiplas devido a um modo de falha comum.
- O projeto não leva em conta tais tipos de modo de falha (o critério é de falha única).
- Isso implica na incapacidade do submarino de combater avarias múltiplas, o que levará facilmente ao seu afundamento [15].

O principal prejuízo de continuar a operar um meio após sua vida prevista é muito maior do que o tempo de espera no cais, pois envolve a perda do submarino com toda a tripulação.

Por fim, face ao apresentado, enfatiza-se que a complexidade desta atividade requer especial atenção no que tange as técnicas e inúmeras linhas de ação para que se detecte e mitigue a degradação de um componente da planta nuclear ou para que se restaure a um nível aceitável o desempenho das funções de projeto. Cabe à

MB orquestrar os ciclos de vida de modo que as manutenções e inspeções “In Service” sejam feitas simultaneamente de forma programada e com um eficiente e sofisticado suporte logístico e de pessoal capacitado visando o gerenciamento pleno, atingindo-se assim a máxima disponibilidade dos sistemas e equipamentos com o menor custo possível.

## REFERÊNCIAS

- [1] **DEFESA AÉREA & NAVAL**. Rio de Janeiro. Submarino Nuclear Brasileiro SN 10. Disponível em: <<http://www.defesaaereanaval.com.br/submarino-nuclear-brasileiro-alvaro-alberto-sn-10>>. Acesso em: 15 nov. 2017
- [2] DCNS SERVICES TOULON, **Visit of the Brazilian delegation**, apresentação Power Point, 16 Mar, 2010.
- [3] RELATÓRIO PRELIMINAR DE ANÁLISE DE SEGURANÇA. Capítulo 11, **Programa Experimental do LABGENE**, 2004.
- [4] IAEA SAFETY STANDART SERIES. Vienna: Maintenance, Surveillance and In-Service Inspection in Nuclear Power Plants, 2002.
- [5] GUIMARÃES, Leonam dos Santos, **Modernas Tendências no Projeto de Submarinos**, dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, São Paulo, Brasil, 1991.
- [6] GLASSTONE e SESSONSKE, Glasstone, S. e Sessonske, A., **Nuclear Reactor Engineering**, Chapman & Hall, Nova Iorque, EUA, 1994.
- [7] RPAS, **Relatório Preliminar de Análise de Segurança**. Capítulo 1, Revisão 0, 2013.
- [8] GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Síntese de Doutrina de Segurança para Projeto e Operação de Submarinos Nucleares**, tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, São Paulo, Brasil, 1999.
- [9] MAIA, Yran Leite. **Uma Proposta para o Descomissionamento de Submarinos Nucleares no Brasil**, Dissertação de Mestrado, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2015.
- [10] CC Ondir, **Condicionantes Operativos**, curso de aperfeiçoamento em tecnologia nuclear, apresentação Power Point, CIAW, 2017.
- [11] TECNATOM, **Especificação Geral para Inspeção em Serviço: Códigos e Normas**, Relatório, Código YY-XX , Revisão 0.
- [12] U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Standard Technical Specifications Westinghouse Plants, Rev. 3.1, abril, 1995.
- [13] ASME, In Service Inspection and Repair/Replacement Activities, section XI, 2004.
- [14] ASME, Code for Operation and Maintenance of Nuclear Power Plants with Addenda, OM Code, 2004.

[15] CC Ondir, **Os 7 Sistemas**, curso de aperfeiçoamento em tecnologia nuclear, apresentação Power Point, CIAW, 2017.

[16] CC Ondir, **Condicionantes do Reator**, curso de aperfeiçoamento em tecnologia nuclear, apresentação Power Point, CIAW, 2017.

[17] CNEN, Uso de Portos, Baías e Águas Sob Jurisdição Nacional por Navios Nucleares, Resolução CNEN 04/91, NE 1.24, 1991.

[18] CNEN, Licenciamento de Instalações Nucleares, Resolução CNEN 11/84, NE 1.04, 1984.

[19] CNEN, Inspeção em Serviço em Usinas Núcleo Elétricas, Resolução CNEN 13/96, NE 1.25, 1996.

[20] GORMAN. J. **Interim Review of the Pressurized Water Reactor Primary Water Chemistry Guidelines**, Rev 5. Palo Alto, CA, 2005.

[21] SILVEIRA, Helvécio Carlos Klinke. **Análise de Integridade Estrutural de Tubos de Geradores de Vapor Deteriorados por Corrosão sob Tensão pelo primário na Região de Transição de Expansão junto ao Espelho**, dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN, São Paulo, Brasil, 2002.

**ANEXOS**

## ANEXO A

**Estados estacionários do Reator**

VA	VASO ABERTO
DF	SUB-CRÍTICO A FRIO
DQS	SUB-CRÍTICO A QUENTE
DQC	CRÍTICO A POTÊNCIA ZERO
PM	POTÊNCIA (0-20%) SOB CONTROLE MANUAL DE POTÊNCIA (TEMPERATURA MÉDIA VARIÁVEL)
PA	POTÊNCIA (20-100%) SOB CONTROLE AUTOMÁTICO DE POTÊNCIA (TEMPERATURA MÉDIA CONSTANTE)

## ANEXO B

**Configurações do Primário**

CÓDIGO	CLASSE	CONFIGURAÇÕES DO PRIMÁRIO
2L100S	NORMAL	2 LOOPS A 100% DE VAZÃO COM SECUNDÁRIO
2L50S	NORMAL	2 LOOPS A 50% DE VAZÃO COM SECUNDÁRIO
2L0REA	NORMAL	2 LOOPS A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A ALTA PRESSÃO
2L0REB	NORMAL	2 LOOPS A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A BAIXA PRESSÃO
2L0RPP	NORMAL	2 LOOPS A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO PELA PURIFICAÇÃO
2LIREA	NORMAL	2 LOOPS ISOLADOS COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A ALTA PRESSÃO
2LIREB	NORMAL	2 LOOPS ISOLADOS COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A BAIXA PRESSÃO
2LIRPP	NORMAL	2 LOOPS ISOLADOS COM RESFRIAMENTO PELA PURIFICAÇÃO
1L501LIS	ANORMAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP A 50% DE VAZÃO COM SECUNDÁRIO
1L1001LIS	ANORMAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP A 100% DE VAZÃO COM SECUNDÁRIO
1L01LIREA	ANORMAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A ALTA PRESSÃO
1L01LIREB	ANORMAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA A BAIXA PRESSÃO
1L01LIRPP	ANORMAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP A 0% DE VAZÃO COM RESFRIAMENTO PELA PURIFICAÇÃO
2LNS	EXPERIMENTAL	2 LOOPS EM CIRCULAÇÃO NATURAL COM SECUNDÁRIO
2LIREP	EXPERIMENTAL	2 LOOPS ISOLADOS COM RESFRIAMENTO DE EMERGÊNCIA PASSIVO
1LN1LIS	EXPERIMENTAL	1 LOOP ISOLADO+1 LOOP EM CIRCULAÇÃO NATURAL COM SECUNDÁRIO

## ANEXO C

## Configurações do Secundário

CÓDIGO	CLASSE	CONFIGURAÇÕES DO SECUNDÁRIO
BLOQ/N	NORMAL	2 BORDOS ISOLADOS
E/DVN	NORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: DESVIO DE VAPOR
E/AVN	NORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: ALÍVIO DO GV
E/2P100+2A16	NORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: 2 TGP=<100% + 2 TGA=<16%+ DESVIO DE VAPOR
E/2P84+2A50	NORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: 2 TGP=<84% + 2 TGA=<50%+ DESVIO DE VAPOR
E/2P60+2A100	NORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: 2 TGP=<60% + 2 TGA=<100%+ DESVIO DE VAPOR
E/2P100+0A	EXPERIMENTAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: 2 TGP=<100%+ DESVIO DE VAPOR
1/1P100+0A	EXPERIMENTAL	1 BORDO: 1 TGP=<100%+ DESVIO DE VAPOR
E/0P+2A100	ANORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: 2 TGA=<100%+ DESVIO DE VAPOR
D/2P84+1A100	ANORMAL	2 BORDOS DESEQUILIBRADOS: 2 TGP=<84%+1 TGA=<100%+ DESVIO DE VAPOR
D/2P100+1A32	ANORMAL	2 BORDOS DESEQUILIBRADOS: 2 TGP=<100%+1 TGA=<32%+ DESVIO DE VAPOR
D/1P100+2A100	ANORMAL	2 BORDOS DESEQUILIBRADOS: 1 TGP=<100%+2 TGA=<100%+DESVIO DE VAPOR
D/1P100+1A100	ANORMAL	2 BORDOS DESEQUILIBRADOS: 1 TGP=<100%+1 TGA=<100%+DESVIO DE VAPOR
1/1P100+1A100	ANORMAL	1 BORDO: 1 TGP=<100% + 1 TGA=<100%+ DESVIO DE VAPOR
1/0P+1A100	ANORMAL	1 BORDO: 1 TGA=<100%+ DESVIO DE VAPOR
E/DVA	ANORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: DESVIO DE VAPOR
1/DVA	ANORMAL	1 BORDO: DESVIO DE VAPOR
E/AVA	ANORMAL	2 BORDOS EQUILIBRADOS: ALÍVIO DO GV
1/AVA	ANORMAL	1 BORDO: ALÍVIO DO GV

## ANEXO D

## Combinções de Configurações Normais do Reator e do Primário

CONFIGURAÇÕES DO PRIMÁRIO		ESTADOS ESTACIONÁRIOS DO REATOR					
		VA	DF	DQS	DQC	PM	PA
2L100S	NORMAL	NA	NA	DQS-2L100S	DQC-2L100S	PM-2L100S	PA-2L100S
2L50S	NORMAL	NA	NA	DQS-2L50S	DQC-2L50S	PM-2L50S	PA-2L50S
2L0REA	NORMAL	NA	NA	DQS-2L0REA	NA	NA	NA
2L0REB	NORMAL	NA	DF-2L0REB	NA	NA	NA	NA
2L0RPP	NORMAL	VA-2L0RPP	DF-2L0RPP	NA	NA	NA	NA
2LIREA	NORMAL	NA	NA	DQS-2LIREA	NA	NA	NA
2LIREB	NORMAL	NA	DF-2LIREB	NA	NA	NA	NA
2LIRPP	NORMAL	VA-2L1RPP	DF-2LIRPP	NA	NA	NA	NA
1L501LIS	ANORMAL	NA	NA	DQS-1L501LIS	DQC-1L501LIS	PM-1L501LIS	PA-1L501LIS
1L1001LIS	ANORMAL	NA	NA	DQS-1L1001LIS	DQC-1L1001LIS	PM-1L1001LIS	PA-1L1001LIS
1L01LIREA	ANORMAL	NA	NA	DQS-QL01LIREA	NA	NA	NA
1L01LIREB	ANORMAL	NA	DF-1L01LIREB	NA	NA	NA	NA
1L01LIRPP	ANORMAL	VA-1L01LIRPP	DF-1L01LIRPP	NA	NA	NA	NA
2LNS	EXPERIMENTAL	NA	NA	DQS-2LNS	NA	PM-2LNS	NA
2LIREP	EXPERIMENTAL	NA	DF-2LIREP	DQS-2LIREP	NA	NA	NA
1LN1LIS	EXPERIMENTAL	NA	NA	DQS-1LN1LIS	NA	PM-1LN1LIS	NA

## ANEXO E

### Combinações de Configurações Normais do Reator, do Primário e Secundário

CONFIGURAÇÕES DO SECUNDÁRIO		CONFIGURAÇÕES DO PRIMÁRIO x REATOR					
		BLOQ/N	E/DVN	E/AVN	E/2P100+2A16	E/2P84+2A50	E/2P60+2A100
		NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL
VA-2L0RPP	NORMAL	VA-2L0RPP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
VA-2L1RPP	NORMAL	VA-2L1PP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DF-2L0REB	NORMAL	DF-2L0REB-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DF-2L0RPP	NORMAL	DF-2L0RPP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DF-2LIREB	NORMAL	DF-2LIREB-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DF-2LIRPP	NORMAL	DF-2LIRPP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DQS-2L100S	NORMAL	NA	DQS-2L100S-E/DVN	DQS-2L100S-E/AVN	NA	NA	NA
DQS-2L50S	NORMAL	NA	DQS-2L50S-E/DVN	DQS-2L50S-E/AVN	NA	NA	NA
DQS-2L0REA	NORMAL	DQS-2L0REA-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DQS-2LIREA	NORMAL	DQS-2LIREA-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA
DQC-2L100S	NORMAL	NA	DQC-2L100S-E/DVN	NA	NA	NA	NA
DQC-2L50S	NORMAL	NA	DQC-2L50S-E/DVN	NA	NA	NA	NA
PM-2L100S	NORMAL	NA	NA	NA	PM-2L100S-E/2P100+2A16	PM-2L100S-E/2P84+2A50	PM-2L100S-E/2P60+2A100
PM-2L50S	NORMAL	NA	NA	NA	PM-2L50S-E/2P100+2A16	PM-2L50S-E/2P84+2A50	PM-2L50S-E/2P60+2A100
PA-2L100S	NORMAL	NA	NA	NA	PA-2L100S-E/2P100+2A16	PA-2L100S-E/2P84+2A50	PA-2L100S-E/2P60+2A100
PA-2L50S	NORMAL	NA	NA	NA	PA-2L50S-E/2P100+2A16	PA-2L50S-E/2P84+2A50	PA-2L50S-E/2P60+2A100

## ANEXO F

### Combinações de Configurações Experimentais do Reator, Primário e Secundário

CONFIGURAÇÕES DO PRIMÁRIO x REATOR									
CONFIGURAÇÕES DO SECUNDÁRIO	LOQ/N	/DVN	/AVN	E/2 P100+2A16	E/ 2P84+2A50	E/2 P60+2A100	E/2P 100+0A	1/1P100+0A	
		NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	EXPERIMENTAL	EXPERIMENTAL
PM-2L100S	NORMAL	NA	NA	NA	PM-2L100S- E/2P100+2A16	PM-2L100S- E/2P84+2A50	PM-2L100S- E/2P60+2A100	PM-2L100S- E/2P100+0A	PM-2L100S- 1/1P100+0A
PM-2L50S	NORMAL	NA	NA	NA	PM-2L50S- E/2P100+2A16	PM-2L50S- E/2P84+2A50	PM-2L50S- E/2P60+2A100	NA	NA
PA-2L100S	NORMAL	NA	NA	NA	PA-2L100S- E/2P100+2A16	PA-2L100S- E/2P84+2A50	PA-2L100S- E/2P60+2A100	PA-2L100S- E/2P100+0A	PA-2L100S- 1/1P100+0A
PA-2L50S	NORMAL	NA	NA	NA	PA-2L50S- E/2P100+2A16	PA-2L50S- E/2P84+2A50	PA-2L50S- E/2P60+2A100	NA	NA
DF-2LIREP	EXPERIMENTAL	DF-2LIREP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DQS-2LNS	EXPERIMENTAL	NA	DQS-2LNS-E/DVN	DQS-2LNS-E/AVN	NA	NA	NA	NA	1.1.1.1.1.1 NA
DQS-2LIREP	EXPERIMENTAL	DQS-2LIREP-BLOQ/N	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DQS-1LN1LIS	EXPERIMENTAL	NA	DQS-1LN1LIS-E/DVN	DQS-1LN1LIS-E/AVN	NA	NA	NA	NA	NA
PM-2LNS	EXPERIMENTAL	NA	NA	NA	PM-2LNS- E/2P100+2A16	PM-2LNS- E/2P84+2A50	PM-2LNS- E/2P60+2A100	NA	NA
PM-1LN1LIS	EXPERIMENTAL	NA	NA	NA	PM-1LN1LIS- E/2P100+2A16	PM-1LN1LIS- E/2P84+2A50	PM-1LN1LIS- E/2P60+2A100	NA	NA

## ANEXO G

**DICIONÁRIO DE DADOS DO LABGENE****Número de Referência dos Dados: 001****NOME:**Código de Categoria do Item**ABREVIÇÃO:**CCI**FORMATO:** Um caractere.**Regras Para Preenchimento:**

É um código que identifica o tipo de item e indica a categoria a qual este pertence. Os códigos que se aplicam no projeto LABGENE são os seguintes:

**\* 1) CANDIDATOS PARA ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO E SOBRESSALENTES**

FItem fim;

RItem reparável;

NItem não reparável, também chamado de “peça de reparo”;

KConjunto de peças de reparo.

**\* 2) FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS DE APOIO ESPECÍFICOS**

SFerramenta específica;

EEquipamento de teste específico;

AEquipamento de teste específico automático.

**\* 3) OUTROS ELEMENTOS LOGÍSTICOS**

TFerramenta comum;

P*Software* ou programa para teste;

DDocumento, folha ou manual de manutenção, desenho;

CConsumível, (graxas e lubrificantes).

**Número de Referência dos Dados: 002****NOME:** Número de Controle de Análise de Apoio Logístico**ABREVIÇÃO:** NCL**FORMATO:** Até (20 A SER DEFINIDO) caracteres.**Regras Para Preenchimento:**

É um código que representa a estrutura em cascata do sistema.

A estrutura do código NCL é explicada no campo 003.

**Número de Referência dos Dados: 003****NOME:** Estrutura do Número de Controle de Análise de Apoio Logístico**ABREVIÇÃO:** ESTRUTURA NCL**FORMATO:** Até (20 A SER DEFINIDO) caracteres.**Regras Para Preenchimento:**

A estrutura do NCL inclui nove níveis, sendo a série de caracteres disposta desta forma: 1-4-2-3-3-2-2-1.

O nível 1 contém a letra "L" (constante).

O nível 2 contém quatro algarismos, correspondentes a nomenclatura usual dos sistemas do LABGENE.

Nota: As letras "I" e "O" não podem ser usadas no NCL.

**Número de Referência dos Dados: 004****NOME:** Código de Nível do Número de Controle de Análise de Apoio Logístico**ABREVIÇÃO:** CN NCL**FORMATO:** Uma letra.**Regras Para Preenchimento:**

Este código indica o nível em que o item se encontra na estrutura em cascata. O valor pode ser gerado automaticamente através do NCL do produto ou inserido manualmente.

Os valores possíveis vão de "A" até "I" através dos níveis da estrutura em cascata, de acordo com a ESTRUTURA NCL (003).

Este código será gerado para todo item logístico.

**Número de Referência dos Dados: 005**

**NOME:** *NATO Stock Number* (Número de Estoque OTAN)

**ABREVIÇÃO:** NSN

**FORMATO:** Série de 13 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

Quando disponível, o NSN deve ser registrado para equipamentos, sobressalentes, equipamentos de teste, ferramentas específicas, etc.

**Número de Referência dos Dados: 006**

**NOME:** Código da Tarefa.

**ABREVIÇÃO:** COD TRF

**FORMATO:** Série de seis letras.

**Regras Para Preenchimento:**

O código da tarefa contém:

- código de função da tarefa (1 letra);
- código de classificação com relação ao intervalo de realização da tarefa (1 letra);
- **nível de escalão de manutenção (1 letra);**
- código de operabilidade (1 letra);
- código sequencial da tarefa (2 letras).

Esse campo será registrado para cada tarefa de manutenção.

Os quatro primeiros subcampos fornecem informações relacionadas ao desempenho da tarefa. O quinto subcampo é um código sequencial fornecido para diferenciar tarefas cujos demais subcampos sejam iguais.

\* 1) Código da Tarefa – A: Código de função da tarefa

AAcesso Acesso é usado para operações realizadas para ganhar acesso a um item que esteja em um nível mais baixo na estrutura em cascata, ou para retirada de um item que esteja bloqueando o acesso ao item que esteja sob análise.

JAjuste Ajuste é usado para manter um item dentro de limites predeterminados, trazendo-o para uma posição apropriada ou exata, ou ajustando as características de

- operação para parâmetros específicos.
- M**Alinhamento Alinhamento é usado para ajustar elementos variáveis específicos de um item de forma a trazê-lo para um nível de desempenho ótimo ou desejado.
- C**Calibração Calibração é usado para determinar correções a serem ajustadas em instrumentos ou equipamentos de teste, medição e diagnóstico usados em medições de precisão. Consiste na comparação de dois instrumentos, um dos quais é um padrão certificado de precisão conhecida, para detectar e ajustar qualquer discrepância no instrumento sendo comparado.
- L**Limpeza Limpeza inclui lavagem, banho ácido, polimento, jato de areia, desengraxamento, etc, para facilitar inspeção e para controlar corrosão. A limpeza realizada durante o reparo será incluída no tempo do reparo.
- H**Remoção e Substituição É o ato de remover uma peça desgastada ou em falha (subsistema, instalação, equipamento, componente, módulo, **SRU**, **LRU**, etc.) de um item substituí-la por uma peça útil. Também deve incluir a remoção de outras peças deste item que facilitem a remoção e substituição da peça falha ou desgastada.
- D**Desmontagem e Remontagem Desmontagem e remontagem é usado quando se quer ter acesso as peças, separar um nível de itens ou unidades menores, ou mesmo até todas as peças removíveis.
- F**Isolação de falha Isolação de falha é usado para identificar itens específicos que causam os sintomas da falha. O procedimento de isolação da falha pode incluir a operação de equipamentos de teste *built-in*, auto-teste, equipamentos de teste e de apoio comuns ou específicos.
- I**Inspeção Inspeção é usado para determinar as condições de um item, comparando-se suas características físicas, mecânicas e/ou elétricas com padrões estabelecidos através de exame visual. Exemplos: inspeção para detectar vazamento de óleo, perda de porcas e parafusos, falta de limpeza, etc.
- N**Instalação É o ato de colocar, assentar ou fixar em uma posição um item auxiliar que não seja montado permanentemente no sistema/equipamento, de forma a permitir o funcionamento apropriado.
- B**Lubrificação Lubrificação é usada quando a intenção básica é a aplicação de lubrificantes por qualquer tipo de acessório, dentro de uma base agendada ou programada. Lubrificação não é usada

- quando é parte ou resultado de outro requisito de manutenção.
- G**Revisão Geral Revisão geral é usada quando se requer a completa desmontagem, inspeção, reforma e remontagem de um item de forma a restaurar a sua condição de “como novo”.
- R**Reparo É a aplicação de ações de manutenção para restaurar as condições de um item. O Reparo pode incluir a isolação da falha para identificar as peças falhas, remoção e substituição das partes falhas e verificação das condições do item.
- S**Serviço Serviço é usado quando a intenção básica é o reabastecimento de consumíveis como óleos, combustíveis, gases, etc. Serviço também é um requisito quando um consumível tem que ser drenado e re completado, ou re completado em intervalos específicos. Serviço não é usado quando é parte ou resultado de outro requisitos de manutenção.
- T**Teste Teste é usado para determinar as condições de um item, comparando-se suas características mecânicas e/ou elétricas com padrões estabelecidos.
- P**Processo É a submissão do item a uma série de ações ou operações que levam a um fim específico.

\* 2) Código da Tarefa – B: Código de classificação com relação ao intervalo de realização da tarefa

**C**Corretiva Ação não agendada.

**P**Preventiva Inspeção/serviço periódico predeterminado, baseado no tempo decorrido, horas de operação, etc.

**D**Pós-operativa Inspeção realizada após cada operação/missão.

**A**Pré-operativa Inspeção realizada antes de cada operação/missão.

**S**Período de *Start up* Ocorre somente no período de *start up*, quando se está pondo a planta para funcionar.

\* 3) Código da Tarefa – C: Nível de escalão de manutenção

**O**Organizacional

**H**Intermediário

**D**Estaleiro

**L**Industrial

\* 4) Código da Tarefa – D: Código de operabilidade do sistema

NSistema InoperanteDurante a realização da tarefa de manutenção o sistema não está disponível para realizar sua operação normal.

OSistema OperanteDurante a realização da tarefa de manutenção o sistema está disponível para realizar sua operação normal.

\* 5) Código da Tarefa – E: Código sequencial da tarefa

De “AA” a “ZZ”.

**Número de Referência dos Dados: 007**

**NOME:**Unidade de Medida

**ABREVIÇÃO:**UM

**FORMATO:** 2 letras.

**Regras Para Preenchimento:**

Aprovisionamento – Deve existir uma UM para cada item provisionado.

Sobressalentes e material para a tarefa – Deve existir uma UM com quantidade indicada em “quantidade por tarefa” (008) para os elementos de apoio (esses dados serão inseridos para cada elemento de apoio usado em uma tarefa de manutenção).

Os códigos são os seguintes:

**CJConjunto;**

CMCentímetro;

CCCentímetro Cúbico;

DZDúzia;

**FLFolha;**

GRGramas;

KGQuilograma;

**KMQuilômetro;**

LTLitro;

MTMetro;

MQMetro Quadrado;

MCMetro Cúbico;

PRPar;  
PCPeça;  
UNUnidade.

**Número de Referência dos Dados: 008**

**NOME:**Quantidade por Tarefa

**ABREVIÇÃO:**QTD/TRF

**FORMATO:** Até sete algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É o número de itens de apoio usados para a realização de uma determinada tarefa de manutenção.

Para as tarefas em que determinados itens de apoio não são utilizados para toda e qualquer realização da tarefa, estes itens não aparecerão como itens de apoio da tarefa preventiva. Na documentação, a tarefa preventiva deve ser associada a uma tarefa corretiva.

Este campo será preenchido para cada elemento de apoio usado em cada tarefa de manutenção.

**Número de Referência dos Dados: 009**

**NOME:**Nomenclatura do Item associado ao Número de Controle de Análise de Apoio Logístico

**ABREVIÇÃO:**Nomenclatura NCL

**FORMATO:** Até 64 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o nome definido para o item. Pode conter informação relativa a localização ou função de um equipamento.

**Número de Referência dos Dados: 010**

**NOME:**Código do Fornecedor

**ABREVIÇÃO:**COD FOR

**FORMATO:** Série de cinco caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o código que identifica o fornecedor do item.  
A ser definido.

**Número de Referência dos Dados: 011**

**NOME:**Nome do Fornecedor

**ABREVIÇÃO:**NOM FOR

**FORMATO:** Até 64 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o nome do fornecedor, comercial ou governamental.

**Número de Referência dos Dados: 012**

**NOME:**Origem/País do Fornecedor.

**ABREVIÇÃO:**ORI FOR

**FORMATO:** Até 16 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o nome do país de origem do fornecedor.

**Número de Referência dos Dados: 013**

**NOME:**Referência do Fornecedor

**ABREVIÇÃO:**REF FOR

**FORMATO:** Até 32 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o código usado pelo fornecedor para identificar o item.

**Número de Referência dos Dados: 014**

**NOME:**Desenho de Referência

**ABREVIÇÃO:**Desenho

**FORMATO:** Até 32 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o número do desenho técnico de engenharia onde o item é mostrado.

**Número de Referência dos Dados: 015**

**NOME:**Número do Item (**TAG**)

**ABREVIÇÃO:**NUM ITEM

**FORMATO:** Até 32 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o número do item encontrado no desenho técnico de engenharia. **Número funcional ou TAG.**

**Número de Referência dos Dados: 016**

**NOME:**Quantidade por Montagem

**ABREVIÇÃO:**QTD MONT

**FORMATO:** Número inteiro de até quatro algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É o número total de vezes que o item é usado na montagem da qual o mesmo faz parte.

**Número de Referência dos Dados: 017**

**NOME:**Tempo Médio Entre Falhas – *Mean Time Between Failures*

**ABREVIÇÃO:**MTBF

**FORMATO:** Número inteiro de até seis algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É o tempo médio entre duas falhas para um mesmo item. É o número inverso do valor da taxa de falhas.

**Número de Referência dos Dados: 018**

**NOME:**Requisito de Operação Anual

**ABREVIÇÃO:ROA**

**FORMATO:** Número inteiro de até seis algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É a taxa de uso anual estimada ou requerida do item em questão.

Os ROA são normalmente definidos para os primeiros níveis do projeto como sistemas, subsistemas e equipamentos. Desta forma, alguns equipamentos, componentes ou itens podem ter seus ROA reduzidos usando-se um Fator de Conversão (número de referência dos dados 023).

**Número de Referência dos Dados: 019**

**NOME:**Base de Medida

**ABREVIÇÃO:BM MTBF ou BM ROA ou BM PRD**

**FORMATO:** Um caractere.

**Regras Para Preenchimento:**

É um código que identifica a unidade de medida para o MTBF (número de referência dos dados 017) ou para o ROA (número de referência dos dados 018) ou para a PRD (número de referência dos dados 021).

Os códigos são os seguintes:

PPartida;

RParada;

CCiclo;

OHora de Operação;

HHora;

DDia;

SSemana;

MMês;

AAno.

**Número de Referência dos Dados: 020**

**NOME:**Identificação da Tarefa

**ABREVIÇÃO:ID TRF**

**FORMATO:** Até 128 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o nome ou uma curta descrição da tarefa de manutenção. Pode conter informação relativa a função ou a localização da tarefa.

**Número de Referência dos Dados: 021**

**NOME:**Periodicidade

**ABREVIÇÃO:**PRD

**FORMATO:** Número inteiro de até seis algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É a periodicidade indicada pelo fabricante para a tarefa de manutenção, expressa conforme sua BM PRD (número de referência dos dados 019).

**Número de Referência dos Dados: 022**

**NOME:**Frequência da Tarefa

**ABREVIÇÃO:**FRQ TRF

**FORMATO:** Número decimal com até onze algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É a frequência de realização ou de ocorrência de uma tarefa expressa pelo número de ocorrências anuais:

\* 1) MANUTENÇÃO CORRETIVA

***Frequência da Tarefa = (Taxa de Falha) \* ROA \* Fator de Conversão*** (ao se utilizar o ROA do item fim); ou

***Frequência da Tarefa = (Taxa de Falha) \* ROA***(ao se utilizar diretamente o ROA do item sob análise).

**Com a taxa de falha dos itens compreendidos pela tarefa sob análise.**

Caso não haja taxa de falha disponível, a Frequência da Tarefa deverá ser deixada em branco.

\* 2) MANUTENÇÃO PREVENTIVA em Horas de Operação

É usado quando a Frequência da Tarefa é baseada em periodicidade dependente do tempo de operação:

$$\text{Frequência da Tarefa} = \text{ROA} * \text{Fator de Conversão}$$

**Periodicidade** (ao se utilizar o ROA do item fim); ou

$$\text{Frequência da Tarefa} = \frac{\text{ROA}}{\text{Periodicidade}}$$

**Periodicidade** (ao se utilizar diretamente o ROA do item sob análise).

O ROA e a Periodicidade devem utilizar a mesma Base de Medida.

\* 3) MANUTENÇÃO PREVENTIVA em Horas Calendário

Este método é usado quando a Frequência da Tarefa é baseada em periodicidade de calendário. **Estes dados documentam o número de ocorrências anuais.**

Exemplos para um ROA = 2500 horas de operação:

INTERVALO DA TAREFA	TAXA DE FALHA	FRQ TRF (anual)	BM (019)	MÉTODO
5000 horas de operação	-	0,5	O(horas de operação)	Preventiva
250 horas de operação	-	10	O(horas de operação)	Preventiva
Diário (D)	-	365	-	Calendário
Até a falha	$1 \times 10^{-05}$	0,025	O(horas de operação)	Corretiva

**Número de Referência dos Dados: 023**

**NOME:**Fator de Conversão

**ABREVIÇÃO:**FC

**FORMATO:** Número inteiro de até três algarismos.

**Regras Para Preenchimento:**

É um fator em porcentagem usado para converter o ROA do equipamento (número de referência dos dados 018) no ROA do item sob análise. Para um equipamento cujas diferentes peças sejam todas afetadas pelo mesmo ROA (ROA do equipamento), o FC será 100 para todos os itens.

**Número de Referência dos Dados: 024****NOME:**Código do Período**ABREVIÇÃO:**COD PER**FORMATO:** Série de três letras.**Regras Para Preenchimento:**

É a identificação do período de manutenção agendado.

Os códigos que se aplicam no projeto LABGENE são os seguintes:

PAM Período de Atualização e Modernização;

PDR Período de Docagem Rápida;

PMG Período de Manutenção Geral;

PMR Período de Manutenção de Rotina.

Os períodos de manutenção são consistentes com o Ciclo de Atividades do LABGENE.

**Número de Referência dos Dados: 025****NOME:**Nome do Período**ABREVIÇÃO:**NOM PER**FORMATO:** Série de até cinco caracteres.**Regras Para Preenchimento:**

Este código identifica o número do primeiro período de manutenção (ver COD PER: número de referência dos dados 024) durante o qual a tarefa de manutenção será realizada.

Os códigos que se aplicam no projeto LABGENE são os seguintes:

PAM: 1 (PAM1);

PDR: de 1 a 2 (PDR1 ou PDR2);

PMG: 1 (PMG1);

PMR: de 1 a 14 (PMR1, PMR2, PMR3... PMR14).

Os períodos de manutenção são consistentes com o Ciclo de Atividades do LABGENE.

**Número de Referência dos Dados: 026**

**NOME:**Condição de Situação do Reator

**ABREVIÇÃO:**CSR

**FORMATO:** Um caractere.

**Regras Para Preenchimento:**

É a identificação da condição do reator requerida para execução da tarefa de manutenção.

Os códigos que se aplicam no projeto LABGENE são os seguintes:

**D**Desligado ou inoperante;

**F**Desligado a frio (*cold shutdown*);

**Q**Desligado a quente (*hot shutdown*);

**N**Não requer uma situação específica, é indiferente;

**L**Ligado ou operante.

Na falta de informação este campo deve ser deixado em branco.

**Número de Referência dos Dados: 027**

**NOME:**Nomenclatura do Item

**ABREVIÇÃO:**NOM ITEM

**FORMATO:** Até 64 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

É o nome, a designação do item de reparo, ferramenta, consumível, etc; que é classificado conforme o seu CCI (número de referência dos dados 001).

Devem ser identificados todos os itens usados em uma determinada tarefa de manutenção.

**Número de Referência dos Dados: 028**

**NOME:**Nomenclatura do Item associado ao Número de Controle de Análise de Apoio Logístico em Língua Estrangeira.

**ABREVIACÃO:**Nomenclatura NCL - Inglês

**FORMATO:** Até 64 caracteres.

**Regras Para Preenchimento:**

Quando definido no projeto ou quando disponível em manuais, o nome do item em língua inglesa deve ser adicionado ao banco de dados.