

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
TECNOLOGIA NUCLEAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APP (ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS) NAS MANOBRAS DE SUBMARINOS
NUCLEARES EM CANAIS DE ACESSO: Levantamento de Erros Humanos a Partir de
HTA (Hierarchical Task Analysis)



PRIMEIRO-TENENTE JOÃO LUIS POTYGUARA PEREIRA FERREIRA LIMA

Rio de Janeiro
2023

PRIMEIRO-TENENTE JOÃO LUIS POTYGUARA PEREIRA FERREIRA LIMA

APP (ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS) NAS MANOBRAS DE SUBMARINOS
NUCLEARES EM CANAIS DE ACESSO: Levantamento de Erros Humanos a Partir de
HTA (*Hierarchical Task Analysis*)

Monografia apresentada ao Centro de Instrução
Almirante Alexandrino como requisito parcial à
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em
Tecnologia Nuclear.

Orientador:

Prof. Marcos Coelho Maturana, PhD

CIAA
Rio de Janeiro
2023

PRIMEIRO-TENENTE JOÃO LUIS POTYGUARA PEREIRA FERREIRA LIMA

APP (ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS) NAS MANOBRAS DE SUBMARINOS
NUCLEARES EM CANAIS DE ACESSO: Levantamento de Erros Humanos a Partir de
HTA (*Hierarchical Task Analysis*)

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial
à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear.

Aprovada em _____

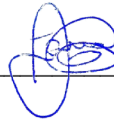
Banca Examinadora:

Prof. Marcos Coelho Maturana, PhD – DDNM



CT Leonardo Oldani Felix, M.Sc. – CIAA

CT (EN) Danilo Pinheiro Faria, M.Sc. – DDNM



CIAA
Rio de Janeiro
2023

Dedico esse trabalho ao Capitão de Mar e Guerra
Airton Pinto Pereira, *in memoriam*, distinto chefe
naval, honrado chefe de família e amado avô.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor dos Navegantes, que me abençoa abundantemente e me guiou até aqui.

Aos meus queridos pais, por todo o apoio durante esse período e pelas orientações nos momentos mais necessários.

Aos meus irmãos, por me incentivar a não desanimar frente ao desafio.

Ao Prof. Dr. Marcos Coelho Maturana, pela fidalguia, pelo tratamento cortês nas diversas orientações e direcionamentos, pela incansável vontade de ajudar e pela paciência.

Aos meus camaradas do C-ApA-TN 2023, por ombrear comigo essa etapa singular de nossas carreiras. Desejo sucesso nas etapas vindouras. Bons Ventos e Mares Tranquilos!

À Marinha do Brasil, pela oportunidade de conhecer e estudar uma área de extrema importância para o país, fazendo com que eu continue em um contínuo aprimoramento pessoal, podendo assim vir a contribuir para o Brasil. Tudo pela Pátria! Viva a Marinha!

“Sou pequeno, mas tenho a coragem
dos grandes”

Tertuliano de Albuquerque Potyguara

Resumo

A navegação nos canais de acesso, apesar de ser considerada mais sensível e perigosa do que a navegação em mar aberto, é razoavelmente comum. Entretanto, quando se trata de um submarino com propulsão nuclear, eleva-se o nível de preocupação devido às consequências mais graves em caso de acidente. É imperativo nessa situação que se avalie todos os possíveis erros causados pelo homem. Neste trabalho, foi feita uma análise qualitativa das atividades do ser humano, através da *Hierarchical Task Analysis (HTA)*. Após isso, foi aplicada uma metodologia, conhecida como *Technique for Early Consideration of Human Reliability (TECHR)*, para ajudar a dimensionar as probabilidades de ocorrência das diversas formas de erros humanos. Dessa forma, foi possível avaliar ações já naturais do ser humano juntamente com as chances de que ocorram erros dessas mesmas ações. De posse da avaliação de frequência e de consequências das falhas humanas, podemos verificar se são aceitáveis e também levantar medidas de redução das probabilidades de acontecimento. Os casos onde há probabilidade de acidente de pessoal e/ou liberação de material radioativo podem ser considerados catastróficos. O trabalho visa realizar uma comparação entre situações de perigo geradas a partir de erros humanos e através de uma Análise Preliminar de Perigos (APP), mitigar os riscos que não foram considerados toleráveis. Essas ações tendem a evitar que se tenha um impacto, nos mais diversos âmbitos: ambiental, midiático, financeiro, material e, principalmente, pessoal. Após finalizar todo o processo relatado acima, foram encontradas 4 ações consideradas “não toleráveis” e 5 de “tolerância média,” todas necessitando de medidas para diminuição de riscos. Por se tratar de um submarino de propulsão nuclear, com impacto de grandes proporções, as medidas sugeridas para as ações de risco não tolerável foram de aumentar as redundâncias na verificação das etapas da navegação por pessoal mais experiente, além de intensificar o adestramento para todas as estações envolvidas no processo. Para os erros classificados como de risco “Médio” foram apresentadas medidas mitigadoras. Parte delas dizem respeito ao aumento do número de pessoas no processo decisório, a fim de elevar as chances de observação dos possíveis erros. Foram também aconselhados a atenção ao auxílio de quem é detentor da experiência, como por exemplo, não adentrar no canal sem auxílio do profissional e apoio externo oferecido. Esse estudo também concluiu que existe uma carência de trabalhos a respeito de erros humanos em situações específicas de embarcações com propulsão nuclear. A continuada discussão dos temas que avaliam os riscos e as medidas de segurança na área nuclear deve ser amplamente incentivada para o bem das pessoas e do meio ambiente ao redor. Se torna razoável a continuação de um estudo mais aprofundado por outros pesquisadores, os quais podem levar essa análise através de uma visão quantitativa e mais detalhada das possibilidades a um patamar de especificação maior.

Palavras-chave: APP; canal de acesso; HTA; submarino nuclear; TECHR.

Abstract

Navigation in access channels, although considered more sensitive and dangerous than open-sea navigation, is reasonably common. However, when it comes to a nuclear-powered submarine, the level of concern is elevated due to the more severe consequences in the event of an accident. In this situation, it is imperative to assess all possible human-caused errors. In this study, a qualitative analysis of human activities was conducted using Hierarchical Task Analysis (HTA). Subsequently, a methodology known as Technique for Early Consideration of Human Reliability (TECHR) was applied to help assess the probabilities of various forms of human errors occurring. This way, it is possible to evaluate actions that are natural for humans along with the chances of errors in these actions occurring. With an assessment of the frequency and consequences of human failures, we can determine if they are acceptable and also identify measures to reduce the likelihood of their occurrence. Cases where there is a probability of personal accidents and/or the release of radioactive material can be considered catastrophic. The study aims to make a comparison between hazards generated by human errors and those identified through a Preliminary Hazard Analysis (PHA) in order to mitigate risks that were not considered tolerable. These actions aim to prevent impacts in various areas: environmental, media, financial, material, and most importantly, personal. After completing the entire process described above, four actions were found to be "not tolerable," and five were of "medium tolerance," all of which require risk reduction measures. Given that it is a nuclear-powered submarine with significant implications, the suggested measures for non-tolerable risk actions include increasing redundancies in the verification of navigation steps by more experienced personnel and intensifying training for all stations involved in the process. For errors classified as "medium risk," mitigating measures were proposed. Some of these measures involve increasing the number of people involved in the decision-making process to enhance the chances of identifying potential errors. It was also recommended to seek the guidance of experienced individuals, for example, not entering the channel without the assistance of a professional and external support. This study also concluded that there is a lack of research on human errors in specific situations involving nuclear-powered vessels. Continued discussion of topics related to risk assessment and safety measures in the nuclear field should be strongly encouraged for the benefit of people and the environment. It is reasonable to continue with further in-depth research by other researchers who can take this analysis to a more quantitative and detailed level of specification.

Keywords: access channel. HTA. PHA. submarine. TECHR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho do Submarino Nautilus de Robert Fulton.....	16
Figura 2 – Submarino “Riachuelo”.....	17
Figura 3 – SCPN ‘Alvaro Alberto’.....	19
Figura 4 – Canal Dragado de Cotunduba.....	20
Figura 5 – Precisão Requerida e Intervalo de Tempo entre Posições.....	21
Figura 6 – Canal de Acesso ao Porto do Rio de Janeiro.....	21
Figura 7 – Diagrama SRK.....	26
Figura 8 – Modelo de Documentação da Análise Realizada.....	29
Figura 9 – Etapas Abordadas no Trabalho.....	31
Figura 10 - Matriz de Tolerabilidade de Riscos.....	32
Figura 11 - Matriz Simplificada da Tolerabilidade de Riscos.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de Desempenho.....	23
Tabela 2 – Fatores Ambientais.....	23
Tabela 3 – Fatores Internos.....	24
Tabela 4 – Fatores de Habilidades	24
Tabela 5 - Hierarchical Task Analysis	35
Tabela 6 - Probabilidade de Erro das ações humanas	36

LISTAS DE SIGLAS

APP	Análise Preliminar de Perigos
END	Estratégia Nacional de Defesa
HTA	<i>Hierarchical Task Analysis</i>
MB	Marinha do Brasil
PHA	<i>Preliminary Hazard Analysis</i>
PROSUB	Programa de Submarinos
RIPEAM	Regulamento Internacional Para Evitar Abalroamento no Mar
SCPN	Submarino Convencional com Propulsão Nuclear
SRK	<i>Skill-Rule-Knowledge</i>
TECHR	<i>Technique for Early Consideration of Human Reliability</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 SUBMARINOS NUCLEARES E CANAIS DE ACESSO	15
2.1.1 SUBMARINOS CONVENCIONAIS: BREVE HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS	15
2.1.2 SUBMARINOS NUCLEARES	17
2.1.3 CANAIS DE ACESSO	19
2.2 ERROS HUMANOS E FATORES DE RISCO.....	22
2.3 <i>HIERARCHICAL TASK ANALYSIS</i>.....	25
2.4 <i>TECHNIQUE FOR EARLY CONSIDERATION OF HUMAN RELIABILITY (TECHR)</i>	25
2.5 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	28
3 METODOLOGIA.....	31
4 APLICAÇÃO.....	34
4.1 <i>HIERARCHICAL TASK ANALYSIS</i>.....	34
4.2 TECHR.....	36
4.3 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	37
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
5 CONCLUSÃO	39
5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
APÊNDICE – TABELA DE ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	43
ANEXO A – DOMÍNIO COGNITIVO DE BLOOM	45
ANEXO B – DOMÍNIO AFETIVO DE BLOOM.....	46

ANEXO C – DOMÍNIO PSICOMOTOR DE HARROW47

**ANEXO D – PROBABILIDADE DE ERRO HUMANO PARA AS AÇÕES
APRESENTADAS NOS ANEXOS A, B E C.....48**

1 INTRODUÇÃO

A navegação em canais de acesso apresenta maiores probabilidades de ocorrência de situações de perigos que a navegação em mar aberto. Diversos são os fatores que influenciam as embarcações até a atracação no porto de destino ou no momento em que se encontra em mar aberto, com mais espaço para manobra das embarcações. Dentre todos os fatores que aumentam as chances desse risco e seus impactos, o que tem papel mais relevante é a interferência humana no processo de navegação. Ao contrário de quando se encontra afastado da costa, em canais de acesso é grande a participação humana em toda a derrota da embarcação.

A análise de risco pode ser feita tanto de maneira quantitativa quanto qualitativa. A primeira baseia-se em valores numéricos para avaliar a probabilidade, impacto e consequências de cada risco delineado. Já a qualitativa, utiliza-se de parâmetros subjetivos. Nesse trabalho foi utilizada a segunda abordagem. Essa análise auxilia a tomada de decisão acerca das atitudes necessárias em um possível evento de perigo. Esse processo apresenta três passos: a identificação do perigo, análise da frequência e análise da consequência. Das metodologias qualitativas conhecidas, a utilizada neste trabalho é a APP, ou PHA (*Preliminary Hazard Analysis*), em inglês.

Os impactos de acidentes com embarcações de propulsão nuclear vão desde desastres ambientais e perdas humanas até descrédito político e implicações em relações internacionais, sem contar com prejuízos financeiros. Esse trabalho visa analisar os possíveis riscos fomentando novos estudos visando a prevenção e minimização dos efeitos causados por erros humanos.

Os próximos capítulos desta monografia apresentam, na sequência: Capítulo 2) Revisão Bibliográfica: apresenta uma visão geral do que é um submarino convencional e um submarino com propulsão nuclear, apresentando suas diferenças e limitações, e o que é um canal de acesso. Além disso, é exposto a fundamentação teórica da metodologia apresentada no capítulo seguinte. Durante essa demonstração são apresentados o que são erros humanos, HTA, TECHR e APP; Capítulo 3) Metodologia: é mostrada a estrutura lógica aplicada, definindo as etapas que serão percorridas neste trabalho, realizando a análise hierarquizada das tarefas, aplicando as taxonomias de Bloom e Harrow, através da TECHR, e observada a tolerabilidade dos riscos associados; Capítulo 4) É aplicada a metodologia apresentada, onde é realizada uma análise de perigos qualitativa comparativa, disposta na tabela do Apêndice. Através desses riscos são sugeridas medidas para diminuir a probabilidade e impacto do erro; Capítulo 5) Mostra a conclusão do trabalho e apresentada sugestões para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No cenário complexo e estratégico da operação de submarinos nucleares em canais de acesso, a compreensão aprofundada de diversos elementos é crucial para garantir a segurança e eficiência dessas manobras delicadas. Este capítulo visa contextualizar e explorar elementos para a compreensão desse cenário complexo. Inicialmente, discute-se as características distintas entre submarinos convencionais e nucleares. Em seguida, apresenta-se os desafios específicos dos canais de acesso e os riscos associados, fundamentais para a avaliação precisa dos perigos potenciais. A análise aborda ainda os erros humanos e fatores de risco, focalizando na importância da HTA e TECHR como ferramentas analíticas essenciais. Por fim, explora-se a metodologia da Análise Preliminar de Perigos como uma abordagem crucial para antecipar e identificar possíveis cenários adversos nas manobras submarinas.

2.1 Submarinos nucleares e canais de acesso

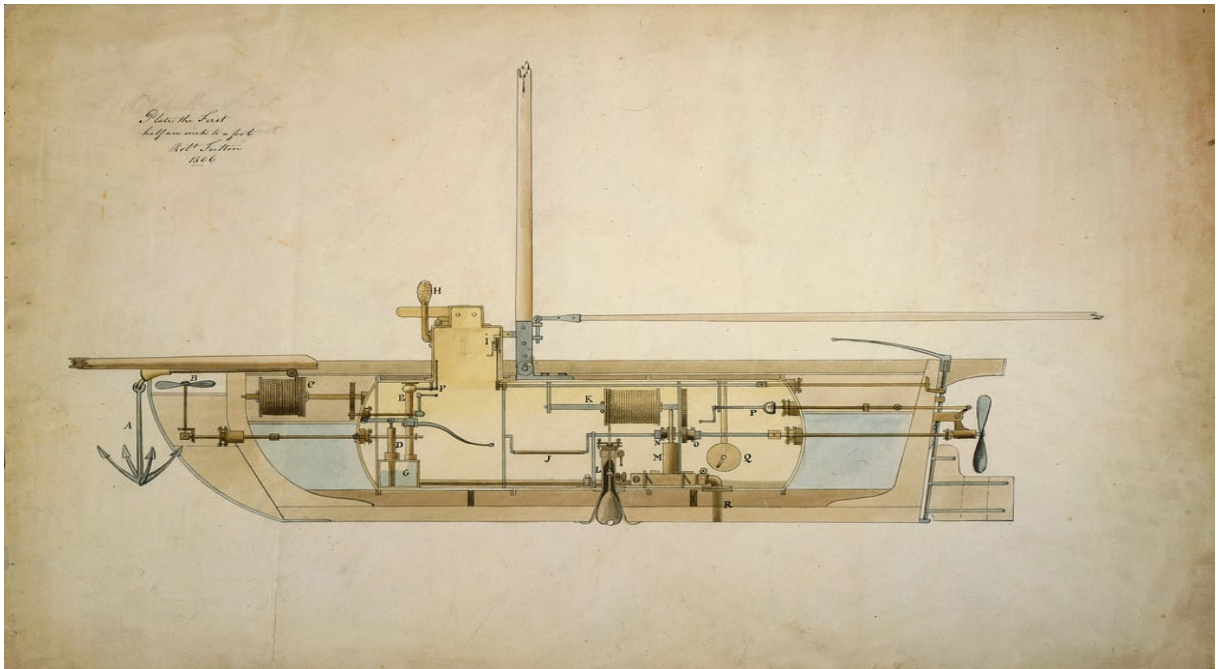
2.1.1 Submarinos convencionais: breve histórico e características

A idéia de uma embarcação que pudesse submergir e retornar a superfície a qualquer momento se baseou nos sinos de mergulho, usado para levar mergulhadores até o fundo do mar, e no princípio de Arquimedes, mais tarde conhecido como empuxo. A partir desses conhecimentos Leonardo da Vinci projetou uma embarcação submarina, entretanto ela nunca veio a sair do papel.

Em 1578, um matemático inglês chamado William Bourne escreveu um livro explicando sua idéia de uma embarcação que pudesse mergulhar e retornar a superfície. Entretanto, ela só foi projetada em 1620 por Cornelis Drebbel, um inventor holandês. Seu simples submarino utilizava-se de remos para se impulsionar, o que o tornava navegável.

Anos mais tarde, em 1775, David Bushnell inventa a embarcação “*The Turtle*” o qual foi usado em combate na Guerra da Independência Americana contra a Inglaterra. Apesar de ter sido precedido por Drebbel, é considerado o primeiro submarino por ser julgado prático. Outra tentativa de utilização dessa tecnologia como arma de guerra foi realizada em 1799 por Robert Fulton na construção do submarino Nautilus, conforme Figura 1.

Figura 1 – Desenho do Submarino Nautilus de Robert Fulton.



Fonte: Referência [1].

Outro importante marco no projeto e construção de submarino aconteceu em 1863 quando foi construído o submarino Plongeur. Esse foi o primeiro que se utilizava de propulsão a motor, diferente dos anteriores.

Demais modernizações e adaptações vieram a ocorrer devido a Primeira Guerra Mundial, quando se investiu bastante em inovação tecnológica. Por isso, as viagens nos submarinos tornaram-se mais seguras para suas tripulações.

Desde então, o submarino tornou-se um meio indispensável nas Marinhas do mundo. Isso ocorre por essa plataforma possuir características que apresentam diferenciais na guerra e na utilização como ferramenta político-estratégica.

Os submarinos são navios que apresentam grande poder de destruição, geralmente por meio de torpedos, e podem atacar, a longa distância e com alta precisão, alvos em terra ou outros navios – ou mesmo outros submarinos ([2] apud [3])

Essas vantagens são consequência de algumas características importantes dos submarinos. Além das citadas, cabe ressaltar seu poder de ocultação e a dificuldade de ser detectado por estar imerso em um meio que se comporta diferente devido a alterações na temperatura, pressão, salinidade, entre outros. Por isso, tem forte poder dissuasório frente a ameaças externas.

2.1.2 Submarinos nucleares

“A futura geração, que começa a sair da Escola Naval nos dias que correm, será a da propulsão nuclear, da navegação inercial, do teleguiado e da Guerra sob as águas.” [4]. Apesar da não concretização dos planos de se ter propulsão nuclear nas embarcações brasileiras nos anos 60, desde o final da década de 70, houve uma iniciativa brasileira para investir em tecnologia nacional para a construção de um submarino com essas características. Esse investimento visava incluir o Brasil em um seletivo grupo dos detentores desse tipo de equipamento e sua operação.

Para que o país conseguisse se inserir nesse contexto e pudesse garantir a soberania brasileira no mar, em uma área conhecida como Amazônia Azul, além de cumprir as determinações da END lançada em 2008, a MB lançou o PROSUB. O programa, que culminou em uma parceria com a França para transferência de tecnologia, prevê a construção de quatro submarinos de propulsão diesel-elétrica da classe “Riachuelo” e um submarino convencionalmente armado com propulsão nuclear, o SCPN Álvaro Alberto.

O PROSUB traz importantes benefícios para a nação além do fortalecimento do componente naval, que visa a manutenção do controle das áreas marítimas e preservação dos recursos naturais. Um dos pontos fortes oriundos desse programa é o incentivo a indústria de defesa nacional que receberá investimentos e terá maior visibilidade dando robustez ao nosso parque industrial .

Figura 2 – Submarino “Riachuelo”.



Fonte:Referência [5].

Os submarinos com propulsão nuclear, além das vantagens já apresentadas anteriormente, possuem outras, como não necessitar retornar a cota periscópica para recarregar as baterias, o que aumenta sua autonomia submerso e dificulta sua detecção, permitindo navegar por maiores distâncias. Além disso, consegue alcançar maiores profundidades quando comparado ao submarino convencional.

Outra vantagem dos submarinos de propulsão nuclear refere-se à máxima profundidade alcançada; pelo fato de serem maiores e estruturalmente mais fortes (a fim de acomodarem o reator nuclear), esses submarinos têm maior capacidade de imersão, podendo manter, em média, sua operacionalidade a mais de 300 metros de profundidade. Os convencionais, por sua vez, em média, permanecem operacionais até uma profundidade de cerca de 250 metros ([6] apud [3])

Essa nova propulsão atinge maiores velocidades quando comparada a submarinos convencionais. Isso o faz ser mais adequado para o cumprimento de missões de negação do uso do mar, vigilância de comboios e de Forças-tarefa de navios de superfície, dentre outras. No entanto, seu custo pode ser quatro vezes maior que o de um submarino convencional. [3].

A MB iniciou o projeto de construção de seu submarino de propulsão nuclear, o Álvaro Alberto, no final da década de 70. Entretanto, por questões orçamentárias esse projeto sofreu atraso. Apesar dessa postergação, a previsão de entrega do meio está para a próxima década, de 2030. O SCPN incrementa substancialmente as capacidades da força naval brasileira, além de ser um pioneiro nesse tipo de propulsão, que somente poucos países detêm o conhecimento. São eles: Estados Unidos da América, Rússia, China, Reino Unido, França e Índia.

Em que pese a grande importância das atividades do submarino de propulsão nuclear submerso, esse trabalho se concentra na sua operação na superfície enquanto navegando em canais de acesso, onde se comporta como outras embarcações.

Figura 3 – SCPN ‘Alvaro Alberto’.



Fonte: Referência [7].

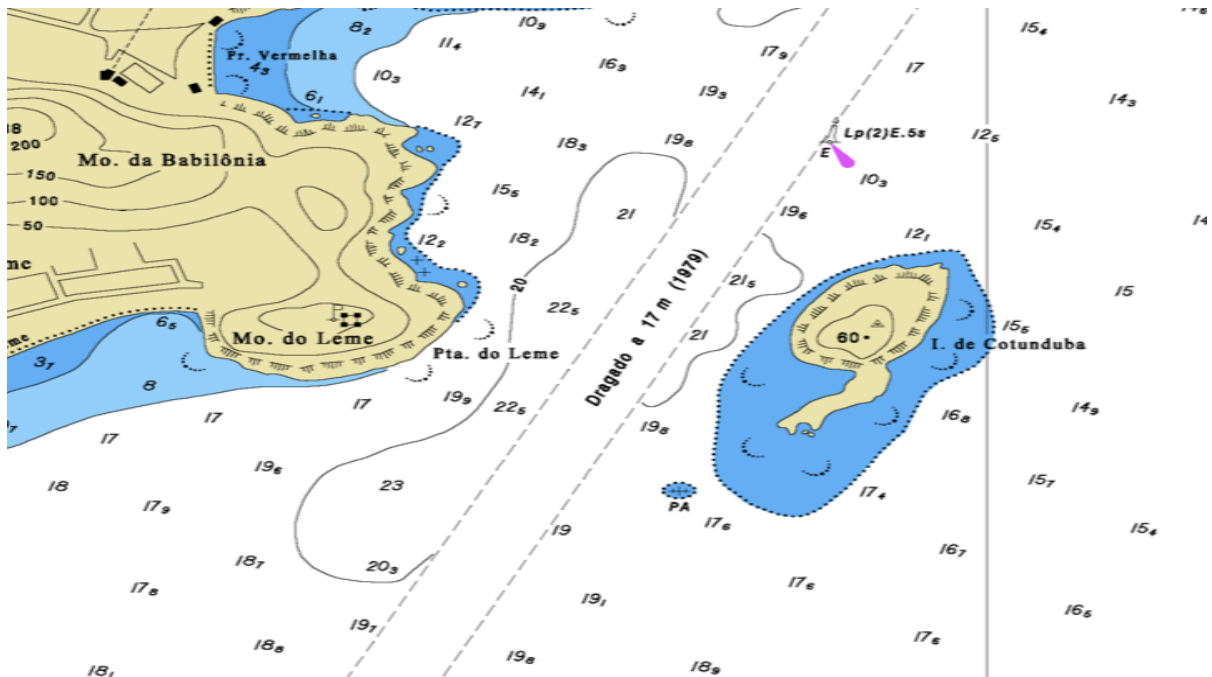
2.1.3 Canais de acesso

Canais de acesso são trechos que ligam o local de atracação de um porto ao mar aberto. Nesse local são efetuadas manobras que possibilitam parar e girar o navio.

A navegação em canais ou águas restritas apresentam dificuldades e desafios maiores que a navegação no mar devido ao grande tráfego e as limitações de largura e profundidade. Por conta disso, são necessários alguns auxílios, como o serviço de praticagem e de rebocadores. Dependendo da extensão do canal de acesso em questão, surge a necessidade de mais de um práctico tendo em vista o desgaste físico inerente. Ademais, esses serviços são revestidos de segurança por terem um conhecimento maior dos perigos encontrados nesses acessos e quais manobras mais adequadas para evitá-los.

O trânsito no mar segue um conjunto de regras com força de lei a nível internacional, o Regulamento Internacional Para Evitar Abalroamento no Mar (RIPEAM). Esse regulamento apresenta regras específicas para navegação em canais de maneira que sejam feitas manobras seguras, evitando o perigo do abalroamento.

Figura 4 – Canal Dragado de Cotunduba.



Fonte: Referência [8].

A manobrabilidade de uma embarcação está relacionada por sua capacidade de manter ou alterar o rumo, de manter um posicionamento dinâmico e de realizar manobras seguras em portos. A importância aumenta principalmente em águas restritas. De acordo com Miguens [9]:

Navegação em águas restritas: é a navegação que se pratica em portos ou suas proximidades, em barras, baías, canais, rios, lagos, lagoas, proximidades de perigos ou quaisquer outras situações em que a manobra do navio é limitada pela estreita configuração da costa ou da topografia submarina. É este, também, o tipo de navegação utilizado quando se navega à distância da costa (ou do perigo mais próximo) menor que 3 milhas. É o tipo de navegação que maior precisão exige. ([9])

Figura 5 – Precisão Requerida e Intervalo de Tempo entre Posições.

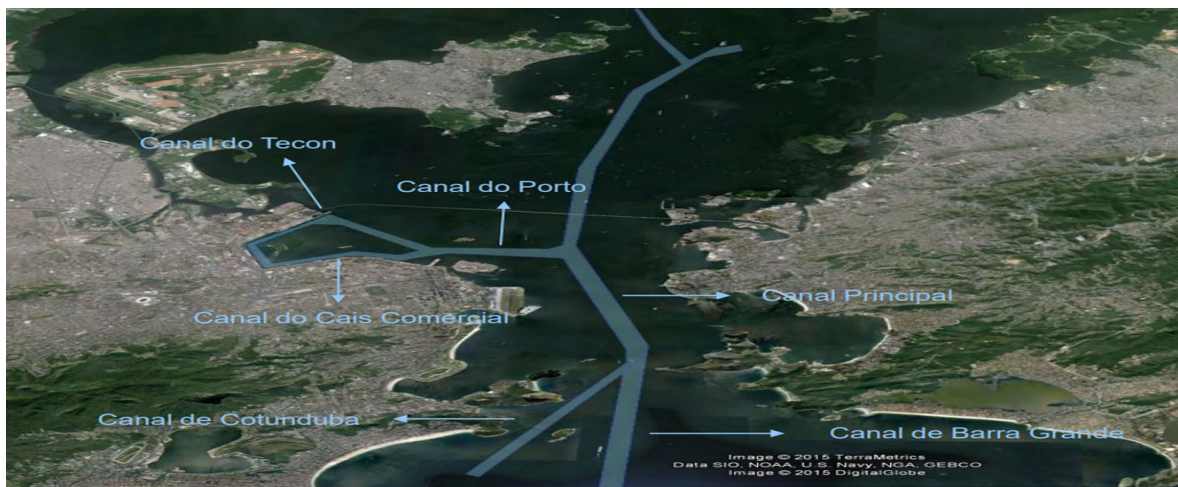
Requisito restritas	Tipo de Navegação		
	Em águas	Costeira	Oceânica
Distância à costa ou ao perigo mais próximo	Menor que 3 milhas	De 3 a 50 milhas	Maior que 50 milhas
Profundidade média	20 metros (e menores)	De 20 a 200 metros	Superior a 200 metros
Precisão requerida para as posições	Máxima (melhor que 0,05 da milha ou 100 jardas)	Da ordem de 0,1 da milha ou 200 jardas	1 a 2 milhas, em média
Frequência de determinação da posição	Cada 3 minutos, em média	10 a 30 minutos	3 vezes ao dia, no mínimo

Observação: Os valores típicos apresentados poderão variar de acordo com cada situação. As Organizações Internacionais que tratam da segurança da navegação, tais como a IMO (Organização Marítima Internacional) e a IALA (Organização Internacional de Auxílios à Navegação) recomendam, por exemplo, que os sistemas eletrônicos de posicionamento para navegação de aproximação de portos e em águas restritas tenham uma precisão da ordem de 8 a 20 metros (95% de probabilidade).

Fonte: Referência [9].

Igualmente aos navios, os submarinos acessam os canais pela superfície e para que isso ocorra sem prejuízos é necessária uma avaliação precisa dos fatores de risco para que haja prevenção de acidentes.

Figura 6 – Canal de Acesso ao Porto do Rio de Janeiro.



Fonte: Referência [10].

2.2 Erros Humanos e Fatores de Risco

“Erros humanos são ações ou omissões que resultam em desvios de parâmetros e colocam pessoas, equipamentos e ambiente em risco” [11]. Os erros fazem parte da experiência humana. Podemos identifica-los em três momentos [12]: os cometidos na percepção, na decisão e na execução. São ocasionadas por problemas em:

- **Cultura Organizacional** – falta de treinamento, recursos e excessiva pressão nos trabalhadores;
- **Ambiente físico** – equipamentos desatualizados ou ruins e sem manutenção adequada; e
- **Processo de trabalho** – falta de definição de procedimentos complexos e inadequação de tecnologia e da supervisão.

Os erros são divididos em dois grandes grupos. Os que foram cometidos sem intenção e os de ação intencional, quando há falha no conhecimento, nas regras ou por violação e sabotagem.

Embora seja impossível evitar a ocorrência de erros, é possível minimizar sua frequência e gerenciá-la com objetivo de reduzir seus impactos. Para isso é necessário uma abordagem global, sistêmica.

Considerando que as manobras em área de navegação restrita nos submarinos nucleares são semelhantes a outras embarcações e baseado na pesquisa quantitativa realizada por Danilo Taveira [13] sobre a análise dos erros humanos em áreas de acesso, foram listados os fatores de riscos que moldam o desempenho humano distribuídos em quatro tabelas.

Na Tabela 1, são mostrados os fatores de desempenho que estão relacionados as questões organizacionais e de gerenciamento no trabalho e quais aspectos influenciam, como a qualidade de vida e a cultura de segurança. Os fatores ambientais, apresentados na Tabela 2, levam em consideração como o meio ambiente influencia no desempenho, como é o caso de como a corrente e o vento interferem na navegação dos submarinos nucleares nos canais de acesso. A Tabela 3, expressa como os fatores internos, como fadiga e estresse, afetam o desempenho. Na Tabela 4, é demonstrado como as habilidades estão ligadas ao rendimento do indivíduo.

Tabela 1 – Fatores de Desempenho.

Fatores organizacionais e de gerenciamento reduzidos	Fatores que moldam o desempenho
Agendamento de atividades	Sobrecarga de trabalho
	Gerenciamento do tempo
Gerenciamento de pessoal	Baixa carga de trabalho
	Seleção de pessoal
	Rotatividade de pessoal
	Aplicação de leis e regulamentos
Cultura de segurança	Cultura de segurança
	Avaliação de performance
	Aprendizado organizacional
	Aplicação de leis e regulamentos
Satisfação no trabalho	Prêmios, reconhecimento e benefícios
	Qualidade de vida
Informação necessária	Capacidade de comunicação
	Infraestrutura
Adequação do local de trabalho	Infraestrutura
Pressão comercial	Pressão comercial
	Aplicação de leis e regulamentos

Fonte: Adaptado da referência [13].

Tabela 2 – Fatores Ambientais.

Conjunto reduzido de fatores	Fatores que moldam o desempenho
Condições visuais	Visibilidade
	Luminosidade
Condições climáticas	Temperatura
	Umidade
Hospitalidade no local de trabalho	Barulho
	Vibração
	Limpeza

Fatores que comprometem a navegação	Corrente, ventos e ondas
-------------------------------------	--------------------------

Fonte: Adaptado da referência [13].

Tabela 3 – Fatores Internos.

Conjunto reduzido de fatores	Fatores que moldam o desempenho
Recursos físicos	Estresse físico
	Fadiga
	Dor e desconforto
	Estilo de vida sedentário
Recursos mentais	Estresse mental
	Estado emocional
	Qualidade do sono
	Monotonia
	Distrações
Situações percebidas	Influência de terceiros
	Sensibilidade ao risco
	Conflitos sobre performance
Atitude	Personalidade e inteligência
	Motivação e atitude
Treinamento e experiência	Conhecimento de Padrões
	Experiência e treinamento
	Inatividade e estado de prática

Fonte: Adaptado da referência [13].

Tabela 4 – Fatores de Habilidades.

Conjunto reduzido de habilidades	Fatores que moldam o desempenho
Avaliação da situação	Interpretação
	Cálculos
	Memória de curto prazo
Consciência da situação	Concentração
	Percepção
Familiaridade com a situação	Conhecimento dos procedimentos
	Memória de longo prazo

Tabela 4 – Fatores de Habilidades.

Conjunto reduzido de habilidades	Fatores que moldam o desempenho
	Frequência e repetição
Habilidades físicas	Resistência física
	Controle motor
Trabalho em equipe	Equipe e comunicação
	Liderança
	Empatia
Resposta	Planejamento
	Criatividade
	Flexibilidade
Visão	Percepção

Fonte: Adaptado da referência [13].

2.3 Hierarchical Task Analysis

O HTA é uma análise de tarefas que possui uma abordagem sistemática. Somente são incluídos os detalhes que são realmente necessários, assim dando foco nos aspectos mais críticos.

Uma forma típica de realizar a análise de tarefas é através da análise hierárquica de tarefas. No HTA, uma tarefa é decomposta em subtarefas em qualquer nível de detalhe desejado e as relações entre elas são detalhadas em termos de um plano. Cada tarefa identificada na análise de tarefas está sujeita a erros. Esses erros levam à falha do sistema ou à degradação do seu desempenho. Assim, para cada tarefa, devem ser listados os possíveis erros. Existem vários tipos de erros, como erros de omissão (quando uma ação é necessária, mas não realizada) e erros de comissão (consequências indesejadas após a ação ser executada). Uma forma de identificar adequadamente os erros humanos é através de taxonomias que os inter-relacionem com os tipos de ações humanas. ([14] apud [13])

2.4 Technique For Early Consideration of Human Reliability (TECHR)

A TECHR visa avaliar a confiabilidade humana no que tange a sua importante influência na quantificação da performance dos sistemas. Essa confiabilidade é demonstrada analisando a chance da pessoa conseguir realizar uma ação, no tempo designado para tal, e não degrade o sistema no processo. Além disso, quando se trata de uma mesma ação, ela é complementar a probabilidade de erro humano.

Assim sendo, a TECHR permite que seja feita uma estimativa das probabilidades dos erros humanos de ações não quantificadas de forma empírica, a partir de um somatório das

Bloom, como conhecida em homenagem a Benjamin S. Bloom, conseguiu atender essa necessidade de maneira organizada e compreensível.

O objetivo dessa taxonomia era pegar as experiências educacionais, com o foco no que se esperava de capacitação após a pessoa passar por um processo de treinamento, e classificá-las. Bloom dividiu os objetivos educacionais de sua taxonomia em dois domínios, tendo o terceiro sido introduzido posteriormente por outros estudiosos: Cognitivo, Afetivo e Psicomotor; onde para se obter níveis mais altos de aprendizado precisa conseguir as habilidades e conhecimentos dos níveis mais baixos.

O domínio cognitivo envolve ações centradas na lembrança de conhecimentos e no uso de habilidades intelectuais. A princípio, nesse domínio foram sugeridas algumas categorias, que, após revisão, se reorganizaram nas dimensões “conhecimento” e “processo cognitivo”.

O conhecimento pode ser dividido em quatro grupos: efetivo, conceitual, procedimental e metacognitivo. O conhecimento efetivo é a noção mais básica da área estudada, sem a qual não se consegue resolver o problema proposto. O segundo conhecimento é da inter-relação dos elementos e noções básicos de uma disposição para que se permita que trabalhem juntos. O conhecimento procedimental se baseia em ajudar o indivíduo a cumprir com alguma tarefa específica dentro da área de estudo. Utiliza-se de habilidades, técnicas e metodologias específicas. O último grupo do conhecimento engloba o autoconhecimento e um conhecimento estratégico, além de um conhecimento de tarefas cognitivas.

A dimensão “processo cognitivo” possui categorias que somadas correspondem a 19 processos cognitivos que partem do mais simples ao mais difícil. Utilizando a tabela constante no Anexo A de Maturana [14], podemos associar as ações a cada processo devido a uma apresentação de cada categoria e processos cognitivos.

O segundo domínio, o afetivo, está ligado aos sentimentos e posturas. Da mesma forma que o domínio anterior, utilizou-se da tabela do Anexo B [14] para apresentar as categorias desse domínio, sendo separadas por complexidade e as associando a exemplos de ações.

Por último, o domínio psicomotor se correlaciona com as habilidades físicas da pessoa. Ele não foi inicialmente definido por Bloom e seus colegas, sendo levantada uma taxonomia para esse domínio por Dave e Harrow. Considera-se que dentre as taxonomias apresentadas nesse último domínio, a de Harrow se apresenta como a mais apropriada para este trabalho por classificar ações humanas de forma semelhante as taxonomias de Bloom. Essa taxonomia sugere seis categorias que caracterizam ações específicas. Dentre essas, existe uma

categoria que prevê a capacidade da expressão do corpo, ou seja, não verbal. Isso a diferencia das outras taxonomias desse domínio. A tabela da taxonomia de Harrow se encontra no anexo C [14].

2.5 Análise Preliminar de Perigos

A análise de risco pode ser realizada de forma qualitativa e quantitativa. Seu objetivo é obter boas soluções com riscos aceitáveis para as manobras a serem realizadas. Esse trabalho focou na análise qualitativa, do tipo APP, pois é o processo subjetivo recomendado para fases iniciais do desenvolvimento do sistema, onde há escassez de informações sobre problemas de segurança em operações em canais de acesso por submarino de propulsão nuclear. Portanto, se espera como resultado um ranqueamento de situações perigosas visando diminuição ou extinção de probabilidade de perigo.

A APP é utilizado para identificar, de forma ampla, problemas nos estágios iniciais do sistema analisado. Essa metodologia avalia a probabilidade de eventos ocorrerem e a severidade dos mesmos. Posteriormente, verifica-se possíveis abordagens para redução do risco associado.

Essa análise compreende três passos sendo a primeira a preparação para a análise, seguido da execução e por último a documentação dos resultados obtidos [15] [16] [17] apud [18]. Na primeira etapa é necessário que sejam reunidas informações sobre o sistema que será avaliado e suas principais características. O acúmulo de dados ajuda na melhor avaliação dos eventos de perigos. Durante a segunda fase, da realização da análise, as ameaças devem ser identificados e ter suas possíveis consequências expostas para que se possa levantar medidas mitigadoras. Qualquer risco que possa causar uma consequência indesejada deve ser verificado, como os materiais perigosos usados, as condições ambientais, procedimentos de operação complexos e os equipamentos utilizados na segurança. Entretanto, a lista não deve ser muito extensa, e sim apresentar dados suficientes para credibilizar o incidente. Por último, deve-se documentar a análise realizada através de uma tabela. A norma MIL-STD-882 possui um modelo [19] apud [18], conforme mostrado abaixo:

Figura 8 – Modelo de Documentação da Análise Realizada.

<i>ÁREA:</i>				<i>DATA DA REUNIÃO:</i>						
<i>NÚMERO DE CONTROLE:</i>				<i>MEMBROS DA EQUIPE:</i>						
<i>Número de Referência</i>	<i>Perigo</i>	<i>Causa</i>	<i>Classificação de frequência</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Classificação de consequência</i>				<i>Categoria de perigo</i>	<i>Ações de mitigação / contingência sugeridas</i>
					<i>Ambiental</i>	<i>Pessoal</i>	<i>Material</i>	<i>Final</i>		

Fonte: Adaptado da referência [19].

Essa figura pode ranquear os perigos por gravidade e frequência de ocorrência ou por qualquer outra métrica que possa auxiliar a tomada de decisão.

O primeiro passo na análise de risco é elencar as situações perigosas que podem acontecer em submarinos quando navegando em canais de acesso. Essas ameaças podem ter causas naturais, como ondas, variações climáticas, por exemplo; causas relacionadas a sua carga perigosa: explosiva, tóxica, radioativa, etc; e causa relacionadas a navegação, como falhas em equipamentos, perdas de controle, dentre outros.

Como consequência desses perigos podem ocorrer acidentes como encalhe, abalroamento e naufrágio.

O segundo passo é analisar as áreas vulneráveis. Nesse momento é importante destacar aqueles pontos mais delicados da manobra e as fragilidades nos locais de manuseio e armazenamento de produtos perigosos.

Baseado na identificação dessas áreas, é possível determinar o risco e sua aceitação.

Para agir de forma eficiente, é preciso no terceiro passo se concentrar nos fatores de maior risco. Portanto, classificar os perigos segundo frequência e severidade é fundamental como critério de aceitação de risco.

3 METODOLOGIA

O fluxograma exposto na Figura 9 mostra a metodologia abordada neste trabalho.

Figura 9 – Etapas Abordadas no Trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o período de levantamento de dados foi realizada uma HTA, aonde foram levantadas diversas situações e atividades que ocorrem durante o trânsito de um submarino de propulsão nuclear em canais de acesso. Dentre os pontos observados foram levados em consideração os que tangem ao erro humano. Esses dados levantados foram então divididos em tarefas e subtarefas a fim de explorar as possíveis ocorrências. Desta forma, foi possível delinear as mais críticas para análise.

Posteriormente, serão utilizadas as tabelas de Maturana, contidas nos Anexos A,B e C, [14] das taxonomias de Bloom e Harrow para quantificar a probabilidade de ocorrência de todas as situações propostas na etapa do HTA.

Utilizando a matriz qualitativa de risco mostrada abaixo, sugerida pela Petrobras [19], foi montada uma tabela para classificar a frequência e a severidade esperada no escopo deste trabalho, a fim de comparar os perigos identificados e priorizar as ações recomendadas.

Figura 10 - Matriz de Tolerabilidade de Riscos.

					CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA								
					A Extremamente Remota < 1 em 10 ⁵ anos	B Remota 1 em 10 ³ a 1 em 10 ⁵ anos	C Pouco Provável 1 em 30 a 1 em 10 ³ anos	D Provável 1 por ano a 1 em 30 anos	E Frequente > 1 por ano				
DESCRIÇÃO / CARACTERÍSTICAS					Segurança Pessoal	Instalações	Meio Ambiente (ver Nota 2)	Imagem	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável na vida útil da instalação. Sem referências históricas	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação, apesar de haver referências históricas	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação	Esperado ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação
CATEGORIAS DE SEVERIDADE	IV	Catastrófica	Provoca morte ou lesões graves em uma ou mais pessoas intra ou extramuros	Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparação lenta ou impossível)									
			III	Crítica	Lesões de gravidade moderada em pessoas intramuros. Lesões leves em pessoas extramuros	Danos severos a equipamentos ou instalações	Danos devido a situações ou valores considerados toleráveis entre níveis médio e máximo	M	M	M	NT	NT	
	II	Marginal			Lesões leves em empregados e terceiros. Ausência de lesões extramuros	Danos leves aos equipamentos ou instalações (os danos são controláveis e/ou de baixo custo de reparo)	Danos devidos a situações ou valores considerados toleráveis entre níveis mínimo e médio	Impacto Local	T	T	M	M	M
			I	Desprezível	Sem lesões, ou no máximo casos de primeiros socorros, sem afastamento	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos ou instalações	Sem danos ou com danos mínimos ao meio ambiente		Sem impacto	T	T	T	T

Fonte: Referência [20].

A partir da Figura 10, e utilizando-se adaptações para análise deste trabalho, foi elaborada uma matriz simplificada, Figura 11, a qual apresenta as tolerabilidades de riscos a partir de dano e frequência.

No que tange às consequências foram dispostos o que foi considerado catastrófico, mediano ou marginal dentro de cada categoria afetada, sendo essas, ambiental, pessoal e material. Para definição da frequência foi comparada a probabilidade de erro de cada ação humana e definido o que foi considerado com baixa, média ou alta chance de ocorrência.

Figura 11 - Matriz Simplificada da Tolerabilidade de Riscos.

Ambiental	Pessoal	Material	Frequência			
			Dano	Baixa (P= 0-0,05)	Média (P= 0,05-02)	Alta (P=0,2-1)
Liberação de material radioativo	Morte, lesões graves ou exposição a radiação ao pessoal tanto do submarino quanto de fora	De docagem prolongada a perda do meio	Catastrófica	M	NT	NT
Acidente sem liberação de material radioativo	Lesões moderadas na tripulação do submarino ou leves em pessoas fora da plataforma	Tempo inoperante, a ponto de prejudicar, a missão a Imobilização prolongada	Mediana	T	M	NT
Pouco ou nenhum impacto ao meio ambiente	No máximo pequenas lesões no pessoal do submarino	Sem necessidade de mudança na missão	Marginal	T	T	M

Fonte: Elaborada pelo autor.

A interseção da frequência e da severidade na tabela acima, determina a aceitabilidade do risco, que pode ser classificado em: Não-Tolerável(NT), que necessita de medidas de correção para redução de risco a níveis aceitáveis; Médio(M), que supõem tentativa corretiva de diminuição do risco; e Tolerável(T), onde não há necessidade de correção.

Pela aplicação dessa tabela podem ser feitas propostas para melhoria do risco ou mesmo estudos complementares necessários para melhorar os dados incertos e elucidar melhor os eventos em questão.

Quando os eventos são considerados inaceitáveis seguindo os critérios estabelecidos é necessário por em prática medidas de mitigação e contingência e em seguida, fazer nova avaliação considerando as novas práticas aplicadas.

A partir da matriz de risco apresentada na Figura 11, será feita uma comparação entre os eventos de perigo, que serão elencados mais a frente, comparando-os entre si.

Segundo a referência [18], a seleção da solução mais adequada deve obedecer os seguintes critérios:

- Razão custo/ benefício da medida de controle (relacionado à redução do risco apurada na análise de risco complementar);
- Repercussões operacionais: como menor acréscimo de complexidade à operação;
- e
- Risco global: para toda a área em avaliação.

Por último, foram propostas melhorias a fim de possibilitar uma evolução conjunta entre a ciência da navegação e o desenvolvimento tecnológico da MB e da análise de risco.

4 APLICAÇÃO

Para a aplicação da metodologia apresentada, foi realizada primeiramente o HTA para uma navegação segura. Ela foi detalhada em objetivos primários e secundários e, a posteriori, em ações humanas.

Após isso, foram aplicadas as taxonomias de Bloom e Harrow, onde se correlacionou uma probabilidade de erro a cada ação.

Depois, foi realizada a APP para verificar a aceitabilidade dos riscos apresentando os percentuais de cada classificação encontrados, sugerindo medidas de mitigação dos erros que não foram considerados toleráveis.

4.1 Hierarchical Task Analysis

Para iniciar a análise das tarefas foram levantadas as possíveis etapas necessárias para que ocorresse uma navegação segura. Essas etapas foram definidas como os objetivos primários. Eles foram divididos entre o momento que antecede a navegação em canal de acesso, a navegação propriamente dita e o período posterior, quando já não se encontra na situação de se estar em águas restritas.

Após isso, foram delineadas as atividades necessárias para que isso ocorresse de maneira eficaz, dentre as atividades necessárias e rotineiras de um submarino cumprindo um canal.

Por último, foram destrinchadas ações humanas fundamentais para que esses objetivos secundários fossem cumpridos. Desta forma, as tarefas foram hierarquizadas dentro das suas áreas, ajudando a definir quem participa da ação e facilitando avaliar as habilidades necessárias para cumprir de forma confiável. Conforme explicitado na Tabela 5.

Tabela 5 - Hierarchical Task Analysis.

	Objetivo Primário	Objetivo Secundário	Ação Humana
Navegação Segura	Preparação para a navegação em águas restritas	Preparação da carta náutica	Verificar as cartas náuticas empregadas
			Atualizar as cartas náuticas
			Estudar a derrota
			Traçar a derrota
		Meteorologia	Realizar a previsão
		Briefing	Realizar o briefing
			Assistir ao briefing
		Apoio externo	Verificar e contatar
			Receber o apoio
		Compreensão geral das fainas individuais	Realizar adestramento com a tripulação
		Evitar falha de equipamentos de bordo	Cumprir Listas de Verificação
			Realizar manutenções previstas nos equipamentos de bordo
	Navegação em canais de acesso	Acompanhar trânsito de embarcações	Acompanhamento radar
			Acompanhamento visual
			Pegar dados do trânsito de mercantes
		Cumprir navegação no canal de acesso	Realizar navegação por posição batimétrica
			Hot briefing
		Comunicação entre estações	Passar mensagem
			Compreender mensagem
		Cumprir situações de emergência	Cumprir Listas de Verificação
	Agir para manter a segurança da embarcação		
	Navegação em mar aberto ou atracação	Debriefing	Avaliar lições aprendidas
			Confeccionar relatório
		Atracação	Atracar em determinado horário(luz do dia)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 TECHR

A partir das ações humanas definidas de HTA, apresentadas na tabela 5, foi possível avaliar cada ação separada através das tabelas contidas nos anexos A, B, C e D. Neles foi observado cada ação associando-as aos domínios de Bloom e Harrow. Após relacionar as ações humanas as categorias e, posteriormente, ao processo é vinculada a uma probabilidade de erro.

Tabela 6 - Probabilidade de Erro das ações humanas.

Ação Humana	Número de Referência	Categoria	Processo	Código	Probabilidade
Verificar as cartas náuticas empregadas	1	Avaliar	Verificar	A_C_5a	1,00E-01
Atualizar as cartas náuticas	2	Aplicar	Implementar	A_C_3b	9,00E-02
Estudar a derrota	3	Criar	Planejar	A_C_6b	2,00E-01
Traçar a derrota	4	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Realizar a previsão	5	Entender	Interpretar	A_C_2a	2,00E-02
Realizar o briefing	6	Entender	Explicar	A_C_2g	1,00E-01
Assistir ao briefing	7	Entender	Interpretar	A_C_2a	2,00E-02
Verificar e contatar	8	Criar	Planejar	A_C_6b	2,00E-01
Receber o apoio	9	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Realizar adestramento com a tripulação	10	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Cumprir Listas de Verificação	11	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Realizar manutenções previstas nos equipamentos de bordo	12	Aplicar	Executar	A_C-3a	7,00E-02
Acompanhamento radar	13	Avaliar	Criticar	A_C_5b	2,00E-01
Acompanhamento visual	14	Habilidade Perceptiva		A_P_3	2,00E-02
Pegar dados do trânsito de mercantes	15	Lembrar	Reconhecer	A_C_1a	7,00E-02
Realizar navegação por	16	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02

Tabela 6 - Probabilidade de Erro das ações humanas.

Ação Humana	Número de Referência	Categoria	Processo	Código	Probabilidade
posição batimétrica					
Hot briefing	17	Entender	Explicar	A_C_2g	1,00E-01
Passar mensagem	18	Entender	Explicar	A_C_2g	1,00E-01
Compreender mensagem	19	Entender	Interpretar	A_C_2a	2,00E-02
Cumprir Listas de Verificação	20	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Agir para manter a segurança da embarcação	21	Aplicar	Executar	A_C_3a	7,00E-02
Avaliar lições aprendidas	22	Avaliar	Criticar	A_C_5b	2,00E-01
Confeccionar relatório	23	Lembrar	Recordar	A_C_1b	5,00E-02
Atracar em determinado horário(luz do dia)	24	Aplicar	Executar	A_C-3a	7,00E-02

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Análise Preliminar de Perigos

Para realizar a APP, foram levantadas através do Anexo D as probabilidades de erro das ações apresentadas na Tabela 5 e comparadas entre si. Dessa forma, foram julgados dentre as probabilidades de frequência da mais “Baixa” até a mais “Alta”.

Após a classificação das ações pela frequência, foram avaliadas os possíveis danos causados por essas ações dentro dos âmbitos ambiental, pessoal e material.

Com essas duas informações e inserindo-as na Figura 11, foi possível obter o risco inerente a ação. Esse risco varia entre o que se é tolerável até o considerado não tolerável. Essa análise está explícita na tabela contida no Apêndice.

Nesta tabela, foram avaliados 24 erros em ações tendo 4 delas consideradas “Não-Tolerável”, 16,67%, e 5 considerados de tolerância “Médios”, 20,83%. Para essas ações foi apresentado pelo uma medida mitigadora ou ação de contingência para trazer os possíveis impactos a um patamar aceitável, estejam eles nos âmbitos ambiental, pessoal e material. Dentre as ações, a 8, 13, 20 e 21 foram jugadas “Não-Tolerável” e a 3, 5, 9, 12 e 22 foram julgadas “Médios”. No total foram obtidos 62,5% de riscos considerados “Tolerável”, os quais não necessitam de medidas para dirimir riscos.

4.4 Análise dos resultados

Começando pelos erros classificados como “Não-Tolerável” foram apresentadas as medidas visando reduzir a probabilidade de dano em todos os âmbitos. Por se tratar de um submarino com propulsão nuclear, os impactos tem proporções consideravelmente maiores que os inerentes a navegação das demais embarcações em canais de acesso. Por isso, as medidas apresentadas visam aumentar as redundâncias na verificação das etapas da navegação por pessoal mais experiente, além de intensificar o adestramento para todas as estações envolvidas no processo. Essas medidas tem como foco trazer maior confiabilidade para o submarino, além de diminuir a frequência de ocorrência e reduzir seus impactos, uma vez que se baseiam em passar todas etapas por pessoas com maior experiência e pelo cumprimento das Listas de Verificação, o que padroniza as ações que devem ser tomadas. Essas medidas restringem as probabilidades de ocorrência dos erros por atuar nos fatores que moldam a performance, dispostos nas Tabelas de 1 a 4.

No que tange aos erros julgados como “Médio” foram apresentadas medidas mitigadoras e sugestões de ações para se tomar. Parte dessas ações sugeridas focam em aumentar o número de pessoas no processo decisório a fim de elevar as chances de observação dos possíveis erros, independente da expertise dos mesmos. Além disso, as ações sugeridas também focam em aguardar o auxílio de quem é detentor da experiência, como é o caso do perigo número 9 da tabela que consta no Apêndice, que sugere que não se adentre o canal sem o apoio externo oferecido.

5 CONCLUSÃO

Como foi apresentado, o erro humano apesar de inevitável pode ser atenuado a partir de diversas metodologias e práticas. Neste trabalho, foram utilizadas de algumas metodologias, as quais foram descritas anteriormente, para avaliar qualitativamente alguns desses erros e compará-los entre si. Foi possível, então, avaliar os riscos através do levantamento dos erros e suas probabilidades, retiradas das taxonomias de Bloom e Harrow, e quantificadas por Maturana [14].

Dessa forma, foi possível ranquear os possíveis erros nas manobras de submarinos nucleares em canais de acesso e classificá-los de forma que medidas sugeridas fossem levantadas para os classificados com maior grau de risco e assim para que se amenizasse o impacto, tendo em vista a gravidade de um acidente nesse tipo de plataforma.

Dentre as limitações mais relevantes observadas durante a execução deste trabalho ressalta-se o tempo limitado, a falta de acesso a especialistas da área e a dificuldade de consulta a documentos por serem de classificação reservada.

Por fim, torna razoável a continuação de um estudo mais aprofundado desse tema por outros pesquisadores, os quais podem levar essa análise através de uma visão quantitativa e mais detalhada das possibilidades a um patamar de especificação maior. Assim, incrementando o conhecimento dos riscos envolvidos e a manutenção da segurança da navegação nos diversos canais de acesso, principalmente quando se envolve a propulsão nuclear.

Quando se trata de plataformas com propulsão nuclear, existe uma falta de estudos conjuntos ao redor do mundo tendo em vista que essa é uma tecnologia pouco dominada. Dos seletos países que dominam a tecnologia de produção de energia através da matriz nuclear, nem todos possuem o conhecimento teórico e a expertise para se utilizar disso na propulsão naval. Por se tratar de um tema delicado e, por muitas vezes, com restrição de informações, acaba sendo pouco discutido e analisado no meio acadêmico. Entretanto, a importância de uma análise dos riscos que seja compartilhada e bem avaliada contribui para a segurança dos acessos náuticos e da saúde da população que se encontra nos arredores. Espera-se que a continuada discussão dos temas que avaliam os riscos e as medidas de segurança na área nuclear possam ser amplamente discutidos e desenvolvidos para o bem das pessoas e do meio ambiente ao redor.

5.1 Sugestões para Futuros Trabalhos

Sugere-se para futuros trabalhos a continuação da pesquisa de riscos e do levantamento de medidas mitigadoras visando incrementar o nível de segurança coletivo. Dessa maneira, uma análise quantitativa mais detalhada e focada tanto nos erros humanos quanto nas especificidades da propulsão nuclear podem ajudar a um incremento substancial da segurança enquanto se explora e utiliza dessa energia limpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FULTON, R. **Desenho original do Nautilus, o primeiro barco submarino, apresentado pelo seu inventor Robert Fulton (1765-1815) ao Senado Americano em 1806**. Disponível em: [https://www.meisterdrucke.pt/impressoes-artisticas-sofisticadas/Robert-Fulton/1023996/Desenho-original-do-Nautilus,-o-primeiro-barco-submarino,-apresentado-pelo-seu-inventor-Robert-Fulton-\(1765-1815\)-ao-Senado-Americano-em-1806..html](https://www.meisterdrucke.pt/impressoes-artisticas-sofisticadas/Robert-Fulton/1023996/Desenho-original-do-Nautilus,-o-primeiro-barco-submarino,-apresentado-pelo-seu-inventor-Robert-Fulton-(1765-1815)-ao-Senado-Americano-em-1806..html). Acesso em: 27 set. 2023.
- [2] ZIMMERMAN, S. **Submarine technology for the 21st. century**. Arlinton: Pasha Publications, 1990.
- [3] ANDRADE, I. O.; e SILVA, M. M. F. F.; HILLEBRAND, G. R. L.; FRANCO, L. G. A. (2018) : **Submarino nuclear brasileiro: Defesa nacional e externalidades tecnológicas**, Texto para Discussão, No. 2428, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília
- [4] CRUZ, L. M. S. A Propulsão Nuclear e a Marinha Brasileira. **A Galera**, [s. l], p. 16-17, 1964.
- [5] JORNAL ATUAL. **Marinha lança ao mar, em Itaguaí, o Submarino Riachuelo. 2018**. Disponível em: <https://jornalatual.com.br/sem-categoria/marinha-lanca-ao-mar-em-itaguaui-o-submarino-riachuelo/>. Acesso em: 25 set. 2023.
- [6] GALANTE, A. Submarinos convencionais e nucleares de ataque. Poder Naval, 25 maio 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/c3Egjq>>. Acesso em: 05 out. 2023.
- [7] PADILHA, L. **Submarino Nuclear Brasileiro ‘Alvaro Alberto’ (SN 10)**. 2012. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/ciencia-e-tecnologia/submarino-nuclear-brasileiro-alvaro-alberto-sn-10>. Acesso em: 20 set. 2023.
- [8] BARRA do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/361062095108038753/>. Acesso em: 05 out. 2023.
- [9] MIGUENS, A. P. **Navegação: a ciência e a arte**. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2019.
- [10] PORTOS E NAVIOS. **Porto do Rio de Janeiro terá moderna sinalização náutica em canal de acesso**. 2019. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-rio-de-janeiro-tera-moderna-sinalizacao-nautica-em-canal-de-acesso>. Acesso em: 27 set. 2023.
- [11] REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. London: Ashgate Publishing, 1997.
- [12] MATURANA, M. C. **Desempenho Humano**. São Paulo, 2023. 79 slides, color.
- [13] ABREU, D. T. M. P. **Analysis of the human factor contribution to the risk of navigation in restricted waters**. 2021. 151 f. Tese - Curso de Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- [14] MATURANA, M. C. **Consideração da confiabilidade humana na concepção de sistemas complexos: desenvolvimento e aplicação da TECHR**. 2017. 348 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

- [15] HAMMER, W. **Handbook of system and product safety**. New York: Prentice Hall, 1972.
- [16] GREENBERG, H. R.; CRAMER, J. J. **Risk assessment and risk management for chemical process industry**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [17] STEPHENSON, J. **System safety 2000**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [18] SANTOS, E. M.; SPHAIER, S. H.; CALIXTO, M.; CAJATY, M. **Planejamento Portuário: recomendações para acessos náuticos**. Rio de Janeiro: Praticagem do Brasil, 2022.
- [19] DEPARTMENT OF DEFENSE. **MIL-STD-882D: Military standard system safety program requirements**. Washigton D.C.: Department Of Defense, 2006.
- [20] PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. **N-2782: Critérios para Aplicação de Técnicas de Avaliação de Riscos**. Rio de Janeiro: Petróleo Brasileiro S.A, 2005.
- [21] PEREIRA, E. A. **Os Primeiros Submarinos**. Revista de Villegagnon, Rio de Janeiro, p. 128-131, 2008.
- [22] STANTON, N. A. **Hierarchical Task Analysis: Developments, applicantions, and extensions**. Applied Ergonomics, Louisville, p. 55-79, 2006.

APÊNDICE – Tabela de Análise Preliminar de Perigos

Número de Referência	Perigo	Causa	Classificação de frequência	Efeitos	ÁREA: NÚMERO DE CONTROLE:				DATA DA REUNIÃO: MEMBROS DA EQUIPE:				Ações de mitigação / contingência sugeridas
					Classificação de consequência				Categoria de perigo				
					Ambiental	Pessoal	Material	Final					
1	Erro ao verificar as cartas náuticas empregadas	Falta de atenção; inadequação no acesso	MÉDIA	Ter a necessidade de uma carta que não esteja pronta durante a navegação leva a uma situação de risco e a uma navegação desconfortável. Dependência muito maior do conhecimento do práctico. Aumento no nível de tensão da equipe de navegação	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
2	Erro ao atualizar as cartas náuticas	Falta de atenção; falta de qualificação para a faixa	MÉDIA	Erro de interpretação da carta náutica. Maior dependência do conhecimento do práctico.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
3	Não estudar a derrota	Desinteresse; distração; cansaço	ALTA	Desconhecimento do canal que está sendo acessado. Dependência total do práctico. Aumento do nível de estresse da tripulação	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	M	Apresentação da derrota para os Oficiais para que seja discutido e avaliado.			
4	Erro ao traçar a derrota	Falta de conhecimento; distração; cansaço	MÉDIA	Possibilidade de navegar em um alto fundo/casco soçobrado. Maior dependência do conhecimento do práctico.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
5	Erro ao realizar a previsão	Falta de conhecimento; Má interpretação dos dados	BAIXA	Cumprir a navegação sob condições climáticas adversas. Apesar dos auxílios externos, possibilidade de levar o submarino a colidir e/ou encalhar.	MEDIANA	MEDIANA	CATASTRÓFICA	CATASTRÓFICA	M	Apresentação da previsão meteorológica para os Oficiais para que seja discutido e avaliado.			
6	Não realizar o briefing	Lapso de memória; falta de planejamento	MÉDIA	Falta de compreensão das tarefas a serem realizadas, aumentando a possibilidade de erros	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
7	Não assistir ao briefing	Desinteresse; distração; cansaço	BAIXA	Aumenta as chances de não entender a tarefa e sua sequência corretamente. Pode prejudicar o andamento da missão ou da tarefa da sua equipe.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
8	Não verificar e/ou contatar	Lapso de memória	ALTA	Entrada nos canais de acesso sem o devido auxílio especializado. Redução expressiva na segurança, aumentando a chance de acidentes.	MEDIANA	MEDIANA	CATASTRÓFICA	CATASTRÓFICA	NT	Adicionar a ação em Check-List que deverá ser realizado por um integrante da equipe de navegação e verificado o cumprimento pelo imediato.			
9	Não receber o apoio	Erro no planejamento; erro na decisão	MÉDIA	Dependência maior na tripulação e no planejamento da navegação do canal de acesso. Elevado nível de estresse por possível desconhecimento da derrota.	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	M	Como ação recomenda-se não realizar a navegação no canal de acesso até o recebimento do apoio externo.			
10	Não realizar adestramento com a tripulação	Erro no planejamento; erro na decisão; desinteresse	MÉDIA	Maior probabilidade de erro devido a não familiarização com a tarefa.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
11	Erro ao cumprir Check-List	Desfamiliarização com a tarefa; falta de experiência	MÉDIA	Aumento na probabilidade de erro nos procedimentos. Maior chance de ter um lapso de memória. Dependência do conhecimento tácito.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
12	Não realizar as manutenções previstas nos equipamentos de bordo	Lapso de memória	MÉDIA	Aumento da probabilidade de falha no equipamento.	MARGINAL	MARGINAL	MEDIANA	MEDIANA	M	Testar e verificar os equipamentos de redundância antes da navegação no canal de acesso.			
13	Erro no acompanhamento radar	Falta de atenção; falta de conhecimento do uso do equipamento	ALTA	Aumento na chance de não obter um contato que possa causar perigo a navegação, o que torna mais perigoso em caso de baixa visibilidade. Maior chance de não perceber um perigo a navegação. Dificulta a tomada de posição do navio.	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	NT	Intensificar adestramentos. Verificação periódica do acompanhamento radar por um militar mais experiente.			
14	Erro no acompanhamento visual	Falta de atenção; dificuldade de acesso	BAIXA	Perda da redundância no acompanhamento de contatos de interesse para a segurança da navegação.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
15	Erro na coleta de dados do trânsito de mercantes	Falta de atenção; lapso de memória	MÉDIA	Situação desconfortável para a navegação devido ao trânsito de mercantes sem o conhecimento prévio. Aumento do nível de estresse da tripulação.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
16	Erro na realização da navegação por posição batimétrica	Erro no planejamento; erro na decisão	MÉDIA	Perda da redundância de métodos de navegação.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			
17	Não realização de Hot briefing	Erro no planejamento; erro na decisão; desinteresse	MÉDIA	Aumento na probabilidade de tomada de ações erradas por desconhecimento da ordem dos acontecimentos.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-			

18	Erro ao transmitir a mensagem	Falta de atenção; falta de qualificação para a tarefa	MÉDIA	Aumento na probabilidade de acontecer a tomada de ações erradas devido a passagem errada da informação	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-
19	Erro na compreensão da mensagem	Falta de atenção; Dificuldade de interpretação	BAIXA	Aumenta a chance de tomar uma decisão errada em virtude da falta de entendimento.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-
20	Erro ao cumprir Check-List	Falta de atenção; falta de qualificação para a tarefa	MÉDIA	Erro no cumprimento das ações necessárias durante uma situação de emergência.	CATASTRÓFICO	CATASTRÓFICO	CATASTRÓFICA	CATASTRÓFICA	NT	Intensificar adestramentos em simuladores. Realizar simulação das situações de emergência atracado.
21	Erro nas ações para manter a segurança da embarcação	Falta de qualificação para a tarefa; erro na decisão; má interpretação dos dados	MÉDIA	Erro na ações necessárias para sair das situações de emergência.	CATASTRÓFICO	CATASTRÓFICO	CATASTRÓFICA	CATASTRÓFICA	NT	Intensificar adestramentos em simuladores. Realizar simulação das situações de emergência atracado. Cumprimento do Check-List. Estabelecimento de procedimentos padrões.
22	Erro na avaliação das lições aprendidas	Erro no planejamento; erro na decisão; desinteresse	ALTA	Aumento da probabilidade de cometer os mesmos erros no curto prazo.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	M	Realizar reunião com a presença das estações envolvidas para que discuta e esclareça quaisquer dúvidas.
23	Erro na confecção do relatório	Erro no planejamento; erro na decisão; desinteresse	MÉDIA	Aumento da probabilidade de cometer os mesmos erros no longo prazo devido a falta da gestão do conhecimento.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-
24	Não atracar com a luz natural	Erro no planejamento; Erro na decisão; problema em equipamentos que atrasaram a decrota	MÉDIA	Aumenta a dificuldade na atracação por não ter o auxílio da luminosidade natural, diminuindo a margem de segurança.	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	MARGINAL	T	-

ANEXO A – Domínio Cognitivo de Bloom

Categoria	Descrição	Processos Cognitivos					
		Processo	Descrição	Ações Humanas		Código	
Lembrar	Recuperar informações relevantes previamente aprendidas a partir da memória de longo prazo.	Reconhecer	Localizar na memória de longo prazo o conhecimento que é consistente com o material apresentado.	Discriminar Encontrar Etiquetar Identificar Listar	Localizar Nomear Ordenar Organizar	Pesquisar Relacionar Selecionar Sublinhar	A_C_1a
		Recordar	Recuperar o conhecimento relevante da memória de longo prazo.	Dar exemplo Descrever Escolher Lembrar	Recitar Recordar Recuperar	Repetir Reproduzir Saber	A_C_1b
Entender	Determinar o significado de informações orais, escritas ou gráficas. Demonstrar o entendimento de fatos pela exposição de ideias e conceitos.	Interpretar	Alterar de uma forma de representação para outra.	Anotar Converter Reescrever Relatar Reconhecer	Recontar Revisar Reafirmar Pesquisar	Esclarecer Parafrasear Representar Traduzir	A_C_2a
		Exemplificar	Encontrar um exemplo específico ou ilustração de um conceito ou princípio.	Ilustrar	Expressar	Descrever	A_C_2b
		Classificar	Determinar que algo pertença a uma categoria.	Categorizar Distinguir	Selecionar Instanciar	Subordinar	A_C_2c
		Resumir	Resumir um tema abrangente ou assunto maior.	Resumir Pedir	Abstrair Generalizar	Twitter	A_C_2d
		Inferir	Esboçar uma conclusão lógica partindo de informações apresentadas.	Concluir Extrapolar Interpolar	Predizer Calcular Estender	Estimar Defender Indicar	A_C_2e
		Comparar	Detectar correspondências entre duas ideias, objetos, etc.	Comparar Discutir Identificar	Localizar Observar	Contrastar Mapear	A_C_2f
		Explicar	Construir um modelo de causa e efeito de um sistema.	Construir modelo	Dizer		A_C_2g
Aplicar	Realizar ou usar um procedimento em uma situação determinada. Usar informações em situações diferentes daquela de obtenção do conhecimento.	Executar	Realizar um objetivo ou cumprir uma ordem em situação conhecida.	Agendar Aplicar Arquivar Calcular Computar Demonstrar Desenhar Dirigir	Editar Empregar Executar Fazer Levar a cabo Listar Manipular	Mostrar Operar Partilhar Preparar Recortar Relacionar Sequenciar	A_C_3a
		Implementar	Resolver problemas em novas situações pela aplicação de conhecimento, fatos, técnicas e regras.	Adaptar Alterar Completar Construir Descobrir Dramatizar Ensaaiar Ensinar	Esboçar Escolher Escrever Experimentar Ilustrar Implementar Instalar Interpretar	Jogar (esporte) Modificar Predizer Produzir Programar Resolver Utilizar	A_C_3b
Analisar	Separar uma matéria em suas partes constituintes e determinar como as partes se relacionam, entre si e com o todo. Encontrar evidências que suportem generalizações.	Diferenciar	Distinguir partes relevantes e irrelevantes ou partes importantes e não importantes de material apresentado.	Assinalar Centralizar Classificar Comparar Contrastar Decompor Discriminar	Distinguir Examinar Experimentar Identificar Inspeccionar Inventariar Ordenar	Questionar Selecionar Separar Subdividir Testar Recortar Elaborar mapa mental	A_C_4a
		Organizar	Determinar como os elementos funcionam ou se ajustam em uma estrutura.	Avaliar Contornar Debater Descobrir Diagramar Encontrar coerência	Esboçar Estruturar Agrupar Inferir Integrar Interrogar Investigar	Pesquisar Relacionar Resolver Sequenciar Vincular	A_C_4b
		Atribuir	Determinar o ponto de vista, os desvios, o valor ou o(s) propósito(s) básico(s) de um material apresentado.	Desconstruir Crítico Debater	Calcular Interpretar	Modelar Engenharia reversa	A_C_4c
Avaliar	Fazer julgamento baseado em critérios e padrões (determinados pelo indivíduo ou oferecidos a ele). Justificar uma decisão ou plano de ação.	Verificar	Empregar um padrão de avaliação.	Comparar Coordenar Descrever	Detectar Discriminar Medir	Monitorar Testar Verificar	A_C_5a
		Criticar	Avaliar quantitativa ou qualitativamente as opções (e.g., opiniões, materiais, métodos) por meio do julgamento das informações, validade das ideias ou qualidade do trabalho com base em um conjunto de critérios.	Apoiar Apreciar Argumentar Avaliar Colaborar Comentar Concluir Contrastar Crítico Debater Decidir	Defender Escolher Estimar Explicar Interpretar Julgar Justificar Moderar Pontuar (dar nota) Postar (opinião) Predizer	Priorizar Recomendar Refletir Relacionar Resumir Revisar Ritmar Selecionar Validar Verificar avaliação	A_C_5b
Criar	Juntar elementos para formar um todo coerente e funcional. Reorganizar os elementos em um novo padrão ou estrutura. Gerar novas ideias ou maneiras de ver as coisas. Propor soluções alternativas.	Gerar	Apresentar hipóteses alternativas com base em um conjunto de critérios.	Explicar Formular Gerar Imaginar	Inferir Melhorar Predizer	Propor Relacionar Supor	A_C_6a
		Planejar	Elaboração de um procedimento para a execução de alguma tarefa.	Categorizar Configurar Gerenciar	Juntar Organizar Preparar	Programar Projetar Rearranjar	A_C_6b
		Produzir	Inventar um produto.	Bloggar Combinar Compór Construir Criar Desenvolver	Dirigir Escrever Expor Fazer Filmar Inventar	Misturar Publicar Rearranjar Reconstruir Reunir Sintetizar	A_C_6c

ANEXO B – Domínio Afetivo de Bloom

<i>Categoria</i>	<i>Descrição</i>	<i>Ações Humanas</i>			<i>Código</i>
Receptividade	Acompanhar passivamente os fenômenos de interesse ou os estímulos específicos (instruções orais, textos, etc.). Focar a atenção, demonstrando, inclusive, abertura para novas experiências e disposição para ouvir. Ter consciência da ocorrência de um fenômeno ou da existência de algo.	<i>Aceitar</i> <i>Anotar</i> <i>Assistir</i> <i>Comportar-se</i> <i>Concentrar-se</i> <i>Descrever</i> <i>Discutir</i> <i>Disponibilizar-se</i> <i>Doar-se</i> <i>Fazer</i>	<i>Focar</i> <i>Identificar</i> <i>Ler</i> <i>Localizar</i> <i>Mirar</i> <i>Nomear</i> <i>Ouvir</i> <i>Participar</i> <i>Querer</i>	<i>Reconhecer</i> <i>Requisitar</i> <i>Responder</i> <i>Reter</i> <i>Seguir</i> <i>Selecionar</i> <i>Sentir</i> <i>Solicitar</i> <i>Suportar</i>	A_A_1
Resposta	Assistir e reagir a um fenômeno. Participar ativamente em uma atividade, demonstrando assertividade, desejo e/ou satisfação. Interessar-se pelos resultados de uma ação, sugerindo ideias e interpretações dos resultados. Questionar novas ideias, conceitos, modelos a fim de compreendê-los completamente. Conhecer as regras de segurança e praticá-las.	<i>Aclamar</i> <i>Agradecer</i> <i>Ajudar</i> <i>Animar-se</i> <i>Aplaudir</i> <i>Apresentar</i> <i>Aprovar</i> <i>Assistir</i> <i>Clarificar</i> <i>Concordar</i>	<i>Conformar-se</i> <i>Contribuir</i> <i>Discutir</i> <i>Disponibilizar-se</i> <i>Dizer</i> <i>Escrever</i> <i>Etiquetar</i> <i>Excitar-se</i> <i>Exemplificar</i> <i>Interpretar</i>	<i>Praticar</i> <i>Procurar</i> <i>Questionar</i> <i>Reagir</i> <i>Realizar</i> <i>Recitar</i> <i>Reportar</i> <i>Responder</i> <i>Selecionar</i> <i>Voluntariar-se</i>	A_A_2
Valorização	Valorizar objetos, fenômenos e comportamentos, i.e., decidir o valor e relevância das ideias e experiências. Sensibilizar-se para as diferenças individuais e culturais. Demonstrar preocupação com o bem estar de todos e assumir sua responsabilidade no funcionamento de um grupo. Internalizar um conjunto de valores específicos e expressá-los (expressar opiniões). Aceitar ou comprometer-se a determinada postura ou ação. Demonstrar habilidade para resolver conflitos.	<i>Argumentar</i> <i>Auxiliar</i> <i>Desafiar</i> <i>Completar</i> <i>Comprometer-se</i> <i>Confrontar</i> <i>Criticar</i> <i>Debate</i> <i>Demonstrar</i> <i>Negar</i> <i>Diferenciar</i>	<i>Explicar</i> <i>Seguir</i> <i>Formar</i> <i>Aumentar a proficiência</i> <i>Iniciar</i> <i>Juntar</i> <i>Justificar</i> <i>Persuadir</i> <i>Propor</i>	<i>Protestar</i> <i>Ler</i> <i>Refutar</i> <i>Abandonar</i> <i>Reportar</i> <i>Selecionar</i> <i>Partilhar</i> <i>Estudar</i> <i>Apoiar</i> <i>Trabalhar</i>	A_A_3
Conceituação de Valores	Organizar valores por prioridade, contrastando diferentes valores, resolvendo conflitos entre eles e criando um sistema único de valores. Qualificar e quantificar opiniões pessoais, expressar opiniões, razões e crenças. Aceitar a responsabilidade pelo próprio comportamento. Reconhecer a necessidade de balanço entre liberdade e comportamento responsável. Aceitar padrões de ética profissional. Reconhecer a importância do planejamento sistemático para a resolução de problemas.	<i>Acomodar</i> <i>Aderir</i> <i>Alterar</i> <i>Arranjar</i> <i>Balancear</i> <i>Construir</i> <i>Combinar</i> <i>Comparar</i> <i>Completar</i>	<i>Contrastar</i> <i>Defender</i> <i>Desenvolver</i> <i>Explicar</i> <i>Formular</i> <i>Generalizar</i> <i>Identificar</i> <i>Integrar</i>	<i>Modificar</i> <i>Ordenar</i> <i>Organizar</i> <i>Preparar</i> <i>Priorizar</i> <i>Reconciliar</i> <i>Relacionar</i> <i>Sintetizar</i>	A_A_4
Interiorização de Valores	Formar um sistema de valores (generalizado, consistente, previsível, característico e autossuficiente) que controle o comportamento. Revisar julgamentos e comportamentos à luz de novas evidências. Valorizar o “ser”, não o “parecer”.	<i>Cooperar</i> <i>Cuidar do corpo</i> <i>Discriminar</i> <i>Influenciar</i> <i>Interpretar</i>	<i>Manter objetivos</i> <i>Modificar</i> <i>Mostrar</i> <i>Ouvir</i> <i>Praticar</i> <i>Propor</i> <i>Qualificar</i> <i>Questionar</i>	<i>Realizar</i> <i>Resolver</i> <i>Respeitar</i> <i>Revisar</i> <i>Servir</i> <i>Verificar</i>	A_A_5

ANEXO C – Domínio Psicomotor de Harrow

<i>Categoria</i>	<i>Descrição</i>	<i>Ações Humanas</i>			<i>Código</i>
Movimento Reflexivo	Reagir automaticamente (involuntariamente) a um estímulo. Movimentar-se reflexivamente – reflexos segmentares, intersegmentares e suprsegmentares (NOBACK et al., 2005).	<i>Reagir</i>	<i>Responder</i>		A_P_1
Movimento Básico	Mudar de posição, mover, realizar uma ação simples. Inclui os movimentos básicos que podem compor grupos mais complexos de movimentos fundamentais: movimento locomotor, não locomotor e manipulação.	<i>Levantar</i>	<i>Caminhar</i>	<i>Alcançar</i>	A_P_2
Habilidade Perceptiva	Responder às diferentes percepções sensoriais. Responder a um estímulo cinestésico, visual, auditivo, tátil ou um agrupamento de estímulos ambientais que permitem ao indivíduo ajustar seus movimentos.	<i>Pegar</i> <i>Escrever</i>	<i>Explorar</i>	<i>Distinguir utilizando os sentidos</i>	A_P_3
Habilidade Física	Atividades que requerem resistência, força, vigor e agilidade; que exigem maior desenvolvimento das habilidades físicas (resistência, força, flexibilidade e agilidade).	<i>Suportar</i> <i>Manter</i> <i>Repetir</i>	<i>Aumentar</i> <i>Melhorar</i> <i>Exceder</i>	<i>Desenvolver</i> <i>Forçar</i> <i>Controlar</i>	A_P_4
Movimento Qualificado	Executar atividades em que um bom nível de eficiência é exigido. Executar movimentos avançados. Executar e adaptar operações complexas e movimentos integrados.	<i>Dirigir</i> <i>Construir</i> <i>Malabarismos</i>	<i>Tocar um instrumento musical</i>	<i>Executar artesanato</i>	A_P_5
Comunicação Não-verbal	Produzir movimentos significativamente expressivos. Comunicar corporalmente de forma eficaz.	<i>Expressar sentimentos</i>	<i>Transmitir sentimentos</i>	<i>Expressar significado</i>	A_P_6

ANEXO D – Probabilidade de Erro Humano para as ações apresentadas nos Anexos A, B e C

<i>Nível de Desempenho</i>	<i>Ação</i>	<i>Percentil 5%</i>	<i>Mediana</i>	<i>Percentil 95%</i>	<i>Média</i>
Habilidade	A_C_1b	8,00E-03	5,00E-02	3,00E-01	7,73E-02
	A_C_3a	1,00E-02	7,00E-02	3,00E-01	9,38E-02
	A_A_1	1,00E-02	7,00E-02	3,00E-01	9,38E-02
	A_P_1	7,00E-04	1,00E-02	1,00E-01	2,69E-02
	A_P_2	8,00E-03	5,00E-02	2,00E-01	7,20E-02
	A_P_3	1,00E-03	2,00E-02	1,00E-01	3,69E-02
	A_P_4	1,00E-02	6,00E-02	3,00E-01	8,40E-02
	A_P_5	1,00E-02	6,00E-02	3,00E-01	8,40E-02
	A_P_6	1,00E-02	6,00E-02	3,00E-01	8,40E-02
Regra	A_C_1a	1,00E-02	7,00E-02	3,00E-01	9,69E-02
	A_C_1b	5,00E-03	5,00E-02	2,00E-01	6,41E-02
	A_C_2a	9,00E-04	2,00E-02	2,00E-01	4,28E-02
	A_C_2c	4,00E-03	5,00E-02	2,00E-01	7,03E-02
	A_C_3b	1,00E-02	9,00E-02	3,00E-01	1,11E-01
	A_C_5a	4,00E-02	1,00E-01	4,00E-01	1,57E-01
	A_A_2	1,00E-02	9,00E-02	3,00E-01	1,11E-01
Conhecimento	A_C_1a	4,00E-04	1,00E-02	1,00E-01	2,55E-02
	A_C_2a	9,00E-04	1,00E-02	1,00E-01	2,74E-02
	A_C_2b	1,00E-02	6,00E-02	2,00E-01	7,47E-02
	A_C_2d	6,00E-03	4,00E-02	2,00E-01	5,90E-02
	A_C_2e	4,00E-02	1,00E-01	3,00E-01	1,39E-01
	A_C_2f	1,00E-02	6,00E-02	2,00E-01	7,02E-02
	A_C_2g	3,00E-02	1,00E-01	3,00E-01	1,29E-01
	A_C_4a	6,00E-03	4,00E-02	1,00E-01	5,17E-02
	A_C_4b	2,00E-02	1,00E-01	3,00E-01	1,10E-01
	A_C_4c	2,00E-03	3,00E-02	2,00E-01	5,29E-02
	A_C_5b	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01
	A_C_6a	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01
	A_C_6b	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01
	A_C_6c	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01
	A_A_3	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01
A_A_4	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01	
A_A_5	7,00E-02	2,00E-01	4,00E-01	2,06E-01	