

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

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM**  
**PROPULSÃO NAVAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE E APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO**  
**DE AVARIAS DO NAVIO PATRULHA OCEÂNICO AMAZONAS**



**PRIMEIRO-TENENTE GILBERTO AZEVEDO CHAGAS JUNIOR**

Rio de Janeiro

2023

PRIMEIRO-TENENTE GILBERTO AZEVEDO CHAGAS JUNIOR

ANÁLISE E APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO  
DE AVARIAS DO NAVIO PATRULHA OCEÂNICO AMAZONAS

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

Orientadores:

Prof. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto  
CT Victor Pontes de Mendonça

CIAA

Rio de Janeiro

2023

PRIMEIRO-TENENTE GILBERTO AZEVEDO CHAGAS JUNIOR

ANÁLISE E APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO  
DE AVARIAS DO NAVIO PATRULHA OCEÂNICO AMAZONAS

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

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

CC (RM1-EN) Carlos Alfredo Órfão Martins, MSc – CIAA

---

Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, DSc – UFRJ

---

CT Victor Pontes de Mendonça – CASOP

---

CIAA

Rio de Janeiro

2023

*"No man is better than a machine, and no machine is better than a man with a machine." Paul Tudor Jones*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, por Sua contínua bênção e forças concedidas ao longo dos doze anos de Serviço Militar na Marinha do Brasil.

Ao CC (RM1- EN) Carlos Martins, coordenador do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval (C-ApA-PN), expressei minha profunda gratidão pelo constante incentivo a todos os Oficiais. Mesmo em momentos de dificuldade, sempre demonstrou apoio e dedicou esforços incansáveis para garantir a melhor estrutura possível.

Ao Professor Fernando Castro Pinto e ao CT Pontes, sou imensamente grato. Com paciência, dedicação, apoio e confiança orientaram a realização deste trabalho.

Ao 1T Rondon, companheiro de turma e irmão de vida, expressei minha sincera gratidão pelo apoio constante ao longo de todos esses anos de amizade.

Ao 1T Rocha, Encarregado do CAV do Navio Patrulha Oceânico Amazonas, agradeço o apoio incansável na condução dos exercícios com a tripulação, mesmo diante das adversidades naturais que os homens do mar enfrentam.

Por fim, à minha esposa Laura, que sempre foi companheira e parceira em todas as situações, sendo um exemplo de dedicação e sucesso. Agradeço por seu amor, presença e apoio incondicional ao longo do período do curso.

# ANÁLISE E APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO DE AVARIAS DO NAVIO PATRULHA OCEÂNICO AMAZONAS

## RESUMO

Este trabalho aborda a importância do aprimoramento dos sistemas de controle e monitoração de avarias a bordo de navios de guerra, com foco no Navio Patrulha Oceânico Amazonas da Marinha do Brasil. O objetivo central é desenvolver e implementar um alarme específico para alagamento, utilizando princípios da ergonomia, acústica, análise de sinais e as normas para o Controle de Avarias (CAv) da própria Marinha do Brasil, com o propósito de aprimorar a capacidade de reação da tripulação em situações de combate a avarias. Após a análise do sistema de controle e desenvolvimento do novo alarme, o estudo é dividido em duas fases de exercícios práticos realizados a bordo do navio. Na primeira fase, o alarme original de CAv foi utilizado como referência para avaliação. Na segunda fase, o novo alarme de alagamento foi implementado, demonstrando uma melhoria na eficácia do combate. O trabalho não apenas ressalta a importância da segurança e eficiência das operações navais, mas também evidencia o compromisso da Marinha do Brasil com a inovação e otimização de seus sistemas. Além disso, serve como um exemplo de boas práticas para aprimoramentos ergonômicos e técnicos em sistemas de controle.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Amazonas; Controle de Avarias; IPMS; Alarme; Sistema de controle.

# ANÁLISE E APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAÇÃO DE AVARIAS DO NAVIO PATRULHA OCEÂNICO AMAZONAS

## **Abstract**

This work addresses the importance of upgrading control and monitoring systems for onboard damage control on warships, focusing on the Amazonas Ocean Patrol Ship of the Brazilian Navy. The central objective is to introduce a specific flooding alarm using principles of ergonomics, acoustics, signal analysis, and the Navy's own Damage Control standards, with the purpose of enhancing the crew's response capability in damage control situations during combat. The study is divided into two phases of practical exercises conducted on board the ship. In the first phase, the original Damage Control (DC) alarm was used as a reference for evaluation. In the second phase, the new flooding alarm was implemented, demonstrating an improvement in combat effectiveness. The work not only underscores the importance of safety and efficiency in naval operations but also highlights the Brazilian Navy's commitment to innovation and optimization of its systems. Furthermore, it serves as an example of best practices for ergonomic and operational enhancements in control systems.

**Keywords:** Ergonomics; Amazonas; Damage Control; IPMS; Alarm; Control system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 – Fatores Humanos/Ergonomia (FH/E) e seus campos de estudo .....	12
Figura 2 – Evolução dos estudos sobre ergonomia .....	14
Figura 3 – Mapa bibliométrico dos estudos sobre ergonomia e sistemas de controle.....	15
Figura 4 – Navio Patrulha Oceânico Amazonas da Marinha do Brasil.....	16
Figura 5 – Triangulação do projeto do novo alarme .....	19
Figura 6 – Seções do sistema de controle IPMS .....	22
Figura 7 – Militar operando o IPMS do CCM .....	23
Figura 8 – Painel de controle do sistema MINERVA .....	24
Figura 9 – Sensor de fumaça presente no sistema MINERVA .....	24
Figura 10 – Sensor de temperatura do sistema MINERVA, localizado na cozinha.....	25
Figura 11 – Componentes do sistema de alarmes.....	26
Figura 12 – Um dos pontos que acionam o alarme .....	28
Figura 13 – Curva de audibilidade do ser humano.....	29
Figura 14 – Exemplo de adesivo fotoluminescente de seta.....	34
Figura 15 – Exemplo de telefone auto excitado .....	35
Figura 16 – Exemplo de capacete com intercomunicador.....	35
Figura 17 – Compartimento onde ficam alocados equipamentos do CAv.....	36
Figura 18 – Exemplo de uniforme de combate .....	37
Figura 19 – Primeiro passo da programação em <i>Python</i> .....	39
Figura 20 – Passo três do código .....	40
Figura 21 – Último passo do código.....	40
Figura 22 – Comparativo dos sonogramas dos Alarmes 1 e 2 .....	41

### GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico da análise espectral.....	41
Gráfico 2 – Resultados obtidos para os seis exercícios da primeira fase .....	42
Gráfico 3 – Resultados obtidos para os seis exercícios da segunda fase.....	44
Gráfico 4 – Comparativo entre os resultados da primeira e segunda fase.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação dos exercícios de CAv .....	33
Tabela 2 – Relação de pontuação de acordo com o tempo de resposta para o Item 5.....	38
Tabela 3 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem “pronto e guarnecido” na primeira fase .....	43
Tabela 4 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem “pronto e guarnecido” na segunda fase.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
CAAML	Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão
CAv	Combate a Avarias
CIASA	Comissão de Inspeção e Assessoria de Adestramento
CLP	Controladores Lógicos Programáveis
CCM	Centro de Controle de Máquinas
DC	Damage Control
LCD	Liquid Crystal Display
GOR	Grupo de Osmose Reversa
IEA	Associação Ergonômica Internacional
IPMS	Integrated Platform Management System
MB	Marinha do Brasil
NPaOc	Navio Patrulha Oceânico
QEP	Quadro elétrico principal

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1 Esferas da ergonomia</b> .....	12
<b>1.2 Justificativa e relevância</b> .....	13
<b>1.3 Navio Patrulha Oceânico Amazonas</b> .....	15
<b>1.4 Incêndio ou alagamento?</b> .....	17
<b>1.5 A pesquisa e seus objetivos</b> .....	18
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1 Contexto do projeto</b> .....	20
<b>2.2 Sistema de controle e monitoração</b> .....	21
<b>2.3 Sonoridade</b> .....	27
2.3.1 Exigências internacionais.....	27
2.3.2 Princípios acústicos.....	28
<b>2.4 Reatividade e eficiência</b> .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	31
<b>3.1 Classificação da pesquisa</b> .....	31
3.1.1 Quanto aos fins.....	31
3.1.2 Quanto aos meios .....	31
<b>3.2 Limitações do Método</b> .....	31
<b>3.3 Universo e Amostragem</b> .....	32
<b>3.4 Coleta e tratamento de dados</b> .....	32
<b>3.5 Desenvolvimento do novo alarme</b> .....	38
<b>4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	41
<b>4.1 Análise Espectral</b> .....	41

<b>4.2 Exercícios de CAv</b> .....	42
4.2.1 Primeira fase.....	42
4.2.2 Segunda fase.....	43
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	46
5.1 Sugestões para futuros trabalhos.....	46
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48
<b>APÊNDICE A – GRAUS OBTIDOS NA PRIMEIRA FASE DE EXERCÍCIOS</b> .....	50
<b>APÊNDICE B – GRAUS OBTIDOS NA SEGUNDA FASE DE EXERCÍCIOS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das características que distingue os seres humanos dos outros animais é a habilidade de transformar a natureza. Ao longo dos séculos, seja através da produção de simples ferramentas para caça ou dos mais complexos computadores da nossa época, a transformação da natureza sempre permitiu a criação de ferramentas e sistemas que aumentam os processos e tornam a vida humana mais conveniente (Albuquerque, 2007).

No passado, as operações dos navios demandavam que as tripulações ficassem constantemente atentas na praça de máquinas, executando tarefas como checar água, óleo, realizar limpeza e manutenção. A tripulação precisava se dividir em diferentes turnos para garantir que as máquinas funcionassem bem e com segurança. Os avanços tecnológicos, incluindo o desenvolvimento de sistemas de alarme mais sofisticados, representaram um papel importante ao automatizar muitas dessas tarefas, permitindo a operação dos equipamentos com menos supervisão. A automação possibilitou uma redução no número necessário de membros na tripulação, introduziu políticas de manutenção preditiva baseadas em uma monitoração avançada das máquinas e habilitou o acompanhamento remoto da praça de máquinas.

Os sistemas de alarme tiveram sua origem e desenvolvimento paralelo aos sistemas industriais de controle e monitoramento. Alguns sistemas adaptados para uso em navios foram derivados dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP), que foram criados no final dos anos 1960 e hoje são amplamente empregados na indústria. Os dispositivos de visualização também seguiram a evolução do setor, migrando de painéis simples com luzes indicadoras para monitores coloridos e de *Liquid Crystal Display* (LCD), que podem ser controlados por meio de interfaces sensíveis ao toque.

A engenharia moderna tem revolucionado a forma como as embarcações são construídas e operadas. Poderosas ferramentas computacionais podem simular o desempenho de um navio completo, mesmo antes dele começar a ser construído. Além disso, cartas náuticas tridimensionais, radares sofisticados e sistemas de posicionamento dinâmico têm sido amplamente utilizados nas embarcações, aumentando a segurança na navegação. No entanto, ainda ocorrem acidentes. As sociedades classificadoras mais prestigiadas sugerem, há muitos anos ou décadas, a adoção de técnicas de análise de risco, mas "o navio perfeito" ainda está muito distante da realidade. É evidente que, ao longo do último século, as máquinas e estruturas tornaram-se mais confiáveis. Por esse motivo, o desafio atual é garantir que o elemento humano tenha a menor quantidade possível de falhas.

É nesse contexto que surgiu a ergonomia, uma ciência que se concentra na interação do homem com os diferentes elementos de um sistema. A palavra Ergonomia é oriunda da junção das palavras latinas *Ergon* (trabalho) e *nomos* (regra), e é definida pela Associação Ergonômica Internacional (IEA) como:

“Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.” (IEA, 2021).

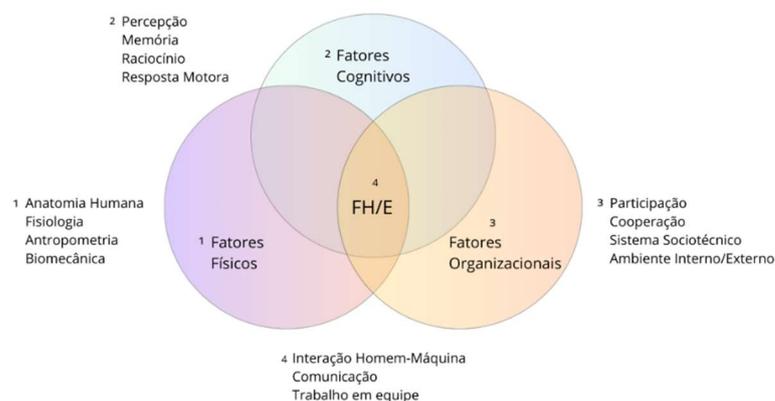
E também pela Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) como: “[...] a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema” (ABERGO, 2023).

Dessa forma, a ergonomia de um sistema de controle se torna essencial para mitigar as falhas humanas em relação a operação de um sistema de controle.

## 1.1 Esferas da ergonomia

A ergonomia engloba três esferas fundamentais de investigação, cada uma voltada para diferentes áreas das interações humanas com o ambiente e as ferramentas empregadas (figura 1).

Figura 1 – Fatores Humanos/Ergonomia (FH/E) e seus campos de estudo



Fonte: Adaptado de ABERGO (2023).

Conforme ilustrado na figura 1, os três campos de estudo da ergonomia são: ergonomia física, ergonomia cognitiva e ergonomia organizacional.

A ergonomia física concentra-se nas conexões entre o corpo humano, os movimentos executados e o contexto físico no qual ocorrem. Isso abrange a avaliação das posturas, ações repetitivas, esforços físicos e biomecânica. O propósito é conceber espaços de trabalho, mobiliário e equipamentos para reduzir a fadiga, o desconforto e o perigo de lesões do operador. Por exemplo, ao planejar uma estação de trabalho, a ergonomia física leva em conta a altura do militar, a disposição da cadeira e a organização do teclado e do monitor para proporcionar uma postura saudável e produtiva.

A ergonomia cognitiva foca nos processos mentais e psicológicos envolvidos na utilização de sistemas e dispositivos. Isto incorpora elementos como percepção, memória, tomada de decisão, carga cognitiva, aprendizado e interação com interfaces de utilizador. Ao desenvolver interfaces de software, por exemplo, a ergonomia cognitiva considera a estruturação das informações, a clareza das diretrizes e a facilidade de navegação para assegurar que os utilizadores possam interagir de maneira eficaz e sem exaustão excessiva.

A ergonomia organizacional analisa os aspectos sociais e organizacionais dos sistemas laborais. Isto envolve a estrutura hierárquica, comunicação, colaboração, carga de tarefas, sistemas de incentivo e políticas internas da organização. O propósito é formar ambientes de trabalho que estimulem a satisfação, motivação e eficiência entre os colaboradores. Na ergonomia organizacional, é essencial ter em mente a distribuição equitativa de responsabilidades, a promoção de um ambiente laboral saudável e a administração eficaz do tempo e dos recursos.

De forma agregada, essas três áreas da ergonomia abordam uma série de componentes que influenciam a interação entre seres humanos e sistemas. Ao contemplar aspectos físicos, cognitivos e organizacionais, a ergonomia procura aperfeiçoar a maneira pela qual os indivíduos interagem com o seu meio, promovendo um equilíbrio entre eficiência, segurança e bem-estar. Em resultado, a aplicação da ergonomia não só aprimora a qualidade de vida dos utilizadores, como também contribui para a eficácia e sucesso de produtos, serviços e organizações.

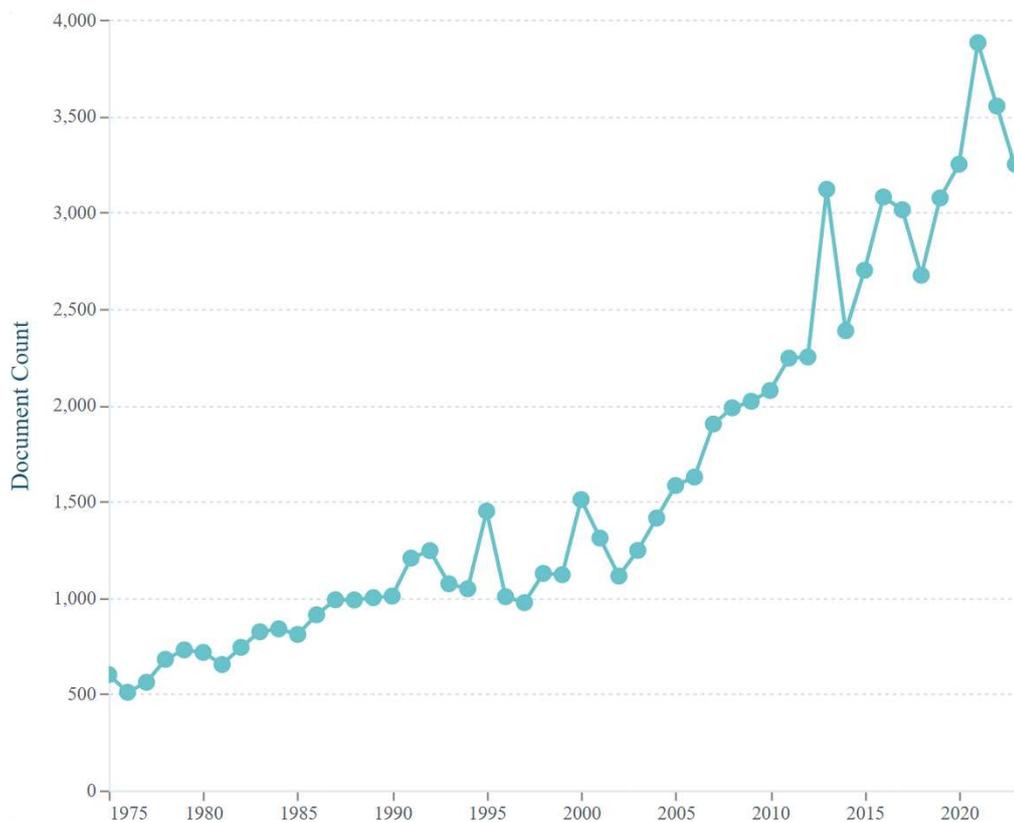
## **1.2 Justificativa e relevância**

Para avaliar a relevância dos estudos acerca da ergonomia, foi conduzida uma pesquisa bibliométrica na plataforma online “Lens.org”. A pesquisa bibliométrica quantitativa envolve

a análise de publicações acadêmicas, como artigos, livros e conferências, com o propósito de examinar tendências, padrões e impacto na literatura científica relacionada a um tema específico.

A pesquisa concentrou-se na exibição de artigos publicados sobre ergonomia nos últimos 50 anos. Essa faixa temporal se justifica pela incorporação de meios navais pela Marinha do Brasil (MB) nas décadas de 70, bem como na última década. O gráfico na figura 2 relaciona o número total de artigos publicados a cada ano e evidencia um aumento contínuo nos estudos sobre ergonomia, o que corrobora sua atualidade e relevância como tema de investigação.

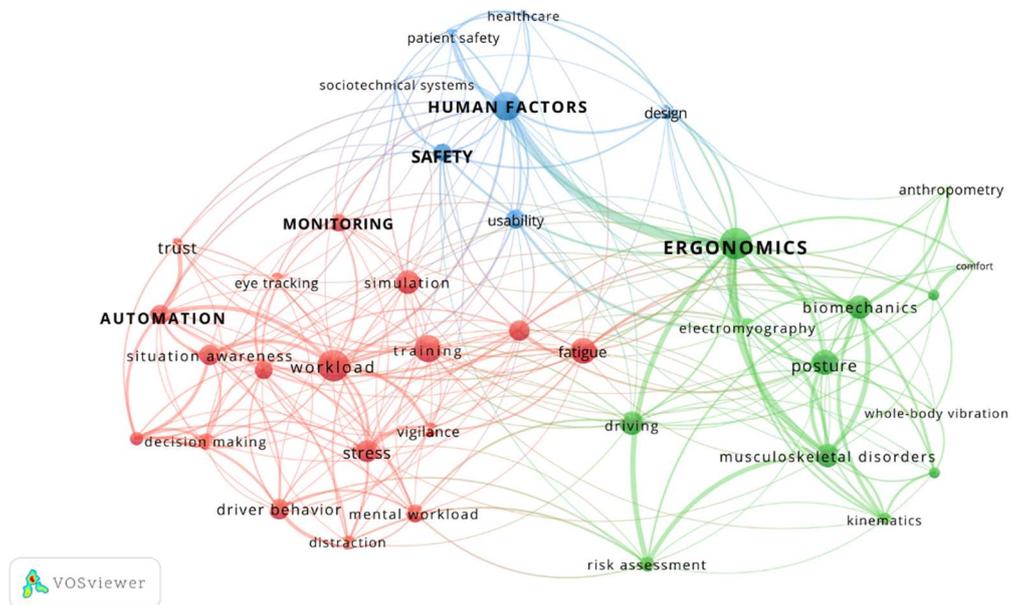
Figura 2 – Evolução dos estudos sobre ergonomia



Fonte: Lens.org (2023)

Adicionalmente, a pesquisa foi direcionada para as áreas de engenharia naval e sistemas de controle, e foi utilizado o software *VOSviewer* para criar o mapa bibliométrico ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Mapa bibliométrico dos estudos sobre ergonomia e sistemas de controle



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Ao analisar o mapa, é possível observar uma forte interconexão entre os estudos da ergonomia ("ergonomics") para sistemas de controle e fatores humanos ("human factors") com segurança ("safety"), monitoramento ("monitoring") e automação ("automation"). Considerando que o progresso da ergonomia está intrinsecamente relacionado ao avanço das automações, o Navio Patrulha Oceânico Amazonas foi escolhido como objeto de estudo devido ao seu alto grau de modernização de equipamentos e sistemas. Essa delimitação permitirá uma análise das interações entre os sistemas de controle e os fatores humanos, tornando-a uma contribuição valiosa para o campo da ergonomia na engenharia naval.

### 1.3 Navio Patrulha Oceânico Amazonas

O Navio Patrulha Oceânico Amazonas da Marinha do Brasil (figura 4) foi incorporado às fileiras da instituição em 2012. Fabricado pela *BAE Systems*, uma empresa especializada em tecnologia de defesa, o navio foi construído no Reino Unido na cidade de *Portsmouth*. Sua incorporação foi um marco significativo na modernização da frota naval brasileira, fortalecendo a capacidade de patrulha e vigilância da costa oceânica.

Figura 4 – Navio Patrulha Oceânico Amazonas da Marinha do Brasil



Fonte: Arquivo do autor (2023)

O Amazonas é uma embarcação de alta versatilidade, projetado para uma variedade de operações marítimas. Sua capacidade operacional é notável, abrangendo missões de patrulha, busca e salvamento, combate à pirataria, fiscalização ambiental e controle de tráfego marítimo. Com espaço para acomodar até cerca de 130 tripulantes, o navio tem a capacidade de se manter operacional em missões prolongadas, fator diferencial quando comparado aos outros navios patrulha da MB.

Por ser um Navio Patrulha, o Amazonas se destaca por suas dimensões impressionantes. Com um comprimento de aproximadamente 90 metros, uma boca (largura) de cerca de 13 metros e um calado (profundidade) de aproximadamente 5 metros, a embarcação exibe uma presença imponente nas águas em que opera. Sua estrutura foi projetada para garantir estabilidade e eficiência em uma variedade de condições marítimas, desde mares calmos até ambientes mais meteorologicamente instáveis.

Em relação aos sistemas de máquinas, o Amazonas é equipado com uma série de tecnologias avançadas. Seu sistema de propulsão inclui dois motores diesel que proporcionam a potência necessária para impulsionar o navio a velocidades adequadas para suas missões. Além disso, possui sistemas de navegação modernos, comunicações avançadas, radares de vigilância, sistemas de armas para autodefesa e equipamentos de suporte à vida a bordo.

Para garantir uma operação eficiente e segura dos equipamentos, o navio possui um sistema integrado que monitora e controla diversos sistemas e equipamentos a bordo, abrangendo desde a propulsão e geração de energia até a segurança, controle de avarias e

monitoramento ambiental em tempo real pelo operador no Centro de Controle de Máquinas (CCM).

#### **1.4 Incêndio ou alagamento?**

Segundo o Livro Histórico do Amazonas preenchido internamente pela tripulação, uma situação trouxe à tona a necessidade de um sistema de alarmes eficiente para um sistema de controle. Durante uma missão, por volta das 15 horas, um evento inesperado mudou a rotina do navio. O alarme de avarias soou, indicando uma possível avaria no compartimento do Grupo de Osmose Reversa (GOR).

A resposta imediata foi apropriada, com o militar de serviço indo até o compartimento em questão para avaliar a situação. No entanto, a surpresa foi inevitável quando ele se deparou com o compartimento já alagado. O problema não estava na ação inicial, mas sim na subsequente preparação da equipe de combate a avarias. Devido ao sistema possuir um único alarme para duas situações distintas, os militares encarregados estavam se preparando erroneamente para combater um possível incêndio, não um alagamento.

Essa ambiguidade e falta de especificidade levou a um atraso no combate ao alagamento, comprometendo a eficácia da ação para conter e controlar a situação. É aqui que se torna evidente a necessidade crucial de um sistema de alarmes bem projetado e diferenciado, que possa informar claramente a natureza exata do incidente. Em um ambiente de alto risco como um navio, a precisão e a clareza das informações são vitais para uma resposta rápida e eficaz.

Felizmente, o alagamento no GOR não foi de grandes proporções e foi contido rapidamente pela equipe, evitando danos ao navio. No entanto, essa situação alerta para possíveis questões futuras que podem ter uma complexidade maior. O episódio destaca que, mesmo em incidentes relativamente menores, a clareza na comunicação e a prontidão da equipe são fundamentais. Em uma situação mais grave, a falta de especificidade no alarme poderia ter consequências desastrosas.

Nesse sentido, a implementação de alarmes específicos para diferentes tipos de avarias, alagamentos ou incêndios, torna-se essencial. Esses alarmes podem ser projetados de maneira a transmitir instantaneamente a natureza da emergência, eliminando qualquer ambiguidade na interpretação da tripulação. Isso permite que a equipe de bordo reaja de maneira adequada e imediata, maximizando as chances de controlar a situação e garantir a segurança de todos a bordo.

Além disso, foi incorporada ao Livro Histórico a lição aprendida com esse incidente que destaca a importância de treinamento contínuo e práticas de resposta a emergências. A familiarização da tripulação com os sistemas de alarmes e a realização de exercícios regulares de simulação de avarias são fundamentais para garantir que todos a bordo estejam preparados para agir de forma coordenada e eficaz em situações críticas.

## **1.5 A pesquisa e seus objetivos**

Conforme apresentado, a ergonomia em sistemas de controle é fundamental e pode ser fator determinante para detectar avarias e combater um possível incêndio além de mitigar acidentes e contribuir para a operação dos sistemas.

O trabalho tem como objetivo evidenciar que, ao conceber ou aprimorar um sistema, a implementação de uma simples alteração resulta em uma notável diminuição na ocorrência de equívocos nas decisões tomadas pelos operadores.

No próximo capítulo, serão apresentadas as diretrizes ergonômicas que servem de orientação para o desenvolvimento de um alarme no contexto de sistemas de controle e monitoramento. Essas diretrizes serão relacionadas às particularidades do objeto de estudo, que é o navio, para uma análise aprofundada das implicações ergonômicas nesse cenário específico.

Desta forma o trabalho irá recorrer ao Manual de Combate a Incêndio (CAAML-1202), redigidas pelo Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão (CAAML) a fim de contextualizar a análise ergonômica do sistema de controle e monitoração de avarias do NPaOc Amazonas.

Posteriormente, serão detalhadas as metodologias empregadas no processo de desenvolvimento do novo alarme, bem como os resultados dos exercícios práticos de CAV realizados com o propósito de quantificar a eficácia da implementação de um alarme de alagamento.

Vale ressaltar que o trabalho também busca promover o aumento da compreensão da ergonomia e do gerenciamento de falhas dentro do contexto operativo da Marinha do Brasil.

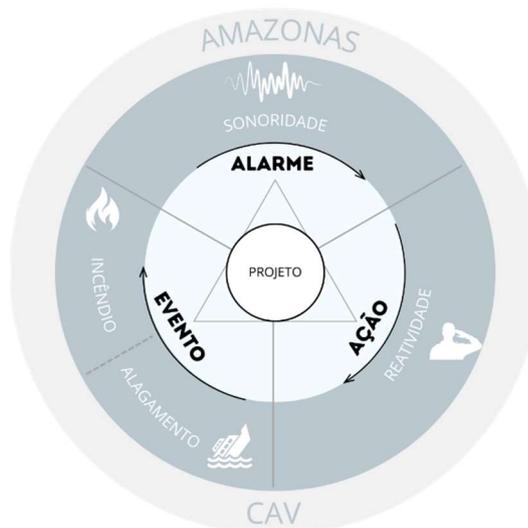
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme os princípios ergonômicos, o termo "alarme" é uma designação genérica para todos os sons concebidos com o propósito de chamar a atenção e transmitir informações ou apoio. Neste contexto, o "alarme sonoro" é o meio informativo utilizado para representar eventos críticos do sistema, a fim de auxiliar o operador em um ambiente crítico a executar a ação designada. A "resposta ao alarme" mede a capacidade do operador de reagir diante de um alarme sonoro que indica um evento crítico. O desafio enfrentado pelos projetistas de alarmes consiste em otimizar a taxa de reação dos operadores, considerando os fatores que exercem influência direta sobre a ação desejada (Cvach, 2012; Kristensen *et al.*, 2016; Ritter *et al.*, 2014; Sanz-Segura *et al.*, 2019; Sousa, 2017).

A concepção de alarmes sonoros envolve a avaliação da infraestrutura do sistema e a categorização de eventos antes de atribuir características auditivas aos alarmes. Além disso, o desenvolvimento de alarmes que se adequem a um contexto específico e incentivem a ação desejada do operador exige uma compreensão da capacidade perceptiva humana e do comportamento no ambiente de trabalho. Esses são aspectos fundamentais na criação de um sistema de alarme eficaz e que atenda às necessidades operacionais (Sanz-Segura *et al.*, 2022).

A integridade funcional dos alarmes baseia-se na interligação de três componentes fundamentalmente distintos, mas que mantêm uma interdependência crucial no ciclo de uso do alarme, ou seja, evento-alarme-ação (Cvach, 2012; Rayo & Moffatt-Bruce, 2015).

Figura 5 – Triangulação do projeto do novo alarme



Fonte: Adaptado de Sanz-Segura *et al.* (2022)

Como ilustrado na figura 5, foram identificadas as áreas que desempenham um papel essencial na garantia da integridade funcional dos alarmes acionáveis. A compreensão dos eventos é um passo fundamental para entender como os dados técnicos relevantes ao contexto se transformam em eventos priorizados, que devem ser sinalizados pelo sistema de controle e monitoramento de CAV do Amazonas.

A questão da sonoridade desempenha um papel fundamental na escolha da modalidade sensorial adequada para transmitir o alarme, considerando a informatividade e qualidade dos alarmes, bem como seus significados inerentes para os operadores. A análise da reatividade examina o componente de ação entre os operadores e o sistema de alarme, com o propósito de identificar e avaliar as necessidades do operador, a produtividade e o nível de desempenho da tarefa (Phansalkar *et al.*, 2014; Schnittker *et al.*, 2019).

Os pontos mencionados anteriormente fornecem diretrizes essenciais para o desenvolvimento do novo alarme, fundamentando o projeto em curso e serão explorados nas próximas seções, com ênfase na sua adaptação ao cenário do NPaOc Amazonas.

## **2.1 Contexto do projeto**

O CAV a bordo de navios é uma questão crítica que evoluiu ao longo dos anos, refletindo a busca incessante por segurança nas operações navais. Ao longo da história, os incêndios em navios sempre representaram uma ameaça iminente, levando a inovações e práticas aprimoradas para controlar e minimizar esses riscos.

No passado naval, quando os navios eram predominantemente construídos em madeira, as tripulações enfrentavam desafios imensos para combater incêndios a bordo. Com a transição para o uso de materiais mais resistentes ao fogo e o desenvolvimento de sistemas de detecção e extinção, os procedimentos de combate a incêndios a bordo foram se tornando mais sofisticados e eficazes.

Atualmente, as marinhas de todas as nações adotam medidas rigorosas para garantir a segurança contra incêndios em seus navios. A Marinha do Brasil implementa um abrangente programa de combate a incêndios que inclui a instalação de sistemas avançados de detecção e extinção nos projetos de seus navios, além de treinamento constante para suas tripulações. Isso assegura que, em caso de incêndio, a equipe esteja pronta para responder de maneira eficiente e coordenada.

As diretrizes do CAV na Marinha do Brasil são regidas atualmente pelo Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão (CAAML) localizado no Rio de Janeiro, e caracterizam-se por uma abordagem multidisciplinar.

O CAAML desempenha um papel crucial dentro da Marinha do Brasil ao ser responsável por promover o adestramento e a capacitação dos militares. Ele oferece treinamento avançado e especializado para as equipes que operam a bordo dos navios, visando aprimorar suas habilidades e prepará-las para enfrentar uma variedade de situações e desafios.

O foco dos adestramentos abrange desde a instrução em procedimentos de segurança, navegação e manobra até o treinamento intensivo em combate a incêndios, primeiros socorros, operações de salvamento, entre outros aspectos cruciais para a segurança e eficiência das operações navais.

Por meio de exercícios práticos em simuladores, o CAAML proporciona às tripulações a oportunidade de vivenciar cenários próximos à realidade, replicando situações que podem ocorrer durante missões reais. Essa abordagem permite que os militares desenvolvam confiança, coordenação e habilidades essenciais para lidar com emergências de maneira eficaz.

Segundo o Manual de Combate a Incêndio (CAAML-1202, 2017), cerca de 90% dos incêndios são extintos nos primeiros dois minutos, 5% nos primeiros dez minutos, e os 5% restantes ultrapassam 5 a 10 horas, sendo metade destes últimos ocorridos em Praças de Máquinas.

Por meio desse procedimento, os navios da Marinha buscam combater o incêndio o mais rápido possível para evitar perdas de materiais e principalmente perdas humanas. Isso está totalmente relacionado à identificação das avarias por meio dos alarmes dos sistemas de controle de incêndio e suas respectivas ergonômias.

Para tal missão, o NpaOc Amazonas monitora seus equipamentos por um sistema integrado que dispõe aos operadores os diversos parâmetros dos equipamentos e alarmes. O sistema permite o monitoramento em tempo real e a distância, pelo operador no Centro de Controle de Máquinas (CCM) e será apresentado na seção a seguir.

## **2.2 Sistema de controle e monitoração**

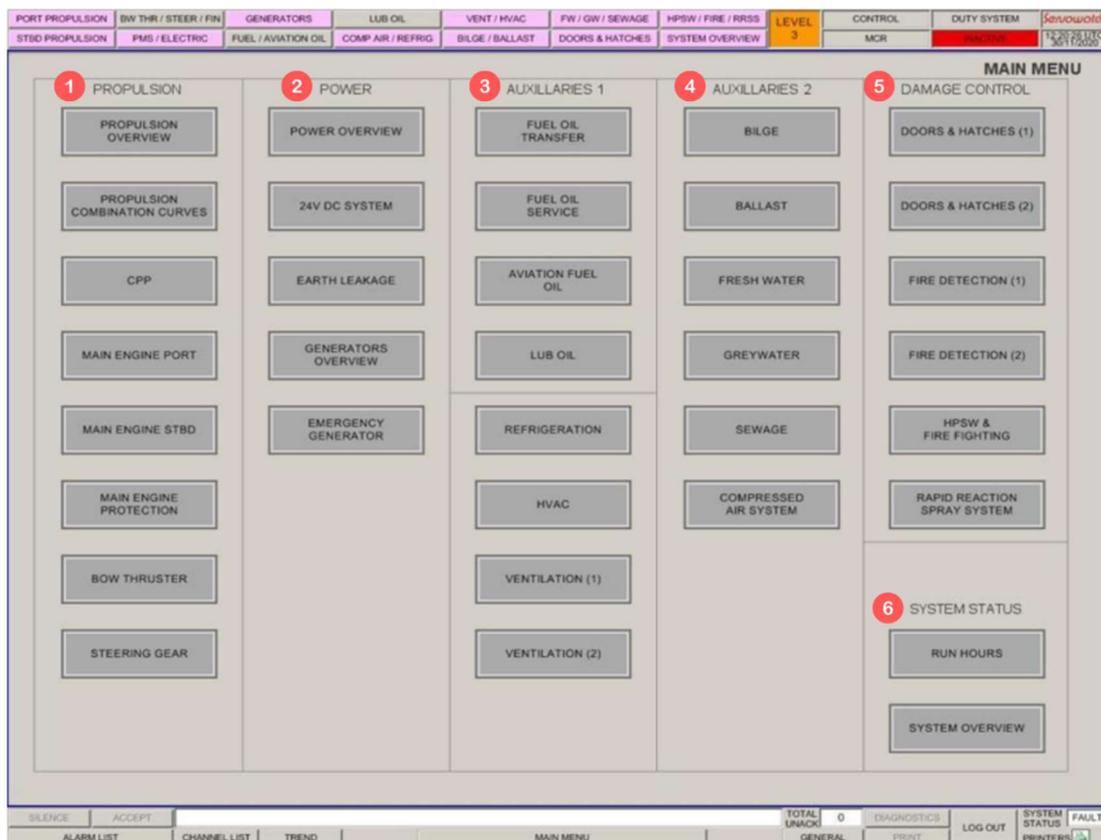
O sistema de controle IPMS (*Integrated Platform Management System*) é uma parte vital do NPaOc Amazonas. O IPMS é um sistema integrado que monitora e controla diversos sistemas e equipamentos a bordo, abrangendo desde a propulsão e geração de energia até a segurança, controle de incêndio e monitoramento ambiental. Para o Amazonas, o IPMS

desempenha um papel crucial em manter a funcionalidade e o desempenho do navio em suas variadas missões.

O sistema é dividido em seis seções diferentes (figura 6) e cada uma delas possui uma função diferente:

1. Controle e monitoração da propulsão;
2. Controle de energia dos geradores e disjuntores do quadro elétrico principal (QEP);
3. Seção 1 de controle e monitoração dos equipamentos auxiliares;
4. Seção 2 de controle e monitoração dos equipamentos auxiliares;
5. Aquisição, supervisão e exibição das informações de alarmes dos equipamentos e de CAV; e
6. Status de operação dos sistemas e horas de funcionamento dos equipamentos.

Figura 6 – Seções do sistema de controle IPMS



Fonte: Arquivo do autor (2023)

As seis seções se interconectam em rede e compartilham dados para a tomada de decisões através de três estações que oferecem conexão com o IPMS e se dividem da seguinte

forma: uma estação no Passadiço e duas estações no Centro de Controle de Máquinas (CCM) conforme a figura 7.

Figura 7 – Militar operando o IPMS do CCM



Fonte: Arquivo do autor (2023).

A seção de alarmes abrange os seguintes conjuntos de equipamentos: sistema de águas cinzas e negras, sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado, níveis e capacidades de tanques, planta de propulsão, central de geração de energia, ar comprimido, sistema de combate a incêndios (Sistema de Combate Fixo de Incêndio e Bombas de Esgoto e Incêndio), aguada, sistema de lubrificação, sistema de governo e condição de fechamento de portas estanques e escotilhões.

O alarme de CAV é exibido no IPMS indicando o compartimento avariado, mas são gerenciados primariamente no módulo eletrônico MINERVA T-2000, responsável por compilar e encaminhar para o IPMS as informações dos sensores de detecção de fumaça, temperatura e alagamento.

O sistema divide-se em vinte e cinco regiões e abrange praticamente todos os compartimentos do navio. São disponibilizadas a bordo vinte e três sirenes de sinalização sonora ativadas pelo sistema MINERVA (alarme de incêndio), as quais são audíveis praticamente de qualquer ponto a bordo.

Os painéis de controle do sistema MINERVA (figura 8) são instalados no CCM, no Portaló do navio e na entrada do paiol de munições. Nestes painéis, é possível navegar e identificar o convés que ativou o alerta. Além disso, existem botões para atenuar o som da sirene e para realizar a reinicialização do sistema.

Figura 8 – Painel de controle do sistema MINERVA



Fonte: Arquivo do autor (2023)

Segue abaixo a quantidade de sensores presentes no sistema MINERVA:

- Cento e quarenta e sete sensores de fumaça (figura 9);

Figura 9 – Sensor de fumaça presente no sistema MINERVA



Fonte: Arquivo do autor (2023)

- Onze sensores de temperatura, sendo dois na cozinha (figura 10), quatro no paiol de munições, dois na praça de máquinas, um no gerador de emergência e dois na praça de geradores;

Figura 10 – Sensor de temperatura do sistema MINERVA, localizado na cozinha

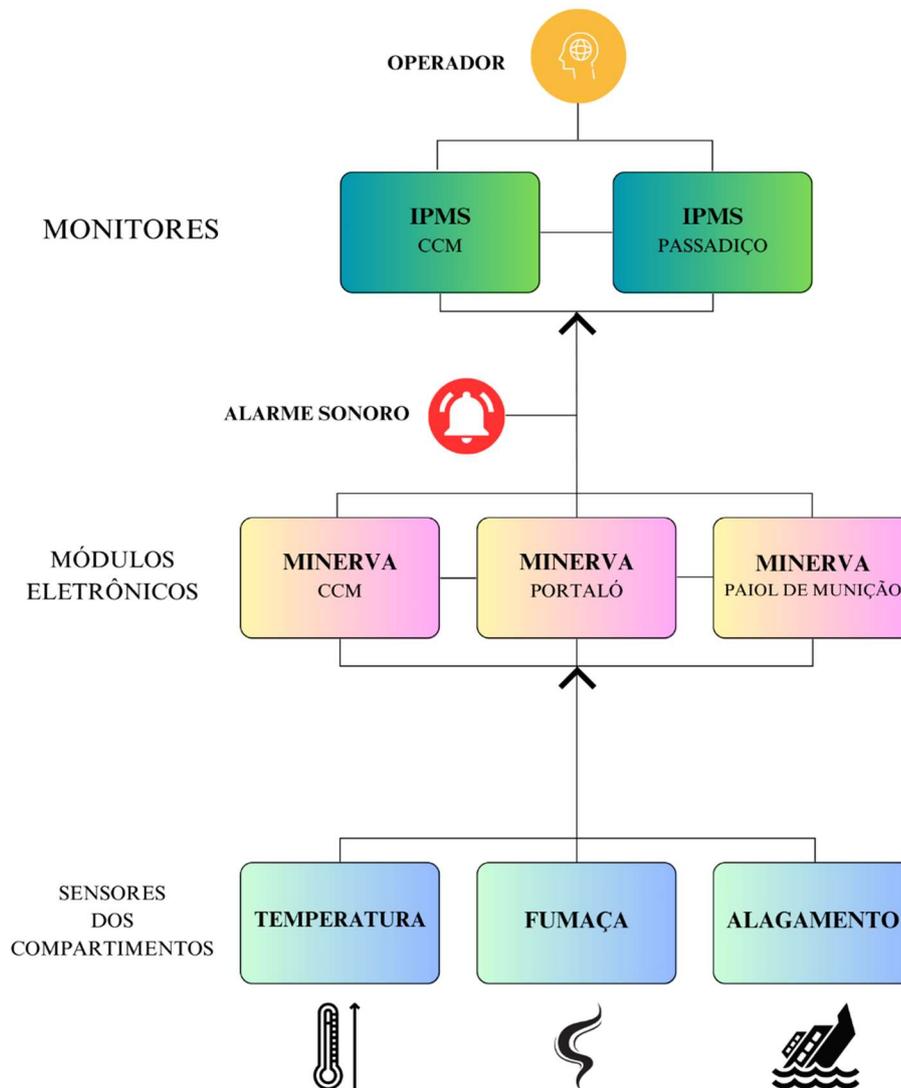


Fonte: Arquivo do autor (2023)

- Dezenove sensores de alagamento nos porões do navio.

Os componentes apresentados se interligam juntamente com o militar exercendo a função de Operador do IPMS e podem ser considerados um sistema. A dinâmica do sistema de alarmes está representada na figura 11.

Figura 11 – Componentes do sistema de alarmes



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

1. Os sensores medem o desvio do parâmetro (temperatura/fumaça/nível de água);
2. A informação do sensor segue para o sistema MINERVA e faz soar um alarme sonoro por todo o navio;
3. O MINERVA encaminha a informação do compartimento para o IPMS;
4. O operador do IPMS visualiza no monitor o compartimento da avaria porém não é possível identificar a sua classificação por falta de informação visual e sonora; e
5. O operador do IPMS dissemina no fonoclama o compartimento alarmado para o militar de serviço verificar a classificação da avaria.

Na dinâmica do sistema demonstrada na figura 8, ocorre uma provável perda de tempo na identificação da avaria e conseqüentemente no combate devido ao alarme sonoro soado pelo MINERVA ser exatamente o mesmo para o acionamento de um sensor de fumaça, temperatura ou alagamento.

Idealmente, cada alarme deveria gerar uma tomada de decisão do operador e como mencionado no início do capítulo, a chance de sucesso de combate a avaria está diretamente relacionada à velocidade de reação no início do combate.

Uma vez compreendida a forma como o desempenho dos militares pode se manifestar, é de suma importância identificar os possíveis tipos de erros que podem ocorrer em situações de emergência, a fim de adquirir uma compreensão mais aprofundada da ergonomia do sistema.

## **2.3 Sonoridade**

### **2.3.1 Exigências internacionais**

A Marinha do Brasil adere às regulamentações internacionais no que tange os sistemas de alarme de incêndio e alagamento em navios. Isso se deve ao fato de que a maior parte das normas relacionadas a embarcações é fundamentada em convenções e acordos internacionais. Entre essas regulamentações, destaca-se a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), estabelecida pela Organização Marítima Internacional (IMO).

O Capítulo V da norma SOLAS trata dos princípios de projeto para o Passadiço. De acordo com essa diretriz, o projeto do Passadiço deve ter como objetivo principal "minimizar o risco de erro humano e detectar esse tipo de erro." No caso de ocorrência de um erro, a tripulação do passadiço e os pilotos devem ser capazes de tomar ações apropriadas a tempo, utilizando o sistema de alarmes e monitoramento (IMO, 2004).

A IMO estabelece outros objetivos para o sistema de alarmes, como possibilitar que os oficiais dediquem atenção integral à navegação segura da embarcação, identificar de imediato qualquer situação anormal que demande ação para preservar a segurança da navegação, e evitar distrações provenientes de alarmes que exigem atenção, mas que não afetam a segurança da navegação ou que não requerem ação imediata para restaurar ou manter a navegação segura (IMO, 2007)

As exigências das sociedades classificadoras concentram-se mais nas funções dos sistemas e em suas definições do que em requisitos físicos ou arquiteturas específicas. Portanto, os fabricantes têm flexibilidade para desenvolver seus sistemas e alarmes com base em diversas

plataformas, desde que atendam aos critérios funcionais estabelecidos. Isso proporciona uma abordagem adaptável à implementação de sistemas de alarmes que cumpram os padrões internacionais de segurança marítima.

### 2.3.2 Princípios acústicos

A relação entre o som e as sensações humanas é uma interação complexa. O som, em sua essência, é uma grandeza física, caracterizado por grandezas objetivas como frequência, amplitude e intensidade. Por outro lado, as sensações auditivas são intrinsecamente subjetivas, baseadas em grandezas psicoacústicas, onde a percepção varia de pessoa para pessoa. O sistema auditivo humano atua como uma ponte entre essas duas grandezas, transformando as vibrações sonoras em sensações psíquicas que nos permitem interpretar o mundo ao nosso redor (Bistafa, 2006).

O espectro sonoro, nesse contexto, fornece informações vitais sobre a composição das frequências presentes no som emitido pela sirene. Ele permite uma análise detalhada das componentes do som, revelando quais frequências estão mais proeminentes (Bistafa, 2006).

No contexto da produção de um alarme de alagamento para o sistema de controle do Amazonas, a aplicação desses princípios de acústica é essencial para garantir uma resposta eficaz dos militares a um novo sistema de alarme em um navio. Para alcançar esse objetivo, foi analisado o espectro sonoro do alarme de CAV original para ser uma referência na criação do novo alarme. A figura 12 ilustra um dos vinte e três pontos diferentes que acionam o alarme em forma de uma sirene contínua.

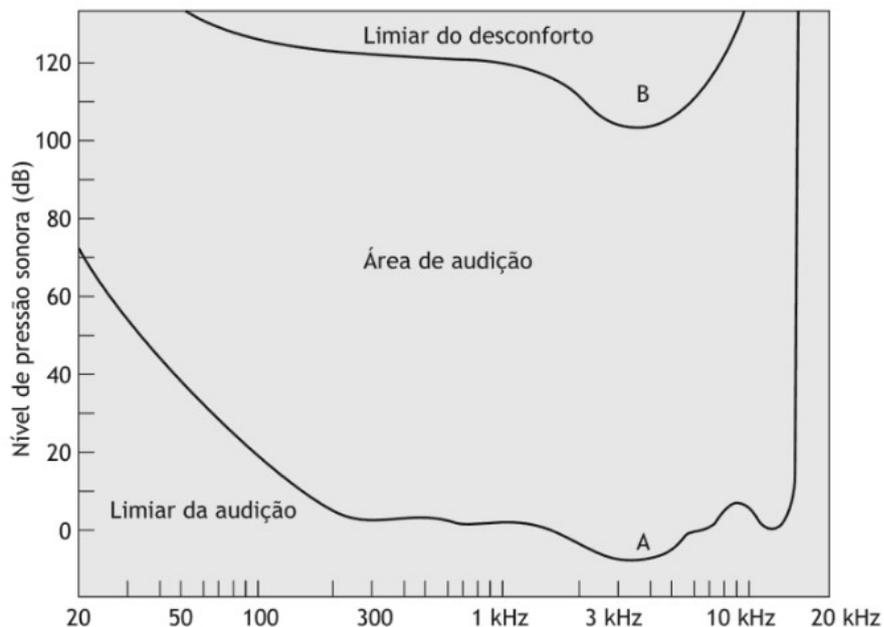
Figura 12 – Um dos pontos que acionam o alarme



Fonte: Arquivo do autor (2023)

A análise do espectro sonoro foi conduzida na faixa entre 0Hz e 20KHz, uma escolha que se baseou na faixa de audibilidade humana que varia entre 20Hz e 20KHz conforme ilustrado na figura 13. Entretanto, é crucial ressaltar que o nível de pressão sonora percebido pelas pessoas pode variar consideravelmente, dependendo de diversos fatores, tais como a sensibilidade auditiva individual e a exposição prévia ao som. Paralelo a isso, Bistafa (2006, p.54) afirma que: "A sensação subjetiva da intensidade depende da frequência do som [...] um tom puro em 100 Hz será subjetivamente percebido com menor intensidade do que um tom puro em 1.000 Hz com um mesmo nível de pressão sonora".

Figura 13 – Curva de audibilidade do ser humano



Fonte: Bistafa (2006)

Com base nesse conceito, o alarme de alagamento foi desenvolvido para possuir uma alta intensidade sonora em frequências mais elevadas utilizando o alarme original como referência.

## 2.4 Reatividade e eficiência

Os alarmes são ouvidos por diferentes ouvintes (por exemplo, enfermeiro, cozinheiro, mecânicos, eletricitas), mas são os operadores designados, através da Organização Administrativa e Operativa do navio, que são responsáveis por monitorar o sistema de controle.

Embora os operadores sejam obrigados a estar vigilantes e prontos para agir em todos os momentos, toda tripulação é envolvida na dinâmica do CAV e todos os militares devem estar familiarizados com os alarmes.

A resposta dos operadores aos alarmes varia conforme as restrições de atenção dos usuários e os desafios da rotina no navio. A capacidade de reagir aos alarmes é influenciada tanto pela carga de trabalho quanto por fatores contextuais e humanos. Além disso, é frequente observar a falta de conformidade ou respostas inadequadas por parte dos operadores que lidam com alarmes críticos (Kristensen et al., 2016; Sanz-Segura et al., 2019).

Considerando esses aspectos humanos, os exercícios para avaliar a eficácia do novo alarme foram conduzidos em Praça de Máquinas e na condição mais extrema possível, durante missões reais. Esses exercícios foram divididos em duas fases:

- Primeira fase: Exercícios de incêndio e alagamento em Praça de Máquinas sem alteração; e
- Segunda fase: Exercícios de incêndio e alagamento em Praça de Máquinas introduzindo o alarme específico de alagamento.

### **3 METODOLOGIA**

Por ocasião do projeto para aprimoramento do sistema, foi desenvolvido um alarme de alagamento a fim de diferenciar uma situação de alagamento e incêndio, visando estabelecer e manter a consciência situacional do operador do IPMS e realizar um combate mais rápido e eficiente. Foram aplicados exercícios práticos aos militares tripulantes do Amazonas, com o objetivo de quantificar os resultados obtidos e relacionar estes aos resultados anteriores à modificação.

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

##### **3.1.1 Quanto aos fins**

A presente pesquisa de viés intervencionista adicionou um novo alarme ao sistema de controle do navio com o objetivo de observar um aumento na eficiência do combate a avarias.

##### **3.1.2 Quanto aos meios**

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica, através da revisão das normas de combate a incêndio da Marinha do Brasil, com o objetivo estabelecer um delineamento do contexto para a análise ergonômica do sistema. Com base em publicações acadêmicas sobre ergonomia, requisitos da IMO, nas características do navio e em princípios de acústica, foi desenvolvido um novo alarme e posteriormente foram realizadas pesquisas de campo com exercícios práticos comparativos.

#### **3.2 Limitações do Método**

O Amazonas é um navio que possui um alto grau de operabilidade, portanto, para tornar os exercícios mais realistas e obter resultados mais fidedignos, os exercícios foram realizados em missões reais.

Devido à natureza intrínseca das comissões quando o navio está no mar, algumas limitações são observadas:

- Fadiga acumulada por conta da missão do navio e da rotina;

- Falta de familiarização com o novo alarme.

Para iniciar o desenvolvimento do novo alarme, a primeira etapa da análise espectral envolveu a gravação do alarme de CAV original do Navio Patrulha Oceânico Amazonas (Alarme 1). Nesse processo, utilizou-se o software de gravação de voz do sistema iOS da *Apple*. No entanto, é importante destacar que o método adotado não oferece uma aferição precisa das intensidades sonoras, devido ao significativo nível de ruído de fundo gerado durante a gravação.

Em virtude dessa limitação, a análise espectral obtida servirá, principalmente, como um ponto de referência para o desenvolvimento do novo alarme. É essencial ressaltar que um método ideal envolveria a utilização de um arranjo de microfones calibrados, um pré-amplificador e um conjunto de aquisição de dados.

Além disso, a falta de familiarização com o alarme de alagamento pode levar a não compreensão ou compreensão errônea da situação imposta no exercício. Para mitigar tal situação, o teste com sinais de alarme que ocorre diariamente foi alterado para familiarizar a tripulação com o novo alarme, padronizando o alarme original como alarme de incêndio.

O novo teste com sinais de alarme passou a ocorrer da seguinte forma a partir do dia 8 de agosto de 2023. Às 07:15 da manhã, soa no fonoclama do navio a seguinte mensagem: “Amazonas, será realizado teste com sinais de alarme: 1 - alarme de incêndio (soa o alarme original); 2 - alarme de alagamento (soa o novo alarme)”.

### **3.3 Universo e Amostragem**

Os exercícios de CAV realizados envolvem toda a tripulação do Amazonas totalizando oitenta e três militares, uma vez que na situação de Controle de Avarias cada militar possui uma função específica pré-determinada pelo Encarregado do CAV, o que permite que os militares possam ter um desenvolvimento adequado conforme são realizados os exercícios de rotina a bordo.

### **3.4 Coleta e tratamento de dados**

Uma tabulação foi utilizada para quantificar os resultados obtidos na realização dos exercícios (tabela 1).

Tabela 1 – Avaliação dos exercícios de CAv

<b>Guarnecer Postos de CAv</b>	
Item	Grau máximo
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30

Fonte: Adaptado de Marinha do Brasil (2012)

A tabela utilizada como referência foi elaborada pelo CAAML e é utilizada a bordo dos navios da Marinha pela Comissão de Inspeção e Assessoria de Adestramento (CIASA). Tal comissão, consiste em um grupo de avaliadores pré-selecionados pelo CAAML que possuem a missão de verificar o nível de adestramento e operabilidade dos navios.

O início do combate a incêndios e alagamentos a bordo de um navio é uma ação crítica que exige uma coordenação eficaz e procedimentos bem definidos para garantir a segurança da tripulação e da embarcação como um todo.

Cada navio possui uma tabela de avaliação diferente devido às suas características específicas. Considerando que é desejado quantificar a reação da tripulação ao novo alarme, a tabela “Guarnecer Postos de CAv” é a mais apropriada e cada item possui a sua particularidade:

#### 1. Cumprimento da regra de trânsito a bordo:

O primeiro passo crucial é o cumprimento rigoroso das regras de trânsito a bordo. Isso significa que todos a bordo devem estar cientes das rotas de evacuação, locais de encontro e procedimentos de emergência. Para mitigar o erro humano, existem adesivos fotoluminescentes de setas nas anteparas e no piso indicando o sentido correto do trânsito representados na figura 14.

Figura 14 – Exemplo de adesivo fotoluminescente de seta



Fonte: Arquivo do autor (2023)

## 2. Rápido estabelecimento das comunicações:

Uma comunicação eficaz é vital durante uma emergência a bordo de um navio. A tripulação deve estar preparada para estabelecer comunicações imediatas com a Central do CAV (localizada no CCM) e com o Passadiço, onde se concentra a Estação Comando. A utilização de equipamentos de comunicação e a designação de responsáveis por essa tarefa são aspectos essenciais para garantir que as informações fluam de maneira rápida e precisa. No Amazonas, as estações se comunicam através de telefones auto excitados que operam independente da energia elétrica conforme a figura 15.

Figura 15 – Exemplo de telefone auto excitado



Fonte: Arquivo do autor (2023)

Os militares que estão realizando o efetivo combate utilizam um capacete que possui um intercomunicador conforme a figura 16.

Figura 16 – Exemplo de capacete com intercomunicador



Fonte: Arquivo do autor (2023)

### 3. Eficiência na preparação do material para o combate:

Ter o material adequado e em perfeito estado de funcionamento é fundamental para combater incêndios e alagamentos de forma eficaz. Isso inclui extintores, mangueiras, equipamentos de respiração autônoma e outros dispositivos de combate a incêndio e alagamento. A manutenção regular desses equipamentos é imperativa, assim como a designação de tripulantes treinados para manuseá-los corretamente. Os materiais de CAV que são utilizados para combate ficam alocados em um compartimento específico conforme a figura 17, localizado próximo a área externa do navio, o que facilita uma manobra de recuo caso seja necessário.

Figura 17 – Compartimento onde ficam alocados equipamentos do CAV



Fonte: Arquivo do autor (2023)

### 4. Rapidez na preparação do uniforme de combate:

A tripulação deve estar pronta para agir rapidamente em caso de emergência. Isso inclui o uso adequado de uniformes de combate (figura 18), que oferecem proteção contra o fogo, calor e água. Os uniformes devem estar prontamente disponíveis e ser de fácil acesso em locais estratégicos do navio. O treinamento constante para vestimenta rápida desses uniformes é essencial para minimizar o tempo de resposta. Todo militar carrega consigo nos bolsos do

macacão operativo capuzes e luvas “*anti-flash*” para proteção individual e os uniformes para o efetivo combate ficam alocados juntamente ao material.

Figura 18 – Exemplo de uniforme de combate



Fonte: Arquivo do autor (2023)

5. Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”

Em situações de emergência cada segundo conta. Portanto, é fundamental que todas as estações estejam prontas para reagir imediatamente. As equipes de combate a incêndio e alagamento devem ser capazes de se mobilizar rapidamente, independentemente das condições meteorológicas ou das variações no padrão de trabalho. Isso requer treinamento regular e a realização de simulações de emergência para garantir que todas as estações estejam preparadas para informar o "pronto e guarnecido" para estação Comando dentro do menor tempo possível. Devido às dimensões do navio e suas peculiaridades foi estabelecido o tempo de três minutos para as estações estarem prontas. Conforme mostrado na tabela 2, cada minuto em atraso corresponde a um desconto na pontuação do item 5.

Tabela 2 – Relação de pontuação de acordo com o tempo de resposta para o Item 5

Pontuação Item 5					
Tempo em minutos	3	4	5	6	7
Grau	30	30	20	10	0

Fonte: Adaptado de Marinha do Brasil (2012).

Para conduzir os exercícios de CAV e quantificar a efetividade do método, o alarme de CAV original foi mantido como alarme para situações de incêndio e o novo alarme para situações de alagamento. O novo alarme foi acionado pelo Encarregado do CAV a partir de um dispositivo de áudio portátil localizado no Passadiço. O som foi transmitido pelo fonoclama do navio, alcançando todos os compartimentos do navio e garantindo que a tripulação estivesse plenamente ciente da simulação de alagamento em curso.

### 3.5 Desenvolvimento do novo alarme

A criação do novo alarme de alagamento teve como inspiração a música "YYZ" da banda *Rush*. Essa escolha foi motivada pelas características sonoras, notadamente elementos de sirene que se destacam na música. O objetivo foi criar um alerta sonoro capaz de provocar uma resposta ágil e enérgica em situações de emergência.

O processo de desenvolvimento do novo alarme utilizou o software *BandLab*, que contém ferramentas versáteis para edição e equalização de áudio. Foi adaptado um trecho específico da música "YYZ" às necessidades de frequências e intensidades requeridas, conforme identificado na análise espectral. Através da análise espectral, foi possível ajustar os parâmetros de frequência e intensidade do trecho ideal da música, criando assim um alarme personalizado.

Após ser realizada a gravação do Alarme 1 com o software de gravação de voz da *Apple*, foi utilizado o módulo de pós-processamento do software dBFa, versão 4.9.0.0. Esse software permitiu a exportação da gravação para o formato de uma planilha com extensão ".xlsx". Posteriormente, essa mesma abordagem foi aplicada para a análise do novo alarme (Alarme 2). As planilhas geradas a partir da exportação do dBFa continham um volume considerável de dados, totalizando 780.922 valores a serem processados. Cada planilha era composta por uma primeira coluna contendo informações sobre a frequência em Hertz (Hz), seguida de 121 colunas com as intensidades sonoras em decibéis (dBA). Essa organização permitia a correlação

de uma frequência com suas respectivas intensidades, detalhando as características acústicas dos alarmes em estudo.

A análise propriamente dita dos dados foi conduzida utilizando a linguagem de programação *Python*. Nesse contexto, foi criada uma programação que possibilitou realizar os cálculos das médias das intensidades sonoras em relação às frequências para plotagem dos espectros dos Alarmes 1 e 2.

No primeiro passo do código de programação em *Python* ilustrado na figura 19, os dados foram importados a partir das planilhas, cada uma representando as intensidades sonoras em função da frequência. A média das intensidades sonoras para cada frequência foi calculada com a função “*mean*” que considera cada linha do *DataFrame*. Isso significa que a média das intensidades será calculada para cada linha da planilha separadamente, resultando em uma série de médias correspondentes às frequências.

Figura 19 – Primeiro passo da programação em *Python*

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
import plotly.graph_objs as go

# Passo 1: Importando as duas planilhas

alarme1 = pd.read_excel('Espectros dos Alarmes1.xlsx')
alarme2 = pd.read_excel('Espectros dos Alarmes2.xlsx')

# Passo 2: Calcular a média das intensidades para cada frequência

media_alarme1 = alarme1.iloc[:, 1:].mean(axis=1) # Calcula a média das intensidades do alarme 1
media_alarme2 = alarme2.iloc[:, 1:].mean(axis=1) # Calcula a média das intensidades do alarme 2
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A representação visual dos espectros sonoros é realizada no “Passo 3”, ilustrado na figura 20, por meio da plotagem de gráficos através da função “*go.Scatter*” que utiliza as variáveis “*media\_alarme1*” e “*media\_alarme2*”, representando as médias das intensidades sonoras para cada frequência. Foram criados três gráficos distintos: o primeiro e o segundo códigos exibem os espectros sonoros de Alarme 1 e Alarme 2, respectivamente. O terceiro código exibe os dois espectros empilhados, permitindo uma análise comparativa das características acústicas dos alarmes.

Figura 20 - Passo três do código

```

# Passo 3: Plotagem dos Espectros

# Gráfico 1 - Espectro Sonoro do Alarme 1 (Azul)
trace1 = go.Scatter(x=alarme1['Frequência (Hz)'], y=media_alarme1, mode='lines', name='Alarme 1', line=dict(color='blue'))
layout1 = go.Layout(title='Espectro Sonoro do Alarme 1', xaxis=dict(title='Frequência (Hz)'), yaxis=dict(title='Intensidade (dBA)'))
fig1 = go.Figure(data=[trace1], layout=layout1)

# Gráfico 2 - Espectro Sonoro do Alarme 2 (Vermelho)
trace2 = go.Scatter(x=alarme2['Frequência (Hz)'], y=media_alarme2, mode='lines', name='Alarme 2', line=dict(color='red'))
layout2 = go.Layout(title='Espectro Sonoro do Alarme 2', xaxis=dict(title='Frequência (Hz)'), yaxis=dict(title='Intensidade (dBA)'))
fig2 = go.Figure(data=[trace2], layout=layout2)

# Gráfico 3 - Comparativo dos Espectros
trace3_1 = go.Scatter(x=alarme1['Frequência (Hz)'], y=media_alarme1, mode='lines', name='Alarme 1', line=dict(color='blue'))
trace3_2 = go.Scatter(x=alarme2['Frequência (Hz)'], y=media_alarme2, mode='lines', name='Alarme 2', line=dict(color='red'))
layout3 = go.Layout(title='Comparativo dos Espectros dos Alarme 1 e Alarme 2', xaxis=dict(title='Frequência (Hz)'), yaxis=dict(title='Intensidade (dBA)'))
fig3 = go.Figure(data=[trace3_1, trace3_2], layout=layout3)

# Exibir os gráficos
fig1.show()
fig2.show()
fig3.show()

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O último passo do código, ilustrado na figura 21, aborda a representação dos sonogramas através da função “*plt.imshow*”. Os sonogramas permitem visualizar como as intensidades sonoras variam ao longo do tempo e em diferentes frequências através de uma paleta de cores definida como “*viridis*” pela função “*plt.get\_cmap*”. Cada alarme é representado em um gráfico separado, destacando as variações temporais e espectrais do som emitido.

Figura 21 - Último passo do código

```

# Passo 4: Plotagem dos Sonogramas

plt.figure(figsize=(12, 10))

# Sonograma do Alarme 1
plt.subplot(4, 1, 1)
cmap = plt.get_cmap('viridis')
intensidade_max = max(alarme1.iloc[:, 1:].values.ravel())
plt.imshow(np.array(alarme1.iloc[:, 1:]).T, aspect='auto', cmap=cmap, origin='lower', extent=[0, len(alarme1), alarme1['Frequência (Hz)'].min(), alarme1['Frequência (Hz)'].max()], vmin=0, vmax=intensidade_max)
plt.colorbar(label='Intensidade (dBA)')
plt.title('Sonograma do Alarme 1')
plt.xlabel('Tempo (s)')
plt.ylabel('Frequência (Hz)')

plt.tight_layout()
plt.show()

# Sonograma do Alarme 2
plt.figure(figsize=(12, 10))
plt.subplot(4, 1, 4)
cmap = plt.get_cmap('viridis')
plt.imshow(np.array(alarme2.iloc[:, 1:]).T, aspect='auto', cmap=cmap, origin='lower', extent=[0, len(alarme2) - 1, alarme2['Frequência (Hz)'].min(), alarme2['Frequência (Hz)'].max()], vmin=0, vmax=intensidade_max)
plt.colorbar(label='Intensidade (dBA)')
plt.title('Sonograma do Alarme 2')
plt.xlabel('Tempo (s)')
plt.ylabel('Frequência (Hz)')

plt.tight_layout()
plt.show()

```

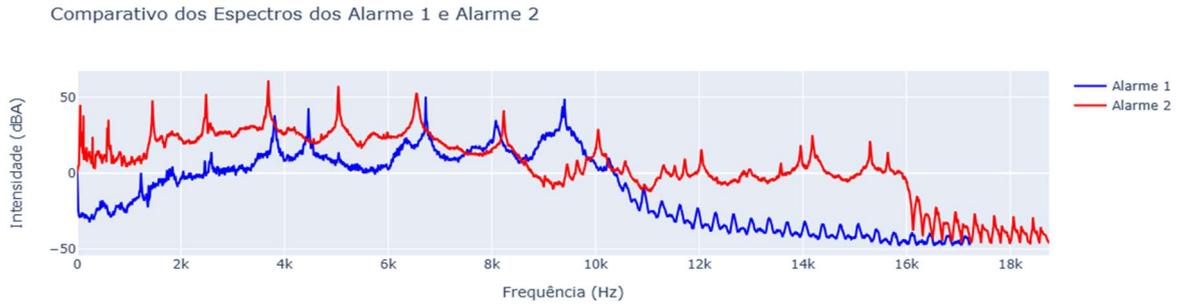
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados do código de programação e dos exercícios serão apresentados e discutidos no próximo capítulo, avaliando a eficácia do novo alarme de alagamento baseado na música "YYZ" da banda *Rush*. Tal abordagem busca combinar um avanço na ergonomia do sistema de controle com análise e processamento de dados de sons para melhorar a preparação e a resposta da tripulação a situações de emergência a bordo do navio.

## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Análise Espectral

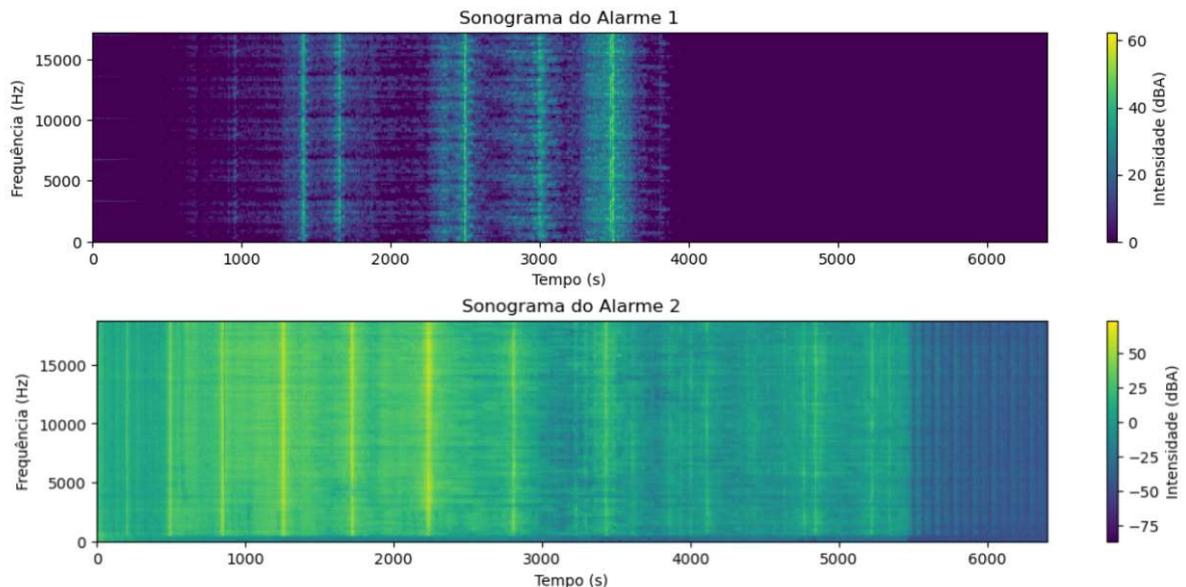
Gráfico 1 – Gráfico da análise espectral



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao examinar o comparativo dos espectros sonoros dos Alarmes 1 e 2, conforme ilustrado no gráfico 1, observa-se que o efeito desejado foi alcançado. O espectro do Alarme 2 está em consonância com a referência do Alarme 1, apresentando picos de intensidade nas faixas de frequência mais elevadas, notadamente entre 2.000 Hz e 6.000 Hz. Essa consonância é corroborada pela figura 22, que ilustra os sonogramas dos alarmes, destacando uma intensidade sonora superior no Alarme 2, como representado na paleta de cores.

Figura 22 – Comparativo dos sonogramas dos Alarmes 1 e 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Esse resultado demonstra com êxito a eficácia do desenvolvimento do novo alarme de alagamento (Alarme 2), que aderiu ao perfil de frequência e intensidade do Alarme 1, atendendo aos critérios estabelecidos no projeto e garantindo que o novo alarme cumpra sua função: alertar a tripulação de forma eficaz e imediata em situações de alagamento. Ao estarem localizados em frequências mais altas, os alarmes são mais perceptíveis aos ouvidos humanos, tornando-os notáveis mesmo em ambientes ruidosos.

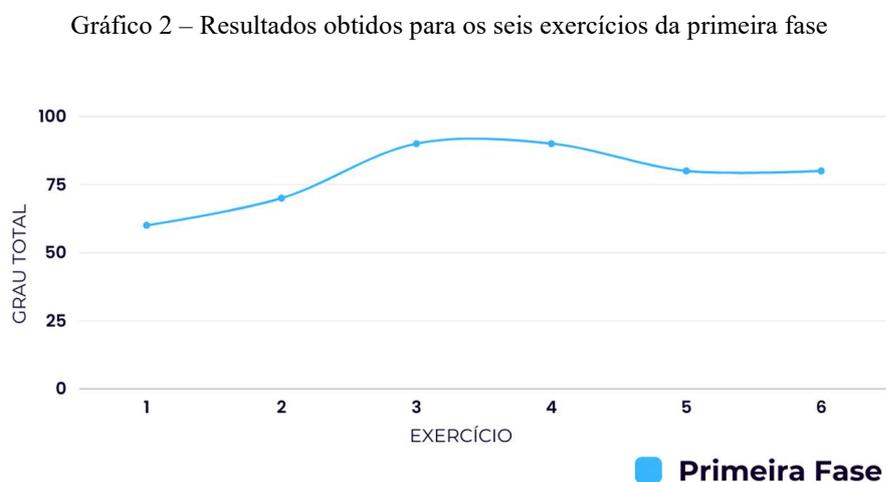
## 4.2 Exercícios de CAv

### 4.2.1 Primeira fase

A primeira fase de exercícios, realizada durante uma missão real conduzida pelo Navio Patrulha Oceânico Amazonas em agosto de 2023, seguiu os critérios de avaliação conforme a tabela 1. Os resultados detalhados podem ser encontrados no Apêndice A, que fornece uma visão abrangente dos graus obtidos.

Nesta primeira etapa, optou-se por utilizar o alarme original do navio sem qualquer modificação. Esse procedimento tinha como objetivo estabelecer um parâmetro de comparação que seria fundamental para avaliar as melhorias realizadas após a segunda fase dos exercícios. Todos os exercícios foram conduzidos na praça de máquinas, devido ao inerente risco de incêndio ou alagamento do compartimento.

Ao longo dessa fase, seis exercícios foram conduzidos de forma intercalada, iniciando com simulações de incêndio, seguidas por exercícios de alagamento, cada um realizado em dias distintos. Os resultados obtidos estão registrados no gráfico 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

É crucial também analisar o item 5 da tabela de avaliação, que fornece informações sobre o tempo de guarnecimento dos exercícios ilustrados no gráfico 2. Os graus apresentados na tabela 3 revelam uma relação direta entre o tempo de resposta das equipes e o grau total de eficiência do combate. Isso é totalmente coerente, uma vez que a capacidade de resposta rápida da equipe é um fator crítico na efetividade de qualquer operação de combate.

Tabela 3 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem “pronto e guarnecido” na primeira fase

Exercício	Grau obtido
Exercício 1 – Incêndio Classe “A”	0
Exercício 2 – Alagamento por furo no costado	10
Exercício 3 – Incêndio Classe “B”	20
Exercício 4 – Alagamento por rompimento em rede de água salgada	20
Exercício 5 – Incêndio Classe “C”	10
Exercício 6 – Alagamento por avaria em válvula de fundo	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A primeira fase dos exercícios realizados a bordo do Navio Patrulha Oceânico Amazonas durante a missão de agosto de 2023 forneceu informações que serviram de referência para avaliação da eficiência do novo alarme.

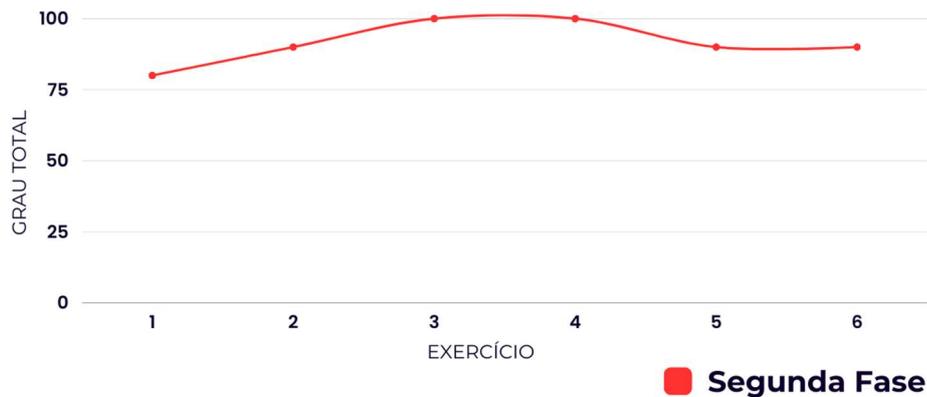
#### 4.2.2 Segunda fase

A segunda fase de exercícios ocorreu durante a travessia do Atlântico em direção ao continente africano, como parte da operação *Grand African Naval Exercise for Maritime Operations* realizada em setembro de 2023. Detalhes dos resultados obtidos podem ser encontrados no Apêndice B, que proporciona uma análise minuciosa dos graus obtidos.

Nesta etapa, foi utilizado o novo alarme específico para situações de alagamento, enquanto o alarme anterior de Combate a Avarias (CAv) permaneceu como o alarme de incêndio. Essa escolha tinha como propósito permitir uma comparação direta dos resultados com a primeira fase dos exercícios, além de verificar a funcionalidade do novo alarme em situações reais. Mais uma vez, todos os exercícios foram conduzidos na praça de máquinas, devido ao risco inerente de incêndio ou alagamento neste compartimento crítico.

A segunda fase dos exercícios foi conduzida de maneira semelhante a primeira, com a realização dos mesmos seis exercícios de forma intercalada. Os resultados obtidos foram registrados no gráfico 3.

Gráfico 3 – Resultados obtidos para os seis exercícios da segunda fase



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Observa-se que a tendência da curva na segunda fase seguiu um padrão semelhante ao da primeira fase, porém com graus significativamente maiores. Isso evidencia um aumento na eficácia da tripulação, especialmente nos primeiros exercícios, em decorrência do aprimoramento do alerta situacional após o primeiro treinamento. No entanto, assim como na primeira fase, a partir do quarto exercício, que se concentrou em situações de alagamento, observou-se um declínio nos graus. O Encarregado do CAv, responsável pela aplicação e avaliação dos exercícios, atribuiu novamente esse declínio à fadiga natural da tripulação devido à rotina intensa e às demandas próprias da missão.

A análise do item 5 da tabela de avaliação também é fundamental. Os graus de tempo de guarnecimento seguem a curva do grau total do gráfico 3, reforçando a correlação entre a eficiência do combate e o tempo de resposta das equipes. Além disso, é notável que os graus do item 5 também apresentaram aumento conforme a tabela 4:

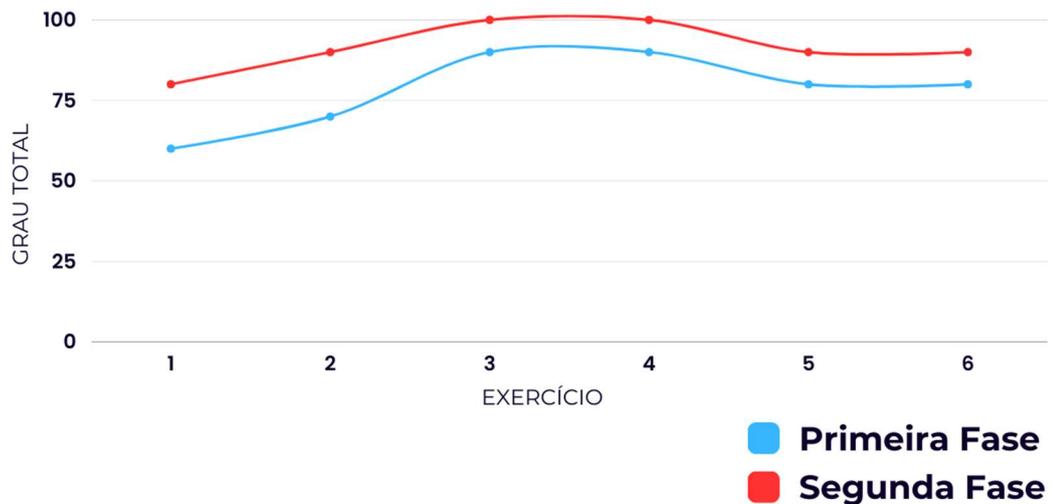
Tabela 4 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem “pronto e guarnecido” na segunda fase

Exercício	Grau obtido
Exercício 1 – Incêndio Classe “A”	20
Exercício 2 – Alagamento por furo no costado	20
Exercício 3 - Incêndio Classe “B”	30
Exercício 4 – Alagamento por rompimento em rede de água salgada	30
Exercício 5 - Incêndio Classe “C”	20
Exercício 6 – Alagamento por avaria em válvula de fundo	20

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Ao comparar as curvas dos resultados da primeira e segunda fase no gráfico 4 abaixo, é evidente um deslocamento para cima na segunda fase, indicando a eficácia de um alarme específico para alagamento no combate a avarias na praça de máquinas do Navio Patrulha Oceânico Amazonas.

Gráfico 4 – Comparativo entre os resultados da primeira e segunda fase



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Um alarme específico para alagamento representa um avanço significativo na capacidade do navio de responder efetivamente a situações críticas, fortalecendo assim sua missão de patrulha em águas oceânicas. A contínua avaliação e aprimoramento dos sistemas a bordo são vitais para garantir a segurança da tripulação e o cumprimento bem-sucedido das missões atribuídas.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho representou um avanço na busca por aprimorar a ergonomia do sistema de controle e monitoração de CAV do Navio Patrulha Oceânico Amazonas, da Marinha do Brasil. O objetivo principal foi desenvolver e implementar um alarme específico para alagamento, visando melhorar a capacidade de resposta da tripulação em situações de combate a avarias e, assim, elevar o nível de segurança das operações navais.

A introdução do novo alarme, baseada em princípios ergonômicos e acústicos, mostrou-se uma escolha estratégica e acertada. Os resultados indicam que o alarme é perceptível e eficaz em situações reais de alagamento, proporcionando à tripulação um alerta situacional mais eficiente.

É evidente que por mais consagrado e robusto que seja o sistema de controle, ainda assim possui limitações e podem ser propostas melhorias. Nesse contexto, a análise da ergonomia do sistema desempenhou um papel crucial ao identificar uma possibilidade de aprimoramento que não apenas aumentou a eficácia operacional, mas também reforçou a segurança da tripulação.

O aprimoramento da ergonomia de sistemas de controle para a Marinha do Brasil é multifacetada. Esse desenvolvimento contribui diretamente para a segurança e eficiência das operações navais e demonstra o compromisso contínuo com a inovação e a otimização de seus sistemas. Considerando os altos gastos envolvidos na operação de um navio, e frente às restrições orçamentárias que a Marinha do Brasil sofreu ao longo dos últimos anos. A busca por aprimoramentos técnicos que trazem grandes resultados é essencial para manter a excelência das operações navais, especialmente em um ambiente marítimo dinâmico e desafiador.

### 5.1 Sugestões para futuros trabalhos

As análises e conclusões apresentadas neste estudo demonstram que uma modificação simples no sistema de controle pode aprimorar significativamente sua eficácia operacional. Isso ressalta a importância da avaliação contínua das possibilidades de aprimoramento dos sistemas. Essas melhorias devem ser incorporadas por meio de atualizações, sendo que grande parte delas é resultado de sugestões feitas pelos próprios usuários.

Em um futuro próximo, a Marinha concluirá o projeto da Fragata Classe Tamandaré que

utilizará o mesmo sistema de controle de CAv que foi analisado. Portanto, é recomendável realizar uma nova análise ergonômica desse sistema, a fim de solucionar eventuais desafios relacionados à apresentação das informações visuais pelo sistema que não foram estudadas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Bruno P. de. **As relações entre o homem e a natureza e a crise sócio-ambiental**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico de Laboratório de Biodiagnóstico em Saúde) - Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação e Instituto Oswaldo Cruz (FioCruz), Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **O que é ergonomia?** Rio de Janeiro: 2023. Disponível em: <https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia>. Acesso em: 8 jul. 2023.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2º edição. São Paulo: Blucher, 2018.

CVACH, Maria. Monitor alarm fatigue: An integrative review. **Biomedical Instrumentation & Technology**, v. 46, n. 4, p. 268-277, 2012. Disponível em: <https://array.aami.org/doi/10.2345/0899-8205-46.4.268>. Acesso em: 18 set. 2023.

IMO. **International Convention of Safety of Life at Sea – SOLAS**. Consolidated Edition. ed. Londres: International Maritime Organization, 2004.

IMO. **Revision of the performance standards for INS and IBS**. International Maritime organization. Londres. 2007. (NAV 53/INF.5).

KRISTENSEN, Michael Sonne; EDWORTHY, Judy; ÖZCAN, Elif. Alarm fatigue in the ward: An acoustical problem? **SoundEffects-An Interdisciplinary Journal of Sound and Sound Experience**, v. 6, n. 1, p. 88-104, 2016. Disponível em: <https://www.soundeffects.dk/article/view/24915>. Acesso em: 18 set. 2023.

LENS.ORG. Scholarly Works Over Time (ergonomics). 2023. Disponível em: <https://www.lens.org/lens/search/scholar/list?q=ergonomics>. Acesso em: 12 out. 2023.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão. **CAAML-1202: Manual de Combate a incêndio**. 2ª Rev. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017

MARINHA DO BRASIL. Comando da Força de Superfície. **Ofício nº30-63/2012**. Rio de Janeiro, RJ: Comando da Força de Superfície, DD MMM. 2012. Assunto: Exercícios Operativos Setor de CAV. Destinatário: Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão.

RAYO, Michel F.; MOFFATT-BRUCE, Susan D. Alarm system management: Evidence-based guidance encouraging direct measurement of informativeness to improve alarm response. **BMJ Quality & Safety**, v. 24, n.4, p.282-286, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25734193/>. Acesso em: 18 set. 2023.

RITTER, F. E.; BAXTER, G. D.; CHURCHILL, E. F. (2014). **Foundations for designing user-centered systems**. Springer.

SANZ-SEGURA, Rosana; MANCHADO-PÉREZ, Eduardo; ÖZCAN, Elif. Design framework for audible alarms: A multidisciplinary and integrated approach. **International Journal of**

**Design**, v. 16, n. 2, p. 15-32, 2022. Disponível em: <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/3911>. Acesso em: 18 set. 2023.

SANZ-SEGURA, Rosana; ÖZCAN, Elif. Alarm response in critical care: Obstacles for compliance. In: COTRIM, T.; SERRANHEIRA, F.; SOUSA, P.; HIGNETT, S.; ALBOLINO, S.; TARTAGLIA, R. (eds) **Health and Social Care Systems of the Future: Demographic Changes, Digital Age and Human Factors**. HEPS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1012. Springer, 2019. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24067-7\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24067-7_9). Acesso em: 18 set. 2023.

SCHNITTKER, Raphaela; MARSHALL, Stuart Duncan; HORBERRY, Tim; YOUNG, Kristie. Decision-centred design in healthcare: The process of identifying a decision support tool for airway management. **Applied Ergonomics**, v. 77, 70-82, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687019300195>. Acesso em: 18 set. 2023.

SOUSA, Bruno; DONATI, Alessandro; ÖZCAN, Elif; EGMOND, René van; JANSEN, Reinier; EDWORTHY, Judy; PELDSZUS, Regina; VOUMARD, Yann. Designing and deploying meaningful auditory alarms for control systems. In: Cruzen, C., Schmidhuber, M., Lee, Y., Kim, B. (eds) **Space Operations: Contributions from the Global Community**. Springer, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-51941-8\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-51941-8_12). Acesso em: 18 set. 2023.

## APÊNDICE A – GRAUS OBTIDOS NA PRIMEIRA FASE DE EXERCÍCIOS

<b>Exercício 1 – Incêndio Classe “A”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	20
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	20
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	0
<b>Grau total:</b>		<b>60</b>

<b>Exercício 2 – Alagamento por furo no costado</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	20
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	20
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	10
<b>Grau total:</b>		<b>70</b>

<b>Exercício 3 – Incêndio Classe “B”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>90</b>

<b>Exercício 4 – Alagamento por rompimento em rede de água salgada</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>90</b>

<b>Exercício 5 – Incêndio Classe “C”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	10
<b>Grau total:</b>		<b>80</b>

<b>Exercício 6 – Alagamento por avaria em válvula de fundo</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	10
<b>Grau total:</b>		<b>80</b>

## APÊNDICE B – GRAUS OBTIDOS NA SEGUNDA FASE DE EXERCÍCIOS

<b>Exercício 1 – Incêndio Classe “A”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	20
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	20
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>80</b>

<b>Exercício 2 – Alagamento por furo no costado</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>90</b>

<b>Exercício 3 – Incêndio Classe “B”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	30
<b>Grau total:</b>		<b>100</b>

<b>Exercício 4 – Alagamento por rompimento em rede de água salgada</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	30
<b>Grau total:</b>		<b>100</b>

<b>Exercício 5 – Incêndio Classe “C”</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>90</b>

<b>Exercício 6 – Alagamento por avaria em válvula de fundo</b>		
Item	Grau máximo	Grau obtido
1 – Cumprimento da regra de trânsito a bordo	10	10
2 – Rápido estabelecimento das comunicações	25	25
3 – Eficiência na preparação do material para o combate	25	25
4 – Rapidez na preparação do uniforme de combate	10	10
5 – Variação de tempo a partir do padrão para que todas as estações informem o “pronto e guarnecido”	30	20
<b>Grau total:</b>		<b>90</b>