UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM MONTAGEM INDUSTRIAL

JOÃO PEDRO NOGUEIRA

# PROPOSTA DE UM MODELO DE COMISSIONAMENTO PARA O SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO DE UM SUBMARINO CONVENCIONAL

NITERÓI, RJ
2018

JOÃO PEDRO NOGUEIRA

# PROPOSTA DE UM MODELO DE COMISSIONAMENTO PARA O SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO DE UM SUBMARINO CONVENCIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Montagem Industrial da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Montagem Industrial. Área de concentração: Métodos e Processos de Fabricação e Montagem.

Orientador:
Prof. (D.SC) Paulo Roberto Duailibe Monteiro

NITERÓI, RJ
2018

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF**

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE

N778p Nogueira, João Pedro
PROPOSTA DE UM MODELO DE COMISSIONAMENTO PARA O SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO DE UM SUBMARINO CONVENCIONAL / João Pedro Nogueira ; Paulo Roberto Duailibe Monteiro, orientador. Niterói, 2018.
99 f. : il.

Dissertação (mestrado profissional)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

DOI: http://dx.doi.org/10.22409/PMI.2018.mp.63658712791

1. Comissionamento. 2. Submarino. 3. Ar comprimido. 4. Produção intelectual. I. Título II. Monteiro,Paulo Roberto Duailibe , orientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia.

CDD -

Bibliotecária responsável: Fabiana Menezes Santos da Silva - CRB7/5274

JOÃO PEDRO NOGUEIRA

# PROPOSTA DE UM MODELO DE COMISSIONAMENTO PARA O SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO DE UM SUBMARINO CONVENCIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Montagem Industrial da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Montagem Industrial. Área de concentração: Métodos e Processos de Fabricação e Montagem.

Aprovado em de de 2018.

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. D.Sc. Paulo Roberto Duailibe Monteiro
Universidade Federal Fluminense
(Orientador)

_____
Prof. D.Sc. Walber Paschoal da Silva
Universidade Federal Fluminense

_____
Prof. D.Sc. Agnaldo Borges da Silva
Consultor Técnico da Ossthech LTDA
Membro externo ao Programa

**Dedico este trabalho**

Às minhas filhas Andressa e Pâmela e à minha esposa Márcia por todo apoio e carinho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

À UFF que permitiu a concretização de um sonho.

Aos meus pais, minhas filhas e minha esposa que sempre confiaram em mim e me deram apoio para jamais desistir dos meus ideais.

Ao meu orientador, Paulo Roberto Duailibe Monteiro, que esteve comigo compartilhando não só conhecimentos como também seu tempo e disposição para concluirmos esta tarefa.

Ao professor (D.Sc.) Agnaldo Borges da Silva e ao professor (D.Sc.) Walber Paschoal da Silva, que se dispuseram em estarem presentes em minha banca.

À Marinha do Brasil que ao longo do tempo possibilita o meu desenvolvimento profissional.

E a todos os professores, servidores e colegas de turma do curso de Mestrado em Montagem Industrial da Universidade Federal Fluminense.

## RESUMO

Devido a constante preocupação em dar transparência e resultados nos projetos que são desenvolvidos através da incipiente indústria de defesa, o comissionamento na construção de submarinos é considerado de fundamental importância na definição e aplicação dos procedimentos, testes e inspeções que irão contribuir para o sucesso do empreendimento. Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo investigar os procedimentos necessários para garantir a operabilidade do subsistema operacional (SSOP) de produção e armazenamento de ar de alta pressão, instalado em uma plataforma de submarino convencional de propulsão diesel elétrica, e propor um modelo de matriz de comissionamento com os requisitos essenciais para seu correto funcionamento, com níveis de desempenho e segurança adequados. Para tanto, foi investigado um estaleiro construtor de submarinos que comissiona subsistemas desse tipo, esclarecendo quais são as rotinas, especificações, normas e procedimentos empregados. O trabalho trata-se de um “Estudo de Caso” com abordagem qualitativa. Foram realizadas visitas técnicas e entrevistas semiestruturadas no Estaleiro X. Os resultados da pesquisa foram tratados com base na técnica de análise de conteúdo, permitindo a identificação de 6 (seis) temas que confrontados com a literatura pesquisada, a partir do método de triangulação, foi possível desenvolver a matriz modelo de comissionamento. Desta forma, espera-se colaborar com a identificação do “estado da arte” em comissionamento desse tipo de subsistema, sintetizando os procedimentos e boas práticas de engenharia neste campo.



**Palavras-chave**: Ar comprimido, Plantas de processo, Submarino convencional, Comissionamento.

## ABSTRACT

Due to the constant concern to provide transparency and results in projects that are developed through the incipient defense industry, the commissioning in the construction of submarines is considered of fundamental importance in the definition and implementation of procedures, tests and inspections that will contribute to the success of the project. In this scenario, the objective of this work is to investigate the procedures required to ensure the operability of the high-pressure air production and storage operational subsystem (SSOP) installed in a conventional electric diesel propulsion submarine platform and propose a commissioning matrix model with the essential requirements for its correct functioning, with adequate levels of performance and safety. In order to do so, we investigated a submarine builder which do commissioning subsystems of this type, clarifying which are the routines, specifications, norms and procedures employed. This work is a "Case Study" with a qualitative approach. Technical visits and semi-structured interviews were carried out at Shipyard X. The results of the research were treated based on the technique of content analysis, allowing the identification of 6 (six) topics that confronted the researched literature, using the triangulation method, it was possible to develop the model commissioning matrix. In this way, it is hoped to collaborate with the identification of the "state of the art" in commissioning of this type of subsystem, synthesizing procedures and good engineering practices in this field.



**Keywords:** Compressed air, Process Plants, Commissioning. Conventional submarine.

# SUMÁRIO

**1 INTRODUÇÃO ..... 13**
**1.1 OBJETIVOS ..... 13**
**1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO ..... 14**
**1.3 RELEVÂNCIA DO TRABALHO ..... 15**
**2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA ..... 16**
**2.1 SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO ..... 24**
**2.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS DE SUBMARINO ..... 26**
**2.3 INTEGRIDADE DO SUBMARINO ..... 30**
**2.4 COMISSIONAMENTO EM PLATAFORMA DE SUBMARINO ..... 31**
2.4.1 Principais componentes e descrição do processo de Comissionamento do subsistema de Produção e Armazenamento de Ar de Alta Pressão do submarino ..... 31
2.4.2 Sistemas que mantem interface com o subsistema de Produção e Armazenamento de Ar de Alta Pressão do submarino ..... 35
**2.4.3 Aplicação da metodologia de Comissionamento em Submarinos Convencionais ..... 36**
2.4.4 Definições dos procedimentos aplicados ao comissionamento ..... 40
2.4.5 Planejamento e documentação de comissionamento ..... 43
2.4.6 Condicionamento ..... 45
2.4.7 Pré-operação e partida do sistema (provas de cais) ..... 45
2.4.8 Operação assistida (provas de mar) ..... 46
2.4.9 Divisão de sistemas e subsistemas de uma plataforma de submarino ..... 46
**2.5 TEORIA DO ESTUDO DE CASOS ..... 47**
**3 MÉTODOS EMPREGADOS NA PESQUISA ..... 48**
**4 MODELAGEM DA MATRIZ DE COMISSIONAMENTO ..... 50**
**4.1 SISTEMA PROPOSTO ..... 50**
**4.2 PESQUISA E TRATAMENTO DE DADOS ..... 50**
**4.3 MODELO ESTUDADO ..... 69**
**4.4 SOLUÇÃO PROPOSTA ..... 70**
**6 CONCLUSÕES ..... 91**
**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 92**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Entendendo o Comissionamento como fase de Projeto.....17
Figura 2 - Avanço de C&M X Comissionamento - Visão Tradicional.....18
Figura 3 - Avanço da C&M X Comissionamento - Novo Paradigma .....20
Figura 4 - Exemplo Metodológico para Aplicação do Comissionamento durante o Ciclo de Vida do Projeto. .....22
Figura 5 - Método do Comissionamento. .....23
Figura 6 - Tipos mais comuns de compressores, dividido de acordo com seus principais trabalhos. .....25
Figura 7 - Fases do Ciclo de Vida de um Projeto de Submarino. .....28
Figura 8 - Modelo de uma Plataforma de Submarino Convencional.....28
Figura 9 - Desenho Esquemático das Fases de Construção Estrutural. .....29
Figura 10 - Fases de construção estrutural conforme esquematizadas na Figura 9.....29
Figura 11 - Projeto simplificado de SSOP de ar de alta pressão de um submarino. .....31
Figura 12 - Compressor Alternativo de Quatro Estágios, série WP4253/54 utilizados nos submarinos classe IKL modelo 209.....34
Figura 13 - Diagrama funcional em bloco do subsistema do compressor.....35
Figura 14 - Interação entre as Disciplinas.....36
Figura 15 - Macrofluxo do Empreendimento.....38
Figura 16 - Mapeamento do Processo de Comissionamento.....39
Figura 17 - EAP de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão.....43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Planejamento e documentação de comissionamento .....27
Quadro 2 - Planejamento da documentação de comissionamento do EAP.....44
Quadro 3 -Temas e Categorias de Análise.....53
Quadro 4 - Matriz de testes da National Shipbuilding Researchprogram.....69
Quadro 5 - Matriz de Comissionamento..... 71
Quadro 6 - Identificação dos entrevistados .....87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição do Processo de Comissionamento .....88
Gráfico 2 – Atividades de condicionamento .....88
Gráfico 3 – Atividades de comissionamento .....89
Gráfico 4 - Participação das fontes de pesquisa na Matriz .....89

# LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIP - Air Independent Propulsion - Propulsão Independente de Ar

ASHRAE - Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenheiros de Ar Condicionado

ASME - American Society of Mechanical Engineers

CCM - Certificado de completação mecânica

C&M - Construção e montagem

DEN - departamento de engenharia naval

DWT - Deadweight tonnage

EAP - Estrutura Analítica de Projeto

E&P - Engenharia e Projeto

EPC - Engenharia, Suprimento e Construção.

FMEA - Analise dos modos de falhas e defeitos

FVI - Folha de verificação de item

FVM - Folha de verificação de malha

HAT - Harbour Acceptance Tests

IKL - Ingenieur Kontor Lubeck

LAAD - Defense &Security - Defense and Security International Exhibition

MBT- Tanques de lastro principal

MIL-STD - Militar Standard

PROSUB - Programa de Desenvolvimento de Submarinos

PSV - Pressure Safety Valve

SAT- Sea Acceptance Tests

SN-BR - Submarino Nuclear de ataque

STW - Setting Work

SOP - Sistema Operacional

SSOP - Subsistema Operacional

TAF - Teste de aceitação em fábrica

TI - Tecnologia a Informação

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com a crescente preocupação em estabelecer estratégias que agreguem valor aos projetos que visam à consolidação da indústria de defesa, percebe-se uma necessidade de estudos relacionados aos processos das Forças Armadas no que concerne à sustentabilidade tecnológica de seus projetos estratégicos hoje em andamento. Assim, segundo o ex-ministro da Defesa, Jaques Wagner, em seu discurso de 14 de abril de 2015 na 10ª edição da feira LAAD Defense & Security, maior evento do setor da América Latina afirmou:

> Essa tecnologia que chega ao Brasil por meio da indústria de Defesa qualifica pessoas, prepara quadros de nível elevado e desenvolve o saber nacional, o que, inevitavelmente, será transferido também para a indústria como um todo. É assim em outros países e será assim também no Brasil.

Como parte do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), a construção de submarinos convencionais tem como fator fundamental o desenvolvimento das habilidades necessárias que permitirá a construção da plataforma do Submarino Nuclear de ataque (SN-BR). Desta forma, o presente trabalho de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de um submarino convencional visa contribuir com a ascensão da curva de aprendizado.

## 1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo investigar os procedimentos de testes e provas necessários para garantir a operabilidade do Subsistema Operacional (SSOP) de produção e armazenamento de ar de alta pressão, instalado em plataforma de submarino convencional de propulsão diesel elétrica, e propor um modelo de matriz de comissionamento com os requisitos mínimos necessários para seu correto funcionamento. Nesta procura espera-se colaborar com a identificação do “estado da arte” em comissionamento desse tipo de subsistema, sintetizando os procedimentos

e boas práticas de engenharia empregada neste campo. Propondo assim, um processo de comissionamento que atenda aos requisitos estabelecidos.

No comissionamento dos subsistemas operacionais (SSOP's) de produção e armazenamento de ar de alta pressão é possível identificar a sequência de procedimentos de testes e provas empregados em um estaleiro construtor de submarinos. Sendo assim, o problema a ser superado consiste em: Conhecer os processos que configuram uma abrangência capaz de atender aos requisitos da sociedade classificadora, cumprindo também o estabelecido no apêndice 1 (Provas de cais e mar) da NR 535 DT R00 e da Bureau Veritas, a fim de garantir a operabilidade em níveis estabelecidos de desempenho, segurança e os descritos no manual S0300-B2-MAN-010 Rev. 2 Chapter 10 Testing, Trials and Delivery (NAVSEA, 2017).

O estudo delimita-se na elaboração de uma matriz que descreva o conjunto mínimo de procedimentos, normas, verificações, inspeções, testes e provas necessárias para este comissionamento. A análise baseia-se nos resultados de uma pesquisa exploratória de Estudo de Caso que considera diferentes setores de um mesmo estaleiro - setor de construção e setor de reparo, e ainda dados encontrados nas literaturas pertinentes pesquisadas.

A partir do problema de pesquisa e com o objetivo de identificar o fluxo de processo do Comissionamento de um subsistema em questão, serão investigados os procedimentos adotados por diferentes setores de um mesmo estaleiro, a saber: setor de construção e setor de reparo. Nesta pesquisa busca identificar o "estado da arte" em comissionamento, apresentando os requisitos mínimos necessários para garantir que os procedimentos técnicos e de segurança do meio naval e da tripulação sejam atendidos.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A hipótese básica para o desenvolvimento da matriz modelo em questão é que, considerando todos os procedimentos adotados pelo estaleiro estudado, entrevistas realizadas e documentações obtidas formariam o conjunto necessário para garantir

que os requisitos mínimos técnicos e de segurança do meio naval e da tripulação sejam atendidos.

Assim, o trabalho foi organizado da seguinte forma:

No primeiro capítulo é apresentado um contexto geral do cenário em que se insere a pesquisa e ainda outros aspectos introdutórios, como seu objetivo e sua importância.

O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica, com esclarecimentos acerca da fundamentação teórica do estudo, de modo a possibilitar a compreensão do funcionamento básico dos processos do sistema de ar de alta pressão em uma plataforma de submarino convencional.

Na sequência, o terceiro capítulo dedica-se aos métodos empregados na pesquisa, demonstrando como a pesquisa foi desenvolvida através das ferramentas de comissionamento.

No quarto capítulo apresenta-se a modelagem da matriz empregada no trabalho.

No quinto capítulo são apresentados os resultados e discussões. E finalmente no sexto e último capítulo as conclusões do trabalho.

## 1.3 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

No que concerne à importância do estudo, por ter sido realizada reduzida quantidade de trabalhos acadêmicos referentes ao tema proposto, e não tendo estes uma correlação direta com os modelos de comissionamentos de unidades industriais, espera-se que o esforço empreendido contribua com trabalhos futuros que visem adquirir a expertise necessária para que a indústria de defesa nacional possa cumprir o seu desafiador papel na construção de submarinos militares.

Desta forma, almeja-se identificar um modelo de matriz de atividades de comissionamento que possibilite uma melhor e segura operabilidade quando da efetiva utilização do subsistema.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo da história percebeu-se a transformação conceitual do termo latino “committere” que, inicialmente, significava “confiar”, e, por extensão, “atribuir cargo ou missão de confiança”. Ao passar para o idioma anglo-saxão como “commissioning”, no meio naval, adquiriu a conotação, de “entregar um navio ao serviço ativo”, indicando claramente o componente de confiança embutido neste ato. Assim, quando uma embarcação ou navio que estava sendo preparado para viagem ficava pronto para demandar ao mar, com todas as suas necessidades cumpridas, quer sejam estruturais, acessórios de convés ou provisões, tais como: os alimentos, os remédios, as vestimentas, cartas de navegação, manuais náuticos, e demais necessidades. Caso todos os requisitos estejam satisfeitos o comandante dirá, em seu jargão naval, que o navio está “comissionado”, ou seja, preparado para cumprir sua missão (BRITO, 2008).

Na medida em que os meios navais recebiam novos equipamentos e gradualmente agregavam tecnologias, os estaleiros foram criando estruturas de serviços divididas em disciplinas. Após realizados os testes, provas de cais e provas de mar, a disciplina denominada Grupo de Testes com a disciplina Controle de Qualidade eram responsáveis pela liberação dos navios para operação.

Em 1982, a Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenheiros de Ar Condicionado (ASHRAE), iniciou formalmente a documentação das melhores práticas, a fim de desenvolver as diretrizes, visando à padronização do processo de comissionamento. Desta forma, publicou a norma ASHRAE,1989 com as versões originais das suas orientações para o processo de comissionamento atualizada e revisada na ASHRAE, 1996. De acordo com a ASHRAE, 1996, o Processo de Comissionamento detalhado nestas documentações é o resultado da experiência em projetos que foram trabalhados desde o início até a entrega ao proprietário. Este Processo de Comissionamento é, além disso, baseado na experiência com projetos que atenderam aos requisitos de proprietários, ocupantes, usuários de processos e organizações operando em de serviço de manutenção em organizações de um elevado nível de satisfação tendo reduzido o custo para entrega do projeto. Em 2008, tornou-se evidente que uma norma com os requisitos mínimos

para um processo de comissionamento era necessária para suportar muitos outros padrões e programas. A norma ASHRAE (2012) apresenta os requisitos mínimos para o processo de comissionamento sem focar um tipo específico de edifício, sistema ou conjunto, ou em tamanhos específicos do projeto. Suplementarmente as orientações técnicas têm sido e continuam a ser desenvolvidas para fornecer informações específica e detalhada sobre como implementar o processo de comissionamento para cada grande construção / instalação, sistema ou conjunto, e por vários estágios de desenvolvimento e operação de instalações. O escopo e orçamento para o gerenciamento do processo de comissionamento são definidos pela empresa responsável contratada desde o início do processo de desenvolvimento.

Segundo ScottMadden (2009), o Comissionamento é entendido como uma fase do ciclo de vida de um projeto, dentro do qual estão inseridas as atividades de certificação e testes de operação dos equipamentos, fornecimento de documentação de operação e manutenção de equipamento, além da partida assistida, (Figura 1). De acordo com Francis (2006), o comissionamento da planta pode ser visto como o processo mais curto no ciclo de vida e, portanto, é considerado um momento crítico e de difícil gestão.

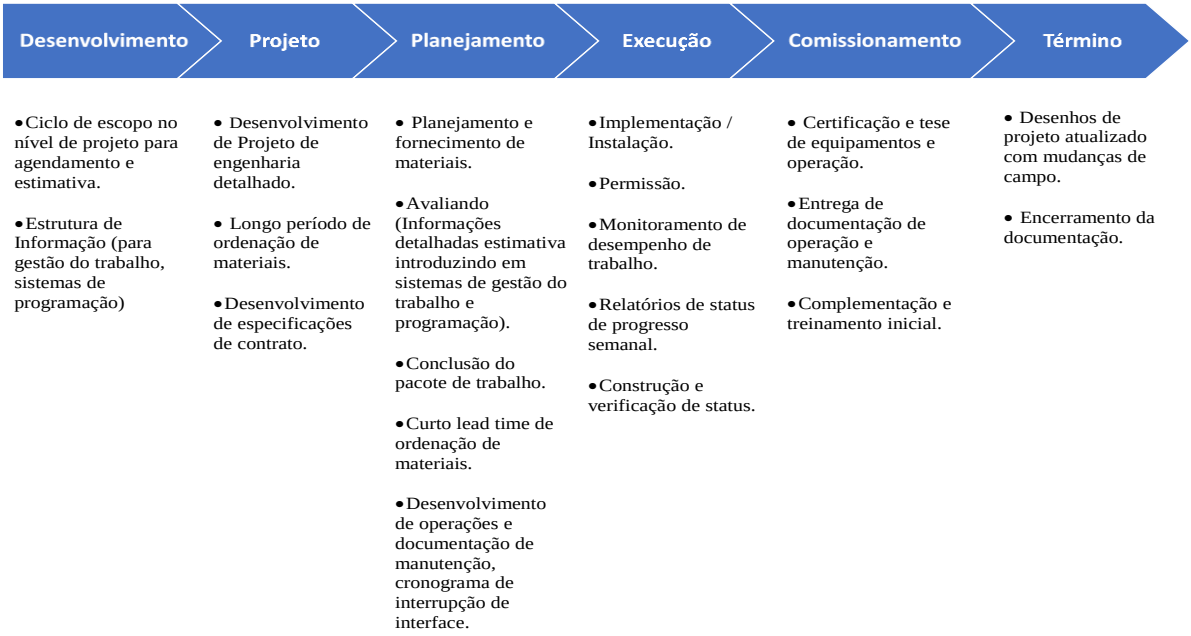



Figura 1- Entendendo o Comissionamento como fase de Projeto
Fonte: Adaptado de ScottMadden (2009).

Na visão tradicional do que seria o comissionamento em empreendimentos industriais, Bendiksen e Young (2005, p.15) afirmam que “Tradicionalmente, o comissionamento é visto como uma atividade que é executada imediatamente antes da equipe de Operação assumir o *Startup*”.

Segundo Gaete e Prates (2007), a visão tradicional do Comissionamento era a de que as práticas adotadas no mercado caracterizavam-se basicamente por início tardio, pouco planejamento, falta de preparação para entrada em serviço, falta de integração entre as atividades de C&M, falta de compreensão da natureza do processo, uso de conhecimento não estruturado, tático e empírico, subordinação do comissionamento as prioridades da C&M e falta de continuidade com a operação subsequente da instalação. Ou seja, o comissionamento era visto apenas como um conjunto de testes pré-operacionais, se tornando um processo isolado do restante do empreendimento. Conforme pode ser verificado na Figura 2.

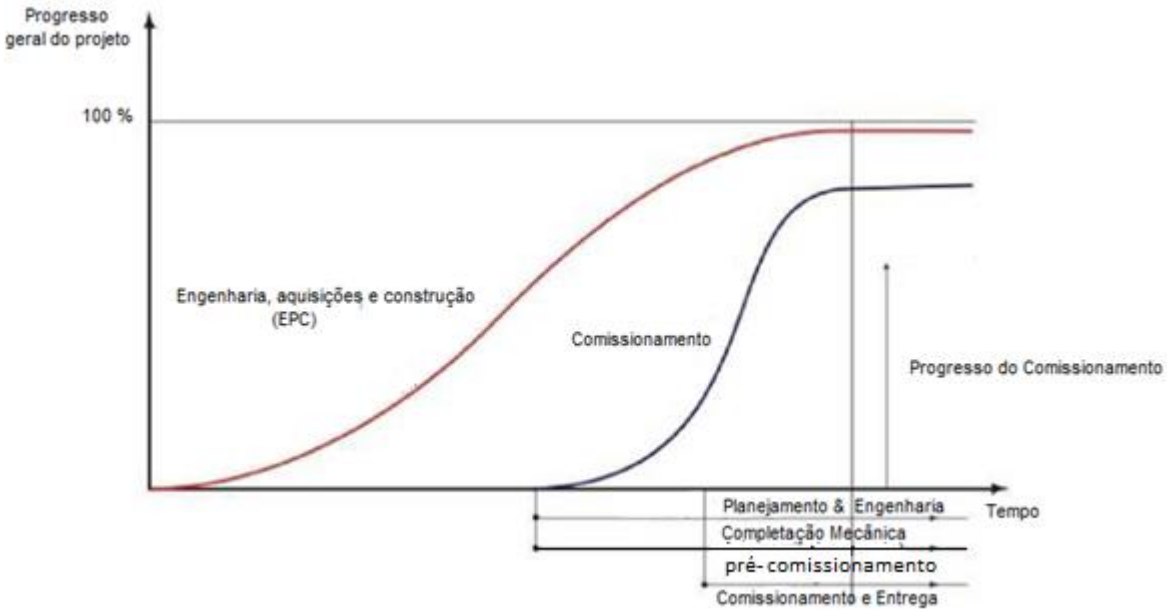



Figura 2 - Avanço de C&M X Comissionamento - Visão Tradicional
Fonte: Gaete e Prates (2007).

Desta forma, a visão tradicional representada na Figura 2 demonstra o fluxo de progresso de um empreendimento na qual a empresa contratada na modalidade de Engenharia, Suprimento e Construção (EPC) inicia as suas atividades bem antes do comissionamento, que ao iniciar tardiamente não acompanhou determinadas fases do projeto, perdendo o histórico e em muitos casos até mesmo a rastreabilidade de itens

comissionáveis. A sobreposição das atividades de comissionamento causada pelo hiato entre o início da C&M e o processo de comissionamento, gera grandes transtornos e surpresas desagradáveis ao se aplicar os procedimentos de testes e provas, perdendo-se a confiabilidade e retardando a entrega do ativo.

Segundo Aguiar (2010), tradicionalmente o comissionamento era entendido como um conjunto de atividades executadas nas fases finais de construção e montagem do empreendimento. O sucesso ou fracasso dependiam principalmente da experiência e do conhecimento técnico da equipe de comissionamento envolvida, na qual todas as fichas eram depositadas e muitas das vezes sem um suporte adequado de métodos, procedimentos e ferramentas específicas.

Assim, com um planejamento insuficiente, entrada tardia do comissionamento, falta de uma integração plena com a disciplina de Construção & Montagem, associada a uma metodologia inadequada de trabalho, verificava-se inúmeras vezes situações caóticas ao final do empreendimento com grandes atrasos e custos elevados, resultando no comprometimento da qualidade e operabilidade final da planta ou unidade.

A partir do início da década de 90, a disciplina de Comissionamento passou efetivamente a atuar de maneira expressiva, nas grandes instalações, principalmente na área de óleo e gás. Desta forma, a visão da entrega das instalações começou a ser encarada de uma maneira mais sistêmica (BRITO et al., 2010).

As fases de condicionamento, pré-operação, partida e a transferência das instalações para o operador, ganharam uma maior importância, passando a ser vistas como etapas críticas, na implantação de uma unidade industrial. Isso se deve, dentre muitas razões, por que é durante as fases de pré-operação e partida de uma unidade que as falhas de projeto, construção e montagem tendem a aparecer.

Para garantir uma pré-operação sem grandes dificuldades, se faz necessário um comissionamento eficiente, sendo então requerido um planejamento estratégico apropriado e um bom gerenciamento. Logo, para a garantia de um bom comissionamento e uma transferência das instalações para o operador de maneira segura, ordenada e plenamente operacional, é necessário que considerações de comissionamento sejam implantadas já na fase de projeto de engenharia, garantindo assim que a disciplina de comissionamento possa desde então montar uma estrutura

analítica de projeto com ênfase em planejamento e integração com a C&M, aplicando conhecimentos específicos e técnicas da garantia da qualidade. (BRITO et al., 2010)

Para Gaete e Prates (2007), este recente progresso do comissionamento está diretamente ligado ao surgimento de diversas empresas especializadas, utilizando as novas ferramentas de TI. Desta forma, verificou-se um desenvolvimento e amadurecimento de métodos e técnicas de planejamento, execução e controle das atividades envolvidas. Sendo essas atividades executadas por equipes especializadas e fundamentadas em procedimentos técnicos formais e padronizados, devidamente coordenadas e supervisionadas.

A Figura 3 ilustra a participação do comissionamento já na fase de projeto básico, planejamento & engenharia, pré comissionamento e comissionamento. Com isso, pode esta disciplina estudar e entender o projeto como um todo, planejando e definindo o escopro das atividades a serem executadas, fazendo um planejamento para cada fase do comissionamento, estruturando a equipe e garantindo que o comissionamento tenha o foco necessário desde o primeiro dia do projeto.

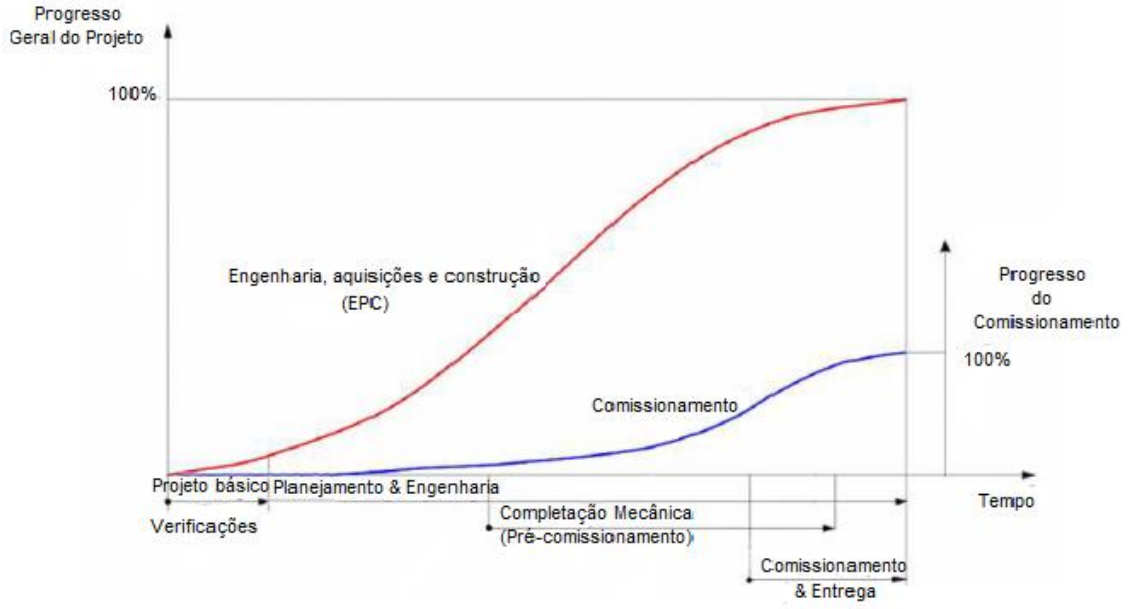



Figura 3 - Avanço da C&M X Comissionamento - Novo Paradigma
Fonte: Gaete e Prates (2007).

Na visão atual representada na Figura 3, tanto o fluxo de progresso do empreendimento liderado pela empresa contratada na modalidade (EPC), quanto o processo de comissionamento, tem seu início no mesmo ponto da linha de tempo. Com isso, a disciplina de comissionamento poderá se estruturar de maneira eficaz

para a aplicação dos procedimentos de testes e provas que se fazem necessário, de maneira ordenada e progressiva sem perda do histórico e rastreabilidade dos itens comissionáveis. Com este novo paradigma o processo de comissionamento apresenta uma confiabilidade, garantindo a transferência do empreendimento com segurança e qualidade no tempo e custo contratado.

> Tradicionalmente o comissionamento foi visto como uma atividade que é executada imediatamente antes da operação de partida dos sistemas. Surpreendentemente, isso ainda é uma opinião generalizada entre os gerentes de projeto, não somente em organizações de projeto como também dentro de organizações operacionais.
> Custos ou perdas muito consistentemente analisadas mostram que é durante o comissionamento que o potencial de perdas se manifestará. Esta é a fase onde as falhas de projeto e os erros de construção aparecerão [...]. Este fato deveria ser o alerta para qualquer equipe de gerenciamento, em termos de garantir, que o comissionamento tenha o foco necessário desde o primeiro dia do projeto (BENDIKSEN & YOUNG, 2015).

Segundo Jeannette (2011), o comissionamento é um processo sistêmico e abrangente que verifica e documenta a funcionalidade de uma instalação, conforme projetada para entrega ao cliente.

Atualmente, o comissionamento é considerado como o conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia aplicados de forma integrada a uma unidade (ou planta) industrial, visando torná-la operacional, dentro dos requisitos estabelecidos pelo cliente final, de modo a assegurar a transferência *(handover)* da unidade industrial do construtor para o operador de forma ordenada e segura, garantindo sua operabilidade em termos de desempenho confiabilidade e rastreabilidade de informações (PRATES e GAETE, 2007).

Na visão de Gaete e Prates (2007), o escopo das atividades da disciplina de comissionamento é ampliado e melhor definido através de uma visão mais clara do seu fluxo dentro do projeto, tendo em vista a sua participação antecipada em relação à visão tradicional, conforme ilustra a Figura 4.

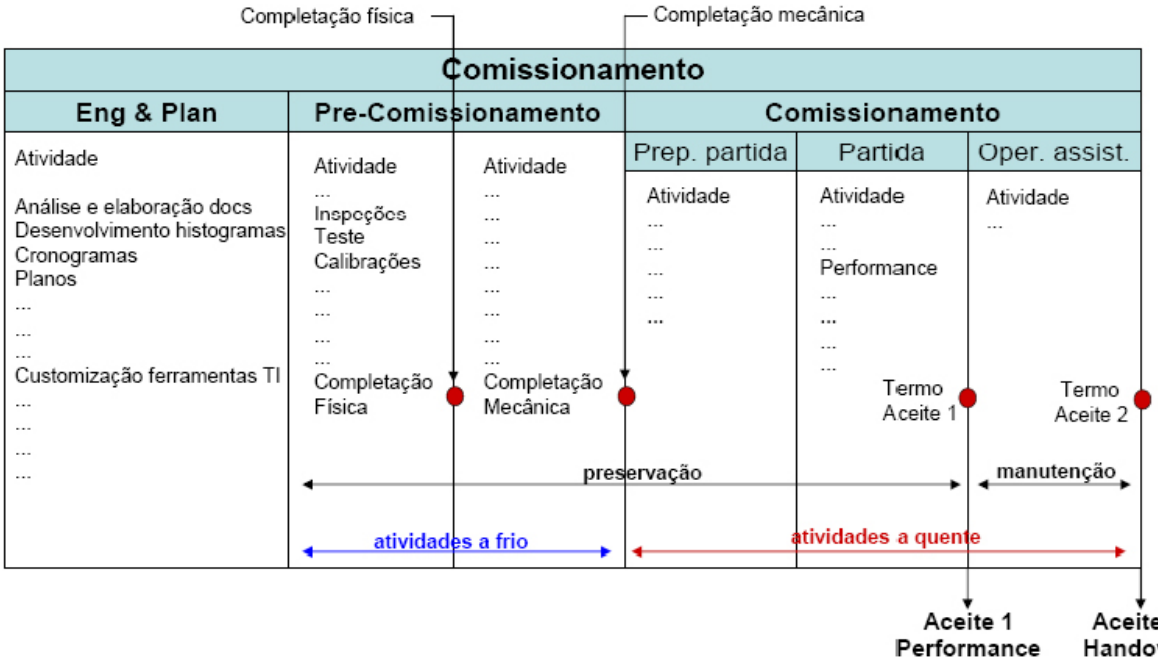



Figura 4 - Exemplo Metodológico para Aplicação do Comissionamento durante o Ciclo de Vida do Projeto.
Fonte: Gaete e Prates (2007).

Na Figura 4, Gaete e Prates (2007) exemplificam as diversas atividades de comissionamento durante o ciclo de vida do projeto, dentro de uma visão atual com a participação efetiva da disciplina no projeto como um todo. Este novo modelo estabelece parâmetros de uma nova disciplina de comissionamento com toda uma estrutura de gerenciamento capaz de analisar a documentação de projeto, elaborar os procedimentos de testes e provas, definir o histograma das equipes necessárias e todo suporte logístico que possibilite aplicação das atividades que compreende o pré-comissionamento e comissionamento do empreendimento.

Em relação à importância percebida, destaca-se das notas de aula do prof. SILVA (2014) o seguinte:

- A Completação Mecânica não é o objetivo do projeto;
- O sucesso do projeto é a Operação Comercial;
- A Operação Comercial requer uma Partida planejada e bem-sucedida; e
- Para um projeto de sucesso, deve-se planejar para uma partida bem-sucedida.

Assim, a importância percebida é que para garantir o sucesso do empreendimento, o comissionamento de uma unidade industrial deve ser conduzido

de uma maneira holística como uma síntese de itens, subsistemas e sistemas que executam uma função específica dentro de uma lógica no processo industrial. Na Figura 5, verifica-se o método do comissionamento na visão operacional, hierarquia de sistemas e Avanço progressivo ascendente.

Figura 5 - Método do Comissionamento.
Fonte: SILVA (2014).

A disciplina de comissionamento desenvolve um método de trabalho dentro de uma visão sistêmica, entendendo que as instalações devem operar de forma integrada, estável e segura com os sistemas operacionais desempenhando uma lógica definida e ordenando as atividades de comissionamento de forma progressiva e ascendentes. Iniciando a partir dos itens comissionáveis em uma sequência lógica de validação dos subsistemas, sistemas e instalações, garantindo assim uma transferência do ativo ao cliente de maneira segura e ordenada atendendo os paramentos estabelecidos no contrato.

Define-se também a missão do Comissionamento a partir da visão de Francis (2006.n.096, p.2) como “Eficiente e efetivo o comissionamento requer uma abordagem estratégica, um pensamento claro, um processo sólido, bem como uma gestão comprometida e dedicada”.

Segundo Francis (2006), uma abordagem estratégica começa estabelecendo metas de comissionamento. Estes podem incluir:

- Assegurar um *Startup* eficiente e rápido da planta;

- Validar que a equipe de construção e montagem tenha realizado uma montagem de acordo com as especificações de projeto;
- Garantir que a montagem e testes mecânicos, elétricos e de automação foram feitos antes do *startup.*

A definição clara de metas e objetivos a serem alcançados pelo comissionamento, é a marca de uma forte atuação da gestão do comissionamento.

## 2.1 SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR DE ALTA PRESSÃO

Uma grande trajetória foi necessária para que as primeiras concepções e construção de máquinas impulsionadas por ar comprimido na Alexandria chegasse aos nossos dias, disponibilizando eficientes projetos de sistemas pneumáticos. Assim o homem sempre procurou viabilizar a produção, armazenamento e controle de energia pneumática afim de utilização nos seus serviços (PARKER, 2000).

O termo pneumático é derivado do grego “*Pneumos*” ou “*Pneuma"* (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da transformação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho (PARKER, 2000).

A transformação da energia mecânica em energia pneumática é realizada a partir de compressores, que são máquinas destinadas essencialmente para elevar a energia utilizável de gases, pelo aumento de sua pressão. Conforme se observa na Figura 6, em uma primeira classificação os compressores se dividem em compressores de deslocamento positivo (ou volumétrico) e compressores dinâmicos ou turbo compressores.

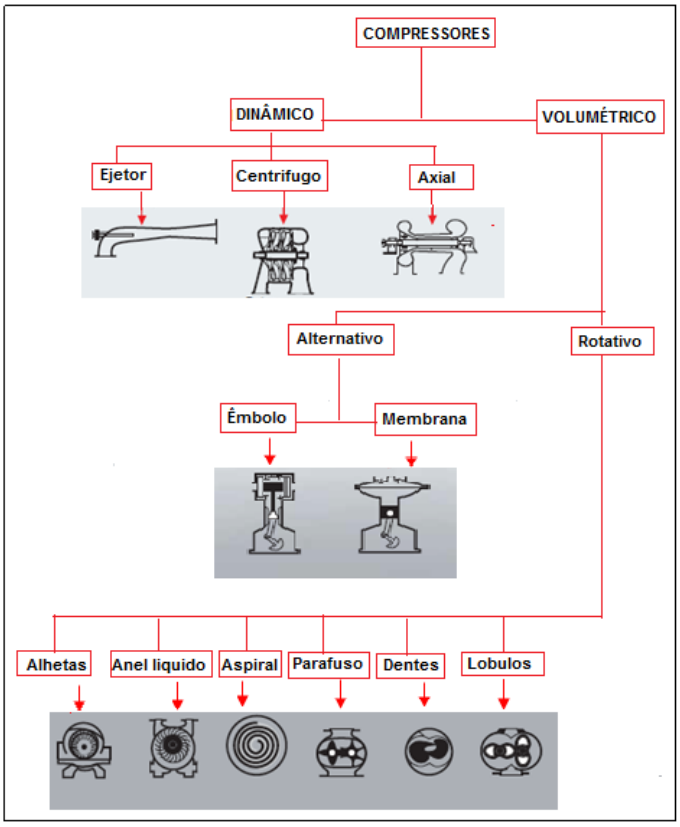



Figura 6 - Tipos mais comuns de compressores, dividido de acordo com seus principais trabalhos.
Fonte: Adaptado de Atlas Copco Airpower NV (2010).

A seguir, apresenta-se uma descrição geral para cada um desses tipos de compressores.

a) Deslocamento positivo

Nos compressores de deslocamento positivo ou volumétrico, a elevação de pressão é conseguida através da redução do volume ocupado pelo ar. Na operação dessas máquinas podem ser identificadas diversas fases, que constituem o ciclo de funcionamento: Inicialmente, certa quantidade de ar é admitida no interior de uma câmara de compressão, que então é fechada e sofre redução de volume. Finalmente, a câmara é aberta e o ar liberado para consumo. Trata-se, pois, de um processo intermitente, no qual a compressão propriamente dita é efetuada em sistema fechado, isto é, sem qualquer contato com a sucção e a descarga. Existem algumas diferenças entre os ciclos de funcionamento das máquinas dessa espécie, em função das características específicas de cada uma (BOSCH, 2008).

b) Compressores dinâmicos

Nos compressores dinâmicos ou turbo compressores, a elevação de pressão é obtida através do princípio rotacional de trabalho por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão. O impelidor é a peça rotativa munida de pás que transfere ao ar a energia recebida de um acionador. Essa transferência de energia se faz em parte na forma cinética e em outra parte na forma de calor. Posteriormente, o escoamento estabelecido no impelidor é recebido por uma peça fixa denominada difusor, cuja função é promover a transformação da energia cinética do ar em calor, com consequente ganho de pressão. Os compressores dinâmicos efetuam o processo de compressão de maneira contínua e, portanto, correspondem exatamente ao que se denomina, em termodinâmica, um volume de controle (BOSCH, 2008).

## 2.2 ETAPAS CONSTRUTIVAS DE SUBMARINO

Os submarinos convencionais caracterizam-se por possuírem um sistema de obtenção e geração de energia para acionamento da propulsão através de diesel gerador e/ou AIP, diferentemente daqueles que utilizam o combustível nuclear.

Como consequência da utilização de motores de combustão interna, normalmente os submarinos convencionais necessitam periodicamente retornar a superfície em profundidade de esnorquel[1], para que os motores diesel possam ser alimentados com ar e acionem os geradores que irão recarregar as baterias, este ar admitido também é importante para renovação da atmosfera interna. Tal procedimento deixa o submarino vulnerável à detecção dos radares, eliminando um de seus mais importantes atributos, o elemento de ocultação.

Acerca da realidade percebida, Ervilha (2011, p. 21 e 22) afirma que:

> [...] as chances das forças antissubmarino recaem sobre a capacidade de manutenção de um alto grau de cobertura radar nas possíveis áreas de trânsito e patrulha de submarinos. Neste cenário limite, os submarinos convencionais não terão como esnorquear sem se expor à possibilidade de serem detectados.

[1] Profundidade de esnorquel é a profundidade na qual o mastro do esnorquel pode ser içado com segurança acima da superfície, a fim de permitir a entrada de ar para o interior do submarino.

O Quadro 1 apresenta as características básicas de um submarino convencional.

Quadro 1- Características básicas do submarino IKL 209 - 1400

| CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SUBMARINO IKL 209 -1400 - CLASSE TUPI | |
|---|---|
| Comprimento total | 61,2m |
| Diâmetro do casco resistente | 6,2m |
| Deslocamento na superfície | 1.260 t |
| Deslocamento submerso | 1.440 t |
| Propulsão | Diesel-elétrica, com quatro motores diesel MTU 12V 493 AZ80 GA31L; 2.400hp; 4 alternadores; 1 motor elétrico Siemens, 4.600hp; 1 eixo |
| Velocidade | 11 nós na superfície ou esnorqueando; 21.5 nós submerso |
| Profundidade máxima de operação | 300 metros |
| Raio de ação | 8.200 milhas a 8 nós na superfície, 400 milhas a 4 nós submerso sem esnorque |
| Armamento | 8 tubos lança-torpedos de 533mm (21 pol.); 16 torpedos Marconi Mk.24 Tigerfish Mod 1/2; guiado a fio; guiagem ativa até 13km (7 milhas) a 35 nós; guiagem passiva até 29km (15.7 milhas) a 24 nós; cabeça de guerra de 134kg |
| Contramedidas ESM | Thomson-CSF DR-4000; alerta radar |
| Radares | Navegação: Thomson-CSF Calypso III ; Banda I |
| Sonares | Atlas Elektronik CSU-83/1; busca e ataque passivo/ativo, média freqüência |
| Autonomia | 50 dias |
| Material do casco resistente | Aço HY-80 |
| Tripulação | 7 oficiais e 29 praças |

Fonte: Poder Naval (2009)

A construção de submarinos, por se tratar de uma obra que demanda longo tempo para sua entrega e possuir características únicas dentro da construção naval, desenvolve-se a partir de um projeto específico.

O planejamento de construção modular com acabamento avançado utilizado na construção de submarinos, necessita de um planejamento detalhado das atividades a serem executadas em todo o ciclo de vida do projeto (Figura 7). Desta forma, ficam mais transparentes os caminhos críticos e as tomadas de decisão.

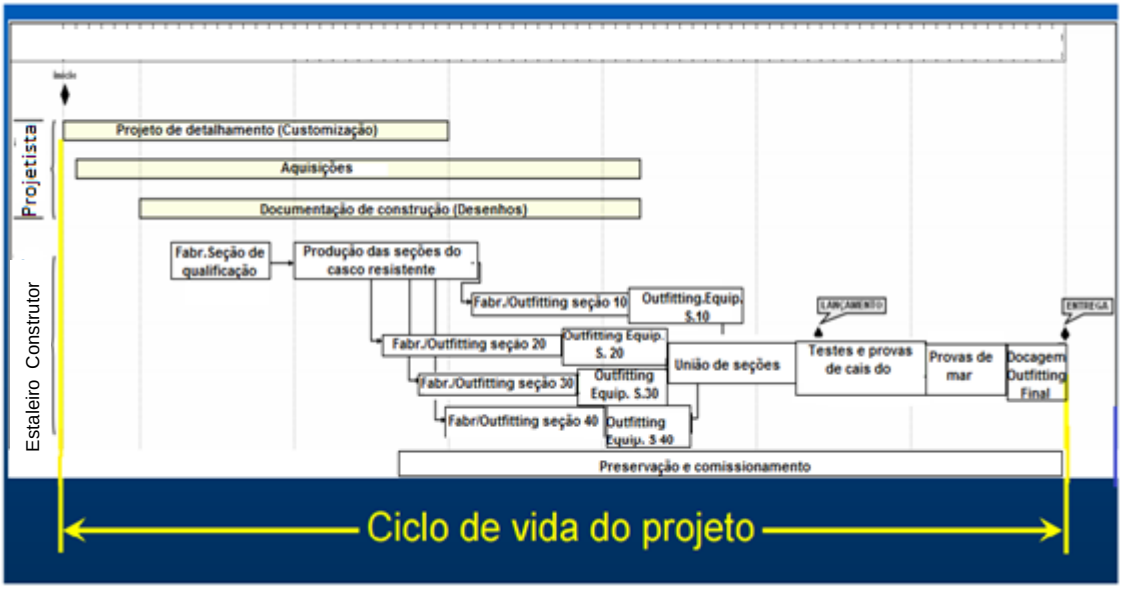



Figura 7 - Fases do Ciclo de Vida de um Projeto de Submarino.
Fonte: Adaptado de Ribeiro Filho (2007).

Existem várias alternativas de lógica de construção do casco resistente de submarinos convencionais tradicionalmente empregadas pelos estaleiros construtores. Um modelo empregado para uma plataforma básica diesel-elétrica (Figura 8) é a construção através de subseções, seções e posterior união de seções para integração do casco resistente do submarino.

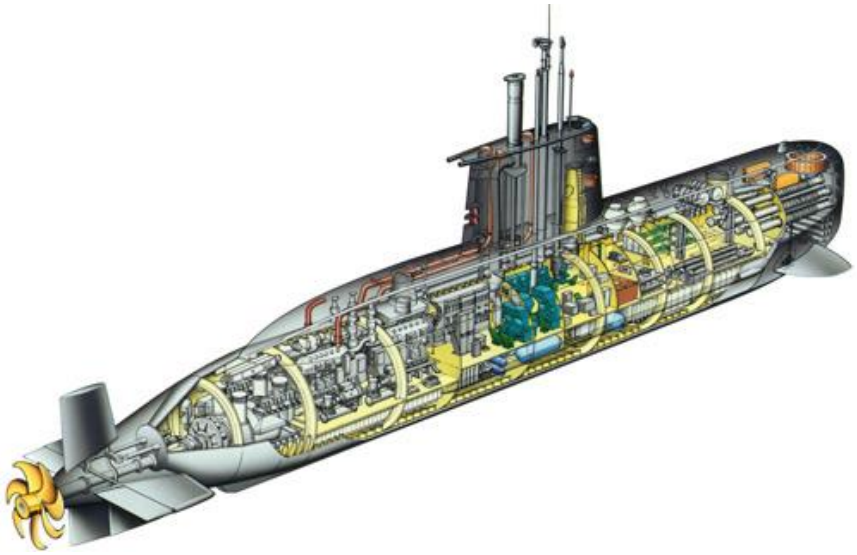


Figura 8 - Modelo de uma Plataforma de Submarino Convencional
Fonte: Naval-technology (2018)

Uma das lógicas empregada é a divisão em quatro principais conjuntos de seções, conforme apresentado na Figura 9.

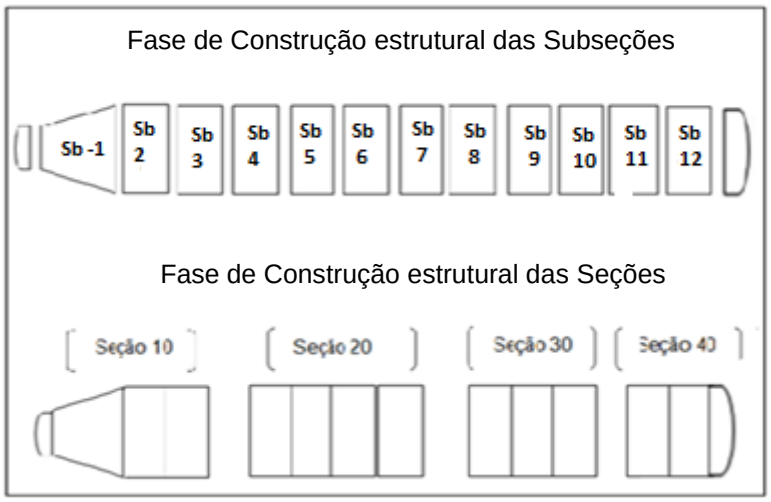



Figura 9 - Desenho Esquemático das Fases de Construção Estrutural.
Fonte: Autor

Quando finalizada a parte resistente das seções, as mesmas recebem as estruturas não resistentes internas e externas tais como: Vela, tanques, suportes e outros elementos estruturais em um grau de prontificação que permita uma posterior união. Logo em seguida, inicia-se o pronto estrutural visando um tratamento e pintura, que permita a integração dos equipamentos, redes e cabos elétricos a bordo, conforme Figura 10.

.

Figura 10 - Fases de construção estrutural conforme esquematizadas na Figura 9
Fonte: Skycrapercity (2015).

Nesta lógica construtiva, quando as seções estiverem prontificadas realiza-se a união final das seções com o efetivo fechamento do casco resistente. A partir deste

momento inicia-se a preparação dos subsistemas e sistemas fundamentais que permitam fazer com segurança o lançamento do submarino.

O lançamento do submarino marca uma nova fase na construção, pois estando agora o submarino no cais os sistemas operacionais podem ser testados e comissionados para realizar as provas de mar, a onde sua performance será validada com posterior aceite e entrega ao cliente.

## 2.3 INTEGRIDADE DO SUBMARINO

Um submarino está exposto a riscos resultantes da perda de estanqueidade, qualitativamente diferente de um navio de superfície e com potenciais consequências que não são apenas muito mais graves, mas que pode ter efeito com maior rapidez e, considerando que a opção para se recuperar de inundações são muito mais fortemente restringidas.

Não sendo possível reduzir a risco zero a possibilidade de ocorrência de uma inundação, simplesmente através de mera aplicação de padrões de projetos apropriados. O caso de total segurança do submarino deve comprovar que a probabilidade de uma inundação, suscetível de falha para implementar uma ação de recuperação levando à perda do submarino é improvável. Este aspecto é necessário para ser coberta como parte do plano de segurança para submarino exigido pelo Joint Service Publication 430, Management of Ship Safety and Environmental Protection Part 1, Regulations Issue 5, 2013 e certificação formal de segurança da Autoridade Naval, necessário para integração da estanqueidade de submarino. Isso requer uma avaliação da segurança dos sistemas que controlam a estanqueidade do submarino, tais como aberturas de casco resistente ou sistemas que estão sujeitas à pressão de mergulho submerso. Características de atenuação adequadas e arranjos de emergência / contingência devem ser incluídos no projeto (MINISTRY OF DEFENSE, 2010).

## 2.4 COMISSIONAMENTO EM PLATAFORMA DE SUBMARINO

### 2.4.1 Principais componentes e descrição do processo de Comissionamento do subsistema de Produção e Armazenamento de Ar de Alta Pressão do submarino

O sistema de ar de alta pressão é de fundamental importância na operação e manutenção das funções a bordo de um Submarino, seja no porto, retornando a superfície, navegando na superfície, navegando submerso em cruzeiro ou em ataque. Sua construção é relativamente simples e de baixo custo, comparando-se a outros sistemas que possuem equipamentos de alta complexidade técnicas e alto custo de aquisição. Entretanto, sua abrangência e importância chegam a todos os pontos do submarino atingindo tantos os principias sistemas como os auxiliares.

O fornecimento de ar para os tanques de lastro principal (MBT) para retorno a superfície em emergência ou em condições normais é o requisito primordial do sistema de ar para o submarino. Desta forma, o projeto do sistema além de garantir o volume de ar pressurizado nos vasos de pressão o suficiente para as operações de manutenção de flutuabilidade, deve também atender aos requisitos dos outros consumidores a bordo, conforme Figura 11 (FREDERICK DALLINGER; J; E. McGILL J, 1974).

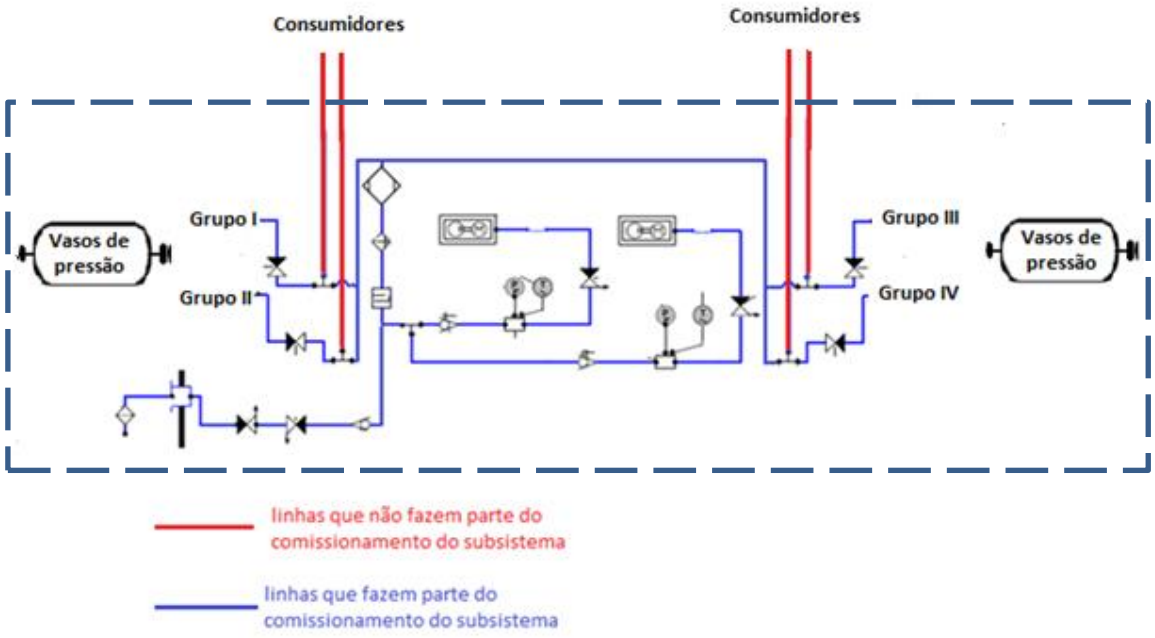



Figura 11 - Projeto simplificado de SSOP de ar de alta pressão de um submarino.

Fonte: Adaptado da IKL para modelo 1400.

O subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão compreende vários equipamentos e componentes necessários para um perfeito funcionamento e atendimento de suas funções.

> A NR13 (BRASIL, 2017), estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores.

Desta forma, a disciplina de comissionamento para realização de suas atividades deve atender as normativas descritas na NR13, conforme estabelece a legislação de Saúde e Segurança no Trabalho vigente no Brasil. A seguir apresenta-se a descrição dos principais componentes do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de um submarino convencional.

- **Vasos de pressão** (**GRUPO 1, Grupo 2, Grupo 3 e Grupo 4)** – Os grupos de armazenamento, são compostos de vasos de pressão que são equipamentos destinados ao armazenamento de ar pressurizado, para abastecer os diversos sistemas com o ar necessário permitindo o funcionamento dos equipamentos que compõem o submarino.

Características técnicas: Fabricado através do processo de extrusão do aço especial Cr Ni Mo, com capacidades de 315 $dm^3$ e 400 $dm^3$, com pressão de operação de 250 bar.

- **Válvulas de casco** – As válvulas de casco destinam-se a abertura e fechamento do Ar de alta pressão com os equipamentos e sistemas localizados no meio externo ao casco resistente. São de construção combinada de material de CuA119Ni7, sendo uma de casco e a outra de interceptação, visando dar uma segurança mais efetiva ao sistema.
- **Válvulas de linha** – São válvulas de abertura / fechamento e regulagem que possibilitam o alinhamento do sistema e interligação com os subsistemas e equipamentos abastecidos com ar. Geralmente são fabricadas de Aço inoxidável;

- **Secadores de ar** – É uma unidade de tratamento de ar comprimido que visa retirar as moléculas de vapor de água do ar e reter na superfície dos materiais de adsorção localizados no interior de duas câmeras no secador de ar. O ar comprimido para os vasos de pressão deve ter no mínimo um ponto de orvalho de -30 cº a 250bar.
- **Distribuidores de ar** – São *manifolds* que fazem a distribuição de ar, para as diversas linhas dos subsistemas, suprindo de ar os equipamentos a fim de exercerem suas respectivas funções;
- **Manômetros** – São indicadores de pressão, com a função de informar os valores de pressão na qual os subsistemas e sistemas estão submetidos, revelando a condição operacional que se encontra o submarino.
- **Flexíveis (mangueiras)** – São elementos de interligação, que possibilitam uma união com uma maior flexibilidade entre as partes;
- **Filtros de ar** – São acessórios de linha de tubulação que tem a função de retirar particulados sólidos do ar pressurizado, impedindo que esses venham atingir os equipamentos danificando os mesmos, o que resultaria em falhas no sistema;
- **Pressostatos** – São componentes elétricos mecânicos, instalados no sistema, visando à proteção dos equipamentos e atuam em um eventual aumento de pressão, desligando os compressores quando esta pressão chega ao limite Máximo ajustado;
- **Unidades controladoras de partida dos compressores (Unidade 1 e unidade 2)** – Estas unidades permitem a partida e parada dos compressores em condições normais ou em emergência.
- **Painel de monitoração e instrumentação de segurança** – Este painel tem a função de monitorar e controlar a segurança de funcionamento dos compressores. Parando automaticamente em caso de baixa pressão de óleo, alta temperatura do ar na descarga do compressor, pressão máxima de operação atingida e baixa taxa de fluxo de óleo de resfriamento do compressor.
- **Compressor de ar de alta pressão** – São compressores alternativos de quatro estágios de pressão com dois cilindros, combinando o 1º e 3º estágio em um

cilindro e o 2º e 4º no outro cilindro e acionamento por motor elétrico de correntes continua com transmissão por correia (Figura 12).

Esta série WP4253/54 de compressor para submarinos, tem uma pressão de operação de até 350 bar e vazão de 130m³/h.

Figura 12 - Compressor Alternativo de Quatro Estágios, série WP4253/54 utilizados nos submarinos classe IKL modelo 209.
Fonte: Stockholm (2012).

O ar aquecido durante a compressão é resfriado em resfriadores conectados na saída do estágio correspondente. O ar resfriado é conduzido a separadores de água e óleo, separando a quantidade de água e óleo no ar, drenando o condensado através de válvulas de dreno. A água de resfriamento entra no resfriador do terceiro e quarto estágio resfriando o fluxo de ar comprimido, passando para o resfriador do primeiro e segundo estágio, seguindo para o resfriamento simultâneo das camisas dos cilindros.

A troca térmica no interior dos resfriadores é através do contra fluxo, a onde o ar passa no interior do feixe tubular, e a água entre o feixe e a carcaça, fazendo o resfriamento do ar. O óleo de lubrificação vem do filtro de sucção localizado no interior do Carter, chegando até a bomba que bombeia o óleo até os mancais do eixo de manivela e moentes das bielas ao mesmo tempo em que alimenta um distribuidor de óleo que através de tubulações contendo indicadores de fluxo e válvulas de retenção conduzem o óleo até as camisas dos cilindros e êmbolos. Cada estágio de pressão é protegido contrapressão máxima de ar, por válvulas de segurança localizadas nos

resfriadores, a proteção contra corrosão e feita com anodos de zinco na carcaça e nos resfriadores, sendo também o compressor protegido contrapressão máxima de água por um disco de ruptura localizado no resfriador do terceiro e quarto estágio.

A monitorização do compressor de ar de alta pressão é feita por um quadro com indicação de pressões de cada estágio, pressão de óleo e temperatura da água de saída do compressor, conforme Figura 13.

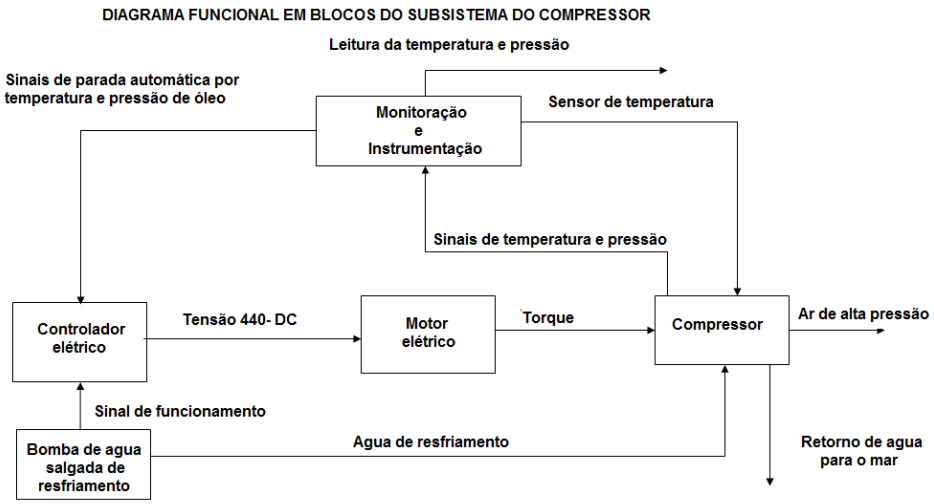



Figura 13 - Diagrama funcional em bloco do subsistema do compressor
Fonte: Autor.

### 2.4.2 Sistemas que mantem interface com o subsistema de Produção e Armazenamento de Ar de Alta Pressão do submarino

A seguir são listados os sistemas que de alguma forma se relacionam com o subsistema de produção e armazenamento de ar alta pressão do submarino.

DA – Tanque de lastros;
EB – Ar de respiração;
EC – Sistema de salvamento do submarino e tripulação;
ED – Sistema de detecção e controle de incêndio;
FE – Sistema de ar de serviço;
BF – Sistema de resfriamento por água salgada do diesel gerador;
BG – Sistema de fluidos auxiliares do diesel gerador;
EH – Sistema de resfriamento de água potável;
DI – Sistema de controle de profundidade e trimagem;

EJ – Sistema de resfriamento a ré por água salgada;

FL – Sistema do tanque sanitário;

BM – Sistema de ar para o mastro do esnorquel;

RN – Sistema de Mastros;

HO – Sistema de ejetor de Sinais;

EP – Sistema de amarração e reboque;

KQ – Sistema de lançamento de torpedo e tanque de compensação de torpedo;

DR – Sistema do tanque de regulagem;

EV – Sistema de resfriamento por água doce.

### 2.4.3 Aplicação da metodologia de Comissionamento em Submarinos Convencionais

Para atingir seus objetivos o comissionamento deve possuir uma equipe multidisciplinar com trânsito nas diversas disciplinas que estão atuando no projeto como um todo, conforme Figura 14. Esta efetiva sinergia deve ser fomentada ao longo de todo processo, sustentando o ambiente do projeto. Mesmo que guardada as suas especificidades, o foco no atendimento às necessidades da plataforma deve ser mantido em vista a sua entrega.

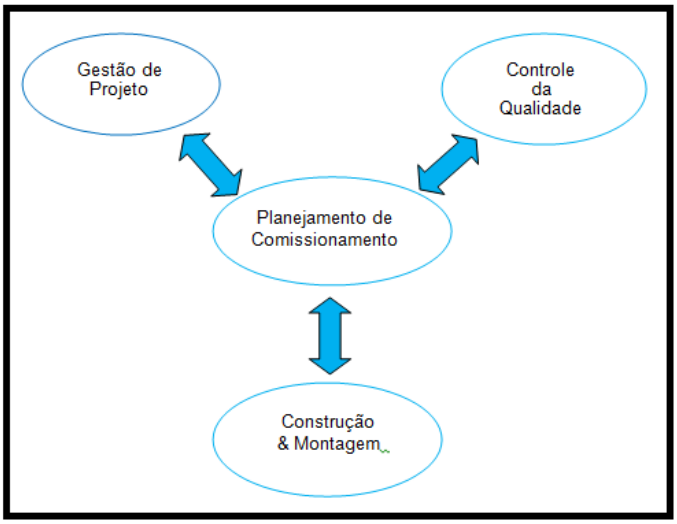



Figura 14 - Interação entre as Disciplinas
Fonte: Autor.

A estrutura básica de Comissionamento em submarinos convencionais deriva-se em grande parte da expertise dos estaleiros militares na efetiva construção e reparo dos meios navais.

O sigilo das informações militares, criando normas específicas para os seus projetos, MIL-STD, estabeleceu um distanciamento em relação às atividades industriais fora do ambiente militar impedindo desta forma uma maior percepção da aplicação das ferramentas de gestão de Comissionamento. Gradativamente, atendendo as novas tecnologias empregadas nos navios e submarinos, os grupos que até então atuavam quase que exclusivamente em determinadas fases do projeto, quando era impeditivo à continuidade das atividades de construção e montagem sem que fossem realizados testes e provas de equipamento e máquinas, devido as interferências. Os mesmos foram impulsionados a se organizarem como uma disciplina com um gerenciamento independente das demais de maneira planejada e presença continua em todas as fases, a fim de garantir uma entrega segura do meio naval a esquadra, atendendo assim os requisitos estabelecidos pela diretoria de material.

O detalhamento do macro fluxo de comissionamento do sistema é de fundamental importância, definindo o modelo das ações que serão desenvolvidas ao longo do processo.

Tendo como partida o ciclo de vida do projeto como um todo, o detalhamento do macro fluxo do sistema na linha do tempo, define os marcos contratuais a serem cumpridos pela equipe de comissionamento junto a gerência de construção, conforme Figura 15. Desta forma, a disciplinada de Comissionamento pode organizar a estrutura de trabalho, planejando as atividades a serem desenvolvidas em cada fase, dimensionando a equipe de especialista e organizando os procedimentos de testes e provas.

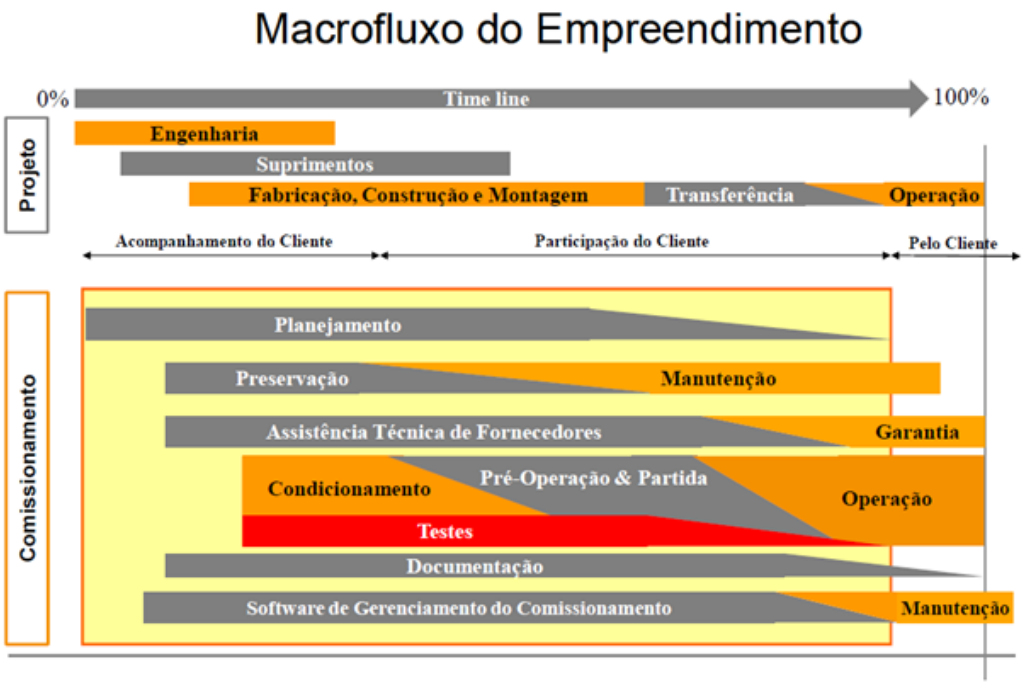



Figura 15 - Macrofluxo do Empreendimento
Fonte: SILVA, (2014).

Para que todo o planejamento das atividades possa ser executado de modo a atender os requisitos estabelecidos em contrato e manter uma sinergia com a Construção & Montagem, são utilizados sistemas de gestão do comissionamento (softwares) para acompanhamento das atividades do processo do Comissionamento possibilitando uma visão global do empreendimento.

Segundo Forship (2010) estes softwares cada vez mais poderosos e sofisticados otimizam a gestão do processo de Comissionamento. O HMSWeb©, Handover Management System, desenvolvido por HMSWeb Ltda / Forship Engenharia (Brasil) e um exemplo.

A rede de precedência no processo de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão visa estabelecer uma sequência lógica de procedimentos, testes e provas através de um fluxograma que evidencia a relação de subordinação entre as atividades, conforme Figura16.

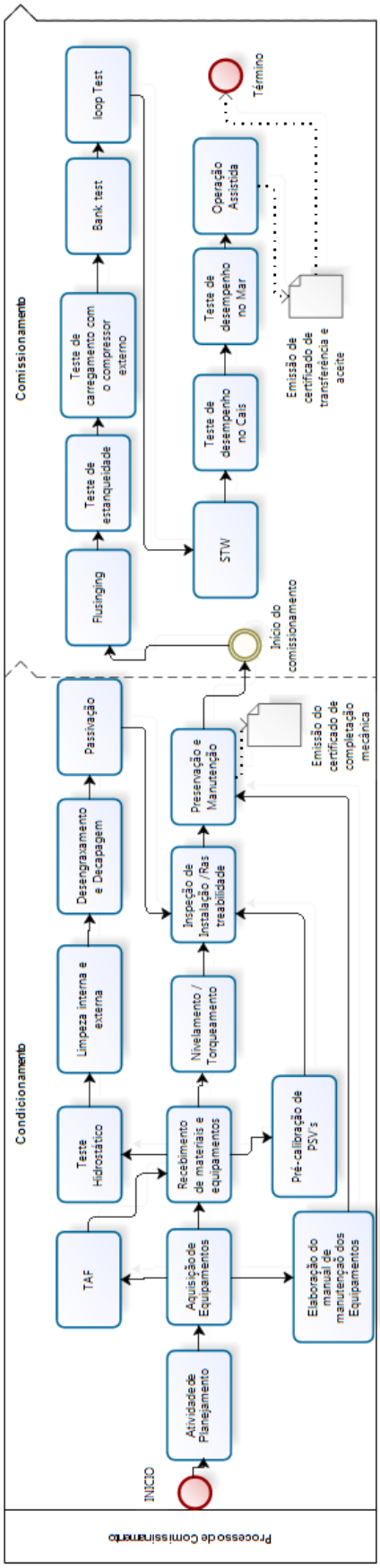



Figura 16 - Mapeamento do processo de Comissionamento
Fonte: Autor

### 2.4.4 Definições dos procedimentos aplicados ao comissionamento

A equipe da disciplina de comissionamento reúne profissionais com formação nas diferentes atividades afins ao estaleiro, possibilitando desta forma um domínio dos métodos e processos que são empregados no projeto, construção e testes do submarino.

O Comissionamento como disciplina utiliza-se de várias ferramentas de gestão ao longo do processo como um todo. Desta forma, faz-se necessário uma compreensão e difusão das definições dos procedimentos aplicados no processo.

#### 2.4.4.1Teste de aceitação em fábrica (TAF)

São todos os testes de aceitação e performance de equipamentos realizados pelos fabricantes na fábrica. Considerados como uma das principais etapas do condicionamento dos equipamentos de uma unidade, os TAF`s são realizados na presença dos especialistas da Marinha do Brasil, Controle da Qualidade e do grupo de comissionamento que aprovam e registram todos dados para elaboração do dossiê de cada equipamento.

#### 2.4.4.2 Inspeção de recebimento

É a verificação de conformidade quantitativa e condições de entrega dos itens comissionáveis, e são executadas por inspetores de qualidade.

#### 2.4.4.3 Itens comissionáveis

Qualquer componente físico associado a uma função ou suporte de processo, tagueados ou não tagueados no fluxograma de processo que será comissionado.

#### 2.4.4.4 Itens e equipamentos preservados

Os itens preservados devem receber uma manutenção de preservação de acordo com o manual de manutenção fornecida pelo fabricante, que visa estabelecer um planejamento, execução e controle dos itens até que possam ser efetivamente instalados e “*startados*” no sistema.

#### 2.4.4.5 Inspeção de completação mecânica

A inspeção de completação mecânica certifica que todas as atividades de Construção & Montagem deste subsistema estão concluídas e documentadas, possibilitando assim a continuidade do processo de comissionamento. O certificado de completação mecânica (CCM) em uma primeira fase CCM1, indica a existência de pendências não impeditivas enquanto que o CCM2 a não existência destas pendências. O Grupo de Controle da Qualidade é o responsável pelas inspeções das instalações dos equipamentos quanto à rastreabilidade, fixação, alinhamento e torque de parafusos, encaminhando o relatório para o comissionamento.

#### 2.4.4.6 Testes hidrostáticos

Os testes hidrostáticos dos trechos de redes "*Spool*" são realizados na oficina normalmente com 1,5 vezes a Pressão de projeto do SSOP, conforme normas (ASME B.31.3, ABS 4/6.7. 5 e 4/6.7.8). Os testes hidrostáticos de estanqueidade são realizados a bordo após a instalação das tubulações e normalmente são testados com 1,25 vezes da pressão operacional do SSOP. Todos os testes hidrostáticos, inclusive de tanques a bordo, devem seguir o caderno de teste "*Test handbook*" onde são registrados todos os valores de testes do Submarino.

#### 2.4.4.7 Testes funcionais

Terminadas e aprovadas as fases anteriores de cada subsistema e sistemas, são realizados os testes funcionais no submarino, no próprio estaleiro, no cais ou docado com a finalidade de verificar a integração e funcionalidade de todos os equipamentos, subsistemas e sistemas avaliando a sua performance.

Os testes funcionais são realizados em uma primeira fase com um fluido seguro (TAP1) e na segunda fase com fluido de trabalho do subsistema (TAP2).

As (PSV) "*Pressure Safety Valve*", sempre que possível são testadas na oficina antes da montagem a bordo no SSOP, registrando-se os valores de "*set pressure"* (abertura, faixa de operação e fechamento).

#### 2.4.4.8 Prova de mar

São provas e testes que visam verificar o comportamento do submarino em diversas manobras sobre condições normais ou em emergência seja na superfície, em esnorquel, mergulhado na cota de segurança ou em a grande profundidade. Normalmente todos os testes que foram realizados no cais são repetidos no mar sobre várias condições, garantindo desta forma a perfeita operação dos SOPs.

#### 2.4.4.9 Folha de verificação de item (FVI)

Formulário espelho dos registros de itens comissionáveis, onde são registradas as ações de comissionamento efetuadas sobre cada item e que serve como evidência objetiva de sua execução.

#### 2.4.4.10 *Blank Test*

Teste efetuado sobre todas as malhas elétricas de uma instalação (potência, controle, comunicação e dados), na fase de Condicionamento, com o objetivo de confirmar sua continuidade através da injeção de sinal de baixa potência.

#### 2.4.4.11 Folha de verificação de malha (FVM)

Formulário espelho dos registros de malhas da ferramenta de controle do comissionamento, onde são registradas as ações de comissionamento efetuadas sobre cada malha e que serve como evidência objetiva de sua execução.

#### 2.4.4.12 Lista de pendências

Relação de pendências e desvios decorrentes dos não atendimentos aos requisitos contratuais, identificadas durante a execução de uma obra, contendo sua classificação, ações corretivas, prazos de saneamento, responsáveis e status de resolução.

#### 2.4.4.13 Malha

Conjunto interligado de itens comissionáveis que deva sofrer atividades de comissionamento como uma unidade funcional.

#### 2.4.4.14 *Loop Test*

Teste de funcionamento efetuado sobre uma malha elétrica, hidráulica ou pneumática.

### 2.4.5 Planejamento e documentação de comissionamento

A partir da documentação do projeto básico descritivo, inicia-se o EAP, Estrutura Analítica do projeto, do comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão. Fomentando o planejamento das ações a serem tomadas como diretrizes das atividades que serão desenvolvidas pelo comissionamento ao longo do Projeto como um todo.

A Figura 17 ilustra as entradas das documentações que o Comissionamento recebe a fim de planejar as atividades de comissionamento em atendimento ao projeto de construção do Submarino.

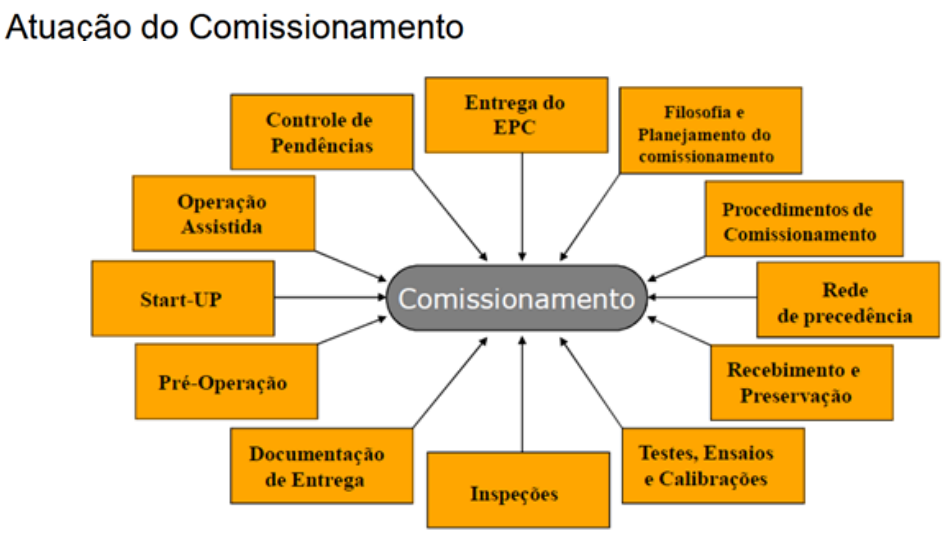



Figura 17 - EAP de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão.
Fonte: SILVA (2014)

Todas as documentações a serem utilizadas no comissionamento devem ser elaboradas e organizadas de modo a permitir uma sistematização e registro dos procedimentos e testes de o todo processo de comissionamento, conforme sintetiza o Quadro 2.

Quadro 2 - Planejamento da documentação de comissionamento do EAP

| | | |
|---|---|---|
| I) | Análise de documentação de Projeto | Normas;<br>Projeto Básico;<br>Especificações Técnicas. |
| II) | Elaboração da Rede de Precedência | Estudo do sistema;<br>Definição de prioridades de testes e provas;<br>Acompanhamento físico das instalações. |
| III) | Elaboração de Lista de sistemas que mantem interfase | Estudo do grau de interferência;<br>Ordem de prioridade;<br>Acompanhamento físico das instalações. |
| IV) | Elaboração e revisão de Lista de Itens Comissionáveis | Estudo do manual do fabricante de equipamentos e acessórios;<br>Mapeamento de criticidade dos equipamentos e acessórios. |
| V) | Elaboração e revisão de Lista de Sobressalentes | Mapeamento da criticidade dos equipamentos e acessórios;<br>Analise dos modos de falhas e defeitos (FMEA). |
| VI). | Elaboração de Manual do Comissionamento | Definição da categoria dos testes e provas (1°da Série testes, padrões);<br>Elaboração de procedimentos de preservação;<br>Elaboração dos procedimentos de inspeção nos fabricantes (TAF);<br>Elaboração dos procedimentos de teste de válvulas;<br>Elaboração de procedimento de testes Hidrostáticos;<br>Elaboração de procedimento de flushing do sistema;<br>Elaboração e cadastramentos das FVI`s e FVM`s;<br>Elaboração do procedimento de Pré-Operação e partida do sistema;<br>Procedimento de testes de aceitação e Performance do sistema. |
| VII) | Aquisição de equipamentos de testes | Identificação dos instrumentos e equipamentos de testes necessários;<br>Criação de dispositivos de testes. |

Fonte - Autor.

### 2.4.6 Condicionamento

Todas as atividades de condicionamento necessárias para garantir um fluxo normal de comissionamento sem surpresas de última hora, devem ser previamente elaboradas e executadas dentro de um cronograma que acompanhe o progresso do empreendimento.

- Inspeções nos fabricantes;
- Execução de TAFs nos fabricantes;
- Preservação e Manutenção;
- Recebimento dos materiais de comissionamento;
- Execução das rotinas de preservação no almoxarifado e a bordo;
- Execução das primeiras manutenções no sistema;
- Teste Hidrostático dos subsistemas e sistema;
- *Flushing* do sistema;
- Inspeções de Completação Mecânica;
- Regulagem e teste das válvulas de segurança (PSV) na oficina;
- Elaboração de Lista de Pendências Impeditivas e não impeditivas;
- Emissão de Atestado de Completação Mecânica;
- Teste de continuidade do sistema elétrico.

### 2.4.7 Pré-operação e partida do sistema (provas de cais)

- Partida dos sistemas compressores em vazio;
- Partida dos compressores a quente;
- Execução dos Testes de Aceitação de Performance;
- Tratamento das listas de pendências não-impeditivas;
- Inspeções Funcionais.

### 2.4.8 Operação assistida (provas de mar)

A operação assistida do subsistema é realizada simultaneamente com o teste de desempenho. Desta forma, a equipe de bordo pode realizar juntamente com a disciplina de Comissionamento as manobras necessárias para o teste e com isso, habilitando-se a condução do subsistema.

- Testes de carregamentos dos vasos de pressão e operação assistida;
- Assinatura de Termo de Transferência e Aceitação do subsistema.

### 2.4.9 Divisão de sistemas e subsistemas de uma plataforma de submarino

Esta divisão permite identificar os subsistemas e sistemas de uma plataforma de submarino em diferentes TAGs. Esta identificação é realizada por duas letras formando um bigrama.

Segue abaixo a relação de sistemas normalmente utilizados em uma plataforma de Submarino Convencional:

- Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão;
- Sistema de exaustão de gases;
- Sistema de óleo lubrificante;
- Sistema de óleo combustível;
- Sistema de resfriamento por água salgada;
- Sistema de água doce para resfriamento de mcps;
- Sistema de medição de profundidade;
- Sistema de resfriamento de Baterias;
- Subsistema de medição de hidrogênio;
- Subsistema de esgoto e compensação;
- Sistema de equipamentos de incêndio;
- Sistema de trimagem;
- Sistema de água doce;
- Sistema de água salgada para sanitários;

- Sistema sanitário e ejetor de lixo;
- Sistema de suprimento de oxigênio;
- Sistema de ventilação;
- Sistema de refrigeração da frigorífica;
- Sistema hidráulico;
- Sistema de ar de respiração;
- Sistema de refrigeração do ar condicionado;
- Sistema de ar de serviço;
- Sistema de ar de salvamento

## 2.5 TEORIA DO ESTUDO DE CASOS

Segundo Eisenhardt, Kathleen M. (The Academy of Management Review; Oct 1989); no artigo “Building Theories from Case Study Research”, o mesmo descreve no artigo um processo de pesquisa exploratória do tipo estudo de casos, orientando o caminho a ser seguido a fim de definir o problema exposto em busca da construção da validação. Assim, demonstra que este processo é altamente frequente e firmemente ligado aos dados, sendo esta abordagem de pesquisa apropriada em novos tópicos, pouca difundida.

A teoria é resultante muitas vezes, da coerência lógica, as quais conectadas aos fatos são os critérios fundamentais para avaliar esse tipo de pesquisa. Duas foram às contribuições deste artigo a literatura, tais como, estabelecendo um roteiro seguro para a pesquisa teórica do estudo de casos. A outra é posicionar o estudo de casos, como uma abrangente pesquisa exploratória no campo da ciência social.

Segundo Ferreira (1993), na tese de doutorado sobre o Gerenciamento da Qualidade pela Contratante na Montagem Industrial de Plantas de Processo, o estudo de casos é abordado da seguinte forma: Trata-se de uma pesquisa exploratória onde procuramos identificar quais as ações relativas à qualidade, que geralmente são implementadas pelas contratantes na seleção e contratação das empreiteiras e na execução da obra. Assim, visando estabelecer o que seria o "estado da arte" das práticas de gerenciamento da qualidade pela contratante.

# 3 MÉTODOS EMPREGADOS NA PESQUISA

Este capítulo tem por finalidade descrever os procedimentos sistemáticos utilizados para a realização do estudo em questão, de modo a alcançar o objetivo da pesquisa.

Neste trabalho, o autor apresenta uma pesquisa do tipo exploratória de estudo de caso, com abordagem qualitativa do problema, a fim de construir uma teoria em um assunto pouco investigado.

O desenvolvimento do estudo de caso de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de um submarino convencional procedeu-se da seguinte forma:

Em um primeiro momento foram realizadas pesquisas a partir das seguintes palavras-chave: Ar comprimido, Plantas de processo, Submarino convencional e Comissionamento, estas palavras resumem de maneira objetiva o tema a ser abordado no trabalho.

Utilizaram-se bibliotecas e ambientes virtuais para o levantamento de material produzido entre o ano de 2006 e 2016. Em fase inicial, armazenaram-se os livros e obras digitais (artigos científicos, teses e relatórios) em um computador, de modo a ser feito uma pré-seleção a partir da leitura dos resumos, buscando a relação entre o título e o conteúdo. Esta pré-seleção tinha a finalidade de verificar se o material coletado atendia ao objeto do presente estudo. Após a pré-seleção, os artigos científicos foram lidos na íntegra com especial atenção para os resultados e conclusão. Em seguida, os trabalhos que não apresentavam uma relação direta com objetivo proposto foram excluídos.

O método de coleta de dados de campo utilizado teve como base entrevistas semiestruturadas com um roteiro pré-definido a partir e perguntais focais do tipo "como” e "porque", direcionando o entrevistado em perguntas diretas sem que o mesmo venha a tergiversar. Para isso, elaborou-se um roteiro de perguntas estruturado nas fases metodológica do processo de comissionamento.

A definição da amostra foi de caráter não estatístico, escolhendo-se para a amostra, participantes que representassem o “Saber Fazer” da população / universo, ou seja, de notório saber com a finalidade de contribuir para a pesquisa. Foram

escolhidos 2 (dois) responsáveis que trabalham em áreas correlacionadas ao estudo, Disciplina de Comissionamento, de modo a participarem da entrevista e apresentarem uma visão holística dos procedimentos realizados no Estaleiro X.

O material resultante dos estudos de intracasos das entrevistas juntamente com os dados levantados na pesquisa de campo e a literatura técnica. Resultaram em um vasto material que através da teoria de triangulação, como ferramenta de síntese, aliado ao conhecimento e vivência na área em questão, pretende-se identificar quais as melhores práticas realizadas no comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão instalado em uma plataforma de submarino convencional.

# 4 MODELAGEM DA MATRIZ DE COMISSIONAMENTO

## 4.1 SISTEMA PROPOSTO

O Sistema proposto baseia-se no desenvolvimento de uma matriz que seja resultado da visita de campo, documentações pertinentes, entrevistas realizadas e pela literatura existente. A matriz engloba os procedimentos mínimos necessários para o comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional observados ao longo da pesquisa sem descartar a possibilidade de existência de outros procedimentos e testes complementares.

A elaboração desta matriz fundamenta-se no exemplo metodológico para aplicação do comissionamento durante o Ciclo de Vida do Projeto de Prates e Gaete (2007). Nesta matriz, a descrição dos procedimentos apresenta-se seguindo uma sequência lógica (numerado item a item) dentro do fluxo do processo de comissionamento, utilizando-se de um marcador para identificar as fases em que cada procedimento é realizado, de modo a obter-se uma visão pontual de ocorrência.

## 4.2 PESQUISA E TRATAMENTO DE DADOS

No intuito de realização da pesquisa, foi utilizado como coleta de dados uma entrevista semiestruturada, com roteiro previamente elaborado, realizada pessoalmente com os engenheiros responsáveis pelos setores de comissionamento da construção e reparo de submarinos (vide Apêndice A) e posteriormente, foi realizada uma análise documental. Esta análise possibilitou a extração de elementos utilizados na estratégia de triangulação de dados. Os dados foram coletados no período de setembro e outubro de 2016. No período de coleta de dados, também foram realizadas visitas nas instalações do estaleiro com o objetivo de identificar o fluxo de processo do Comissionamento de um subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão.

A entrevista foi estruturada em uma primeira versão pelo pesquisador de modo que as informações viabilizassem o alcance do objetivo da pesquisa. Após a

elaboração, o roteiro de entrevista passou por uma prévia análise dos entrevistados e posteriormente foi minuciosamente revista de modo a apresentar total clareza. O roteiro de entrevista foi constituído de perguntas às quais serviram apenas de base sem que tivesse a necessidade de ser seguida com rigor a ordem previamente definido.

No momento da entrevista, o pesquisador eximiu-se de emitir opinião sobre o assunto de modo que não houvesse indução das respostas, entretanto fazendo analogias quando julgava necessário para uma melhor compreensão. As entrevistas foram realizadas no próprio estaleiro mais precisamente no setor de trabalho dos respectivos engenheiros e transcorreram de forma agradável de modo que os entrevistados ficaram à vontade para expor as respostas.

A análise documental dirigida foi realizada em manuais e procedimentos de testes do Estaleiro, os quais não foram expostos no trabalho em decorrência de cláusulas de confidencialidade. Os documentos foram utilizados como consulta pelo pesquisador, a qual proporcionou auxílio para um melhor entendimento e base para o desenvolvimento do trabalho.

Através da transcrição das entrevistas realizadas com os especialistas, foram identificados os procedimentos de testes e provas empregados no comissionamento, os quais foram analisados e tratados posteriormente. Conforme Moraes (1999) os dados advindos das entrevistas chegam ao entrevistador em seu estado bruto, necessitando que sejam processadas de modo a facilitar a compreensão e inferência a que aspira à análise de conteúdo.

As informações obtidas a partir das visitas e entrevistas são analisadas a partir da técnica de análise de conteúdo, a qual resultou em uma matriz modelo de comissionamento que tem por finalidade sintetizar os procedimentos e boas práticas de engenharia no comissionamento deste subsistema.

No Quadro 3 apresentam-se os temas e suas respectivas categorias que servem para responder os objetivos da presente pesquisa. Ao longo do capítulo são expostas algumas citações diretas dos entrevistados.

Quadro 3 - Temas e Categorias de Análise

| Temas | Categorias |
|---|---|
| 1 – Estaleiro | a) Características do estaleiro<br>b) Perfil dos especialistas entrevistados |
| 2 - Planejamento de Comissionamento | a) Documentação de fundamentação do planejamento<br>b) Formação da equipe<br>c) Expectativas Pretendidas<br>d) Início e forma de participação da equipe de comissionamento |
| 3 – Conceito de Comissionamento | a) Entendimento do conceito comissionamento<br>b) Visão sistêmica do comissionamento |
| 4 –Caracterizações das fases do comissionamento | a) Fluxo do macroprocesso de comissionamento de um submarino<br>b) Eventos do processo de comissionamento |
| 5 – Aplicações dos procedimentos de inspeção e testes na fase de Condicionamento | a) Recebimento, Preservação e Manutenção<br>b) Testes e inspeções mecânica e funcionais<br>c) Documento de certificação de completação mecânica |
| 6 – Comissionamento | a) Testes realizados no sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão<br>b) Término das provas de mar, aprovação do sistema e Assinatura do Termo de Transferência e Aceitação do Sistema |

Fonte - Autor.

Tema 1 – Estaleiro

Categoria: a) Características do estaleiro

Na “Caracterização do estaleiro objeto de pesquisa” são relatadas as principais características do estaleiro, do empreendimento e dos especialistas entrevistados que nele trabalham. O Estaleiro “X”, o qual é o nosso objeto de pesquisa, está localizado no município do Rio de Janeiro e destaca-se por sua excelência em atividades técnicas e industriais que envolvem projetos, construção e manutenção de meios navais. O Estaleiro “X” foi instituído no ano de 1763 com a finalidade de reparar navios da Marinha de Portugal, ainda no período imperial e possui uma capacidade reconhecida internacionalmente (PODER NAVAL,2007).

No estaleiro “X” foram realizadas a construção de 4 (quatro) submarinos convencionais em que exigiu uma modificação na arquitetura da oficina com pontes rolantes, oficina de estrutura, redes, solda e eletricidade.

Atualmente, o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub) através de um acordo de transferência de tecnologia entre Brasil e França, em 2008, viabilizará a produção de quatro submarinos convencionais, que se somarão à frota de cinco submarinos já existentes. E culminará na fabricação do primeiro submarino brasileiro com propulsão nuclear. Para absorção desta nova tecnologia o Estaleiro “X” estudado nesta dissertação cedeu vários operários, técnicos e engenheiros especializados na construção e reparo de submarinos para formação do Corpo técnico da Marinha, com a missão de difundir, orientar e treinar os colaboradores deste novo estaleiro.

De acordo com o Portal Naval, seguem abaixo algumas características técnicas do Estaleiro “X”.

Dique A:

Tem capacidade para docar navios da Marinha do Brasil ou navios mercantes de até 80.000 DWT, com as seguintes dimensões máximas: Comprimento: 254,58 m; Largura: 35,96 m; Altura: 15,51 m.

Dique B:

Tem capacidade para docar navios da Marinha do Brasil ou navios mercantes de até 16.000 DWT, com as seguintes dimensões máximas: Comprimento: 165,15 m; Largura: 19,00 m; Altura: 11,21 m.

Dique C:

Tem capacidade para docar navios da Marinha do Brasil ou navios mercantes de até 2.500 DWT, com as seguintes dimensões máximas: Comprimento: 88,45 m; Largura: 9,15 m; Altura: 8,50 m.

Dique Flutuante:

Tem capacidade para docar navios da Marinha do Brasil ou navios mercantes de até 5.000 DWT, com as seguintes dimensões máximas:

Comprimento:100,00 m; Largura: 14,00 m

Carreira

Comprimento: 116,00 m; Declividade: 6%; Boca: 25,00 m

Guindastes: 3 x 30 ton; 5 x 10 ton; 1 x 5 ton; 1 x 6 ton; 1 x 11 ton; 1 x 13 ton; 1 x 20 ton; 1 x 70 ton

Tema: 1 – Estaleiro

Categoria: b) Perfil dos especialistas entrevistados

O “perfil dos especialistas entrevistados” apresenta as características dos profissionais que trabalham efetivamente nas atividades de comissionamento e de tomadas de decisões realizadas no estaleiro. A formação e experiência de ambos tiveram uma relevante contribuição para o desenvolvimento do presente trabalho. Os engenheiros entrevistados trabalham no estaleiro por um longo período em cargos de liderança o que lhes concede uma visão holística acerca das atividades.

> Engenheiro mecânico com especialização na Alemanha e na França no que tange a construção e comissionamento de submarinos. Trabalho neste estaleiro há 35 anos. Hoje, sou líder, engenheiro chefe de comissionamento de submarino. (Engenheiro Gustavo, Engenheiro Mecânico chefe do comissionamento da Construção de submarinos)

Tema: 2 – Planejamento de Comissionamento

Categoria: a) Documentação de fundamentação do planejamento

O tema tem como objetivo verificar o planejamento da gerência, organização e controle das atividades de comissionamento.

A “Documentação de fundamentação do planejamento” é uma das principais ferramentas de estruturação do Comissionamento. Toda a documentação que servirá como base deve ser devidamente elaborada. Os documentos devem abordar todas as especificações necessárias para o andamento do projeto.

> [...] o estaleiro faz este projeto básico e encaminha ao fabricante, o fornecedor do projeto, dizendo as nossas necessidades que deva ter o meio naval. Desta forma, o projeto básico tem todos os requisitos necessários para atendimento à nossa solicitação. Exatamente, na parte técnica contamos com o grupo de projetos que faz as solicitações da necessidade ao usuário a partir daí é solicitado auxílio ao departamento jurídico sendo este projeto básico encaminhado ao detentor da tecnologia da plataforma do submarino. (Engenheiro Marcelo, Engenheiro Mecânico chefe do comissionamento do Reparo de submarinos)

O entrevistado citou a necessidade de se ter um documento básico para o desenvolvimento do trabalho. O projeto básico é um elemento de suma importância na execução de uma obra e a elaboração de forma incorreta pode gerar dificuldades na obtenção dos resultados almejados. De acordo com a Lei 8.666/93, normas para licitações e contratos da Administração Pública de 21 de junho de 1993, o Projeto básico constitui-se como:

> Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a

> viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução [...]

O Entrevistado Marcelo também elucida a importância do projeto básico:

> E só para eu deixar claro, o projeto básico contém as necessidades que o estaleiro precisa para o fornecimento deste produto, então ali contém as características técnicas, normas, comprimento do submarino, o diâmetro do casco resistente, tipo de propulsão, quantas pessoas nós vamos embarcar, quantos dias de autonomia no mar nós precisamos, enfim, quais os requisitos que nós gostaríamos que fossem atendidos. (Engenheiro Gustavo)
>
> Uma vez aprovado o projeto básico o estaleiro detentor da tecnologia, vai construir conforme as nossas solicitações". (Engenheiro Marcelo)
>
> Toda a construção e comissionamento tem neste documento uma pesquisa a serem realizadas, para isso todos tem acesso às normas contidas neste documento básico e necessidades que ficam guardadas no arquivo técnico do nosso próprio estaleiro. (Engenheiro Marcelo)

A partir da percepção do Engenheiro Especialista o EAP (Estrutura Analítica do Projeto), é outro documento confeccionado para fundamentação do planejamento, e tem ligação direta com o projeto básico mencionado anteriormente:

> Para que possamos fazer todo o EAP (Estrutura Analítica do projeto) e assim verificarmos o projeto como um todo em suas necessidades, sua organização e sua prontificação. Precisamos ter um documento básico e este documento inicialmente é efetivamente o projeto básico de compra e aquisição desta embarcação, a partir do qual retiramos todos os requisitos técnicos, as normas necessárias para acompanharmos a evolução da construção do Submarino e consequentemente o seu comissionamento. (Engenheiro Gustavo)

Segundo PMI (2008), a EAP é uma decomposição orientada às entregas do trabalho a ser executado para atingimento dos objetivos do projeto e criação das entregas requisitadas. Cada nível da EAP representa uma definição que é gradualmente mais detalhada com relação à definição do trabalho do projeto. Cada

elemento de uma EAP deve ser representado por um código que servirá para o planejamento, execução, monitoramento e controle.

Tema: 2 – Planejamento de Comissionamento

Categoria: b) Formação da equipe

Na “Formação da equipe” apresenta-se a equipe de comissionamento a qual pode-se perceber que é composta por profissionais multidisciplinares com atuação nas diversas áreas do estaleiro, facilitando dessa forma o progresso das atividades.

> Inicialmente a nossa equipe tem uma abrangência do setor de projetos, construção e no próprio comissionamento, para isso dispomos engenheiros, técnicos e especialistas para atender as inúmeras atividades necessárias ao comissionamento do meio [...]. Nosso grupo tem em torno de 20 pessoas, um número que achamos adequado à execução das atividades sem abrir mão dos apoios que temos sempre das outras áreas do estaleiro. (Engenheiro Gustavo)

A etapa posterior ao projeto básico é justamente o projeto executivo que consiste no conjunto dos elementos necessários e suficientes para a execução completa da obra ou do serviço, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os componentes da obra, como materiais descritivos, cálculos estruturais, desenhos, especificações técnicas e executivas, cronograma e planilhas de orçamento, são reunidos no projeto executivo. Destaque ainda para os equipamentos necessários para a construção, que devem ser mencionados obrigatoriamente. (TORANZO BRUNO, 2017). Este projeto é realizado pelo detentor da tecnologia da plataforma a qual deve-se contratar.

A partir deste documento é que se inicia o planejamento do comissionamento, elaborando os procedimentos que serão utilizados para realização dos FAT`s dos equipamentos comprados pelo setor de suprimento.

Tema: 2 – Planejamento de Comissionamento

Categoria: c) Expectativas pretendidas

> [...] é conjunto de atividades que devem ser realizadas que compõem os requisitos básicos necessários para garantir um bom comissionamento, entendemos que um bom comissionamento se

> realiza através de todas essas atividades: Planejamento, documentação, cronograma e o efetivo acompanhamento na área de construção e montagem para que no tempo certo possamos realizar os devidos testes, verificações e registros de todas as pendências impeditivas e não impeditivas. Registro de todas as ocorrências que foram verificadas ao longo do comissionamento fazendo a *panche list* e também listando os aprendizados para que no próximo comissionamento possamos atingir uma performance maior. E assim anotando todas as irregularidades, as modificações necessárias para se obter um bom sistema. Acreditamos que com isso vamos dar cabo de um comissionamento bem realizado e a garantia que o sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão seja realizado de maneira adequada. (Engenheiro Marcelo)

Tema: 2 – Planejamento de Comissionamento

Categoria: d) Início e forma de participação da equipe de comissionamento

O “Inicio e forma de participação da equipe de comissionamento”, atualmente, ocorre de maneira antecipada com a presença direcionada em vários setores que tenham uma sinergia com o comissionamento.

> Nós entendemos hoje, depois desta nossa grande trajetória e experiência na área, que o comissionamento deve fazer parte desde início na elaboração do projeto básico e aí fazendo parte dos setores de projeto, o setor de aquisição de matérias, o setor de construção até os testes propriamente ditos para aprovação do meio naval. (Engenheiro Gustavo)

Conforme relatado os profissionais são analisados de modo a identificar a melhor forma de participação.

> Procuramos identificar na equipe aqueles especialistas que mais se adéquam as fases do projeto, efetivamente estarão trabalhando no projeto aqueles que tenham as melhores afinidades, depois no acompanhamento de obras e depois juntos no comissionamento. (Engenheiro Marcelo)

Tema 3 – Conceito de Comissionamento

Categoria: a) Entendimento do conceito comissionamento

Neste tema, procurou-se identificar o entendimento do significado de comissionamento pelo especialista e qual a sua visão sistêmica deste processo.

O “Conceito de comissionamento” na visão de o especialista dar-se da seguinte forma:

> Entendemos a nossa atividade como uma necessidade para prontificação deste meio naval, na qual verificamos se todos os requisitos técnicos e contratuais foram atendidos de modo a assegurar a integridade física, seus tripulantes e do meio naval. (Gustavo)

Segundo Prates e Gaete (2007), o comissionamento é considerado como o conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia aplicados de forma integrada a uma unidade (ou planta) industrial, visando torná-la operacional, dentro dos requisitos estabelecidos pelo cliente final, de modo a assegurar a transferência (*handover*) da unidade industrial do construtor para o operador de forma ordenada e segura, garantindo sua operabilidade em termos de desempenho confiabilidade e rastreabilidade de informações.

Tema 3 – Conceito de Comissionamento

Categoria: Visão sistêmica do comissionamento

A “Visão sistêmica do comissionamento” dada pelos entrevistados consiste nas seguintes afirmativas:

> A partir da estruturação da equipe, nós fazemos o planejamento das atividades que serão desenvolvidas ao longo de todo projeto. Dividindo os especialistas, dividindo as atividades que serão realizadas tratando-as cada uma de maneira individual e ao mesmo tempo dentro do sistema como um todo. (Engenheiro Gustavo)

> A chave do sucesso para um comissionamento perfeito vem da devida análise de toda documentação necessária para realização dos testes, a formação de uma boa equipe, o atendimento gradual e efetivo ao longo do projeto de construção do submarino e finalizando com as provas de mar e o devido treinamento da equipe de bordo. Hoje nós entendemos que deve ser realizado todo esse ciclo e não mais como se pensava antigamente que o comissionamento era apenas um momento, uma parte em toda construção. Pensamento equivocado que nos surpreendia em todos os momentos com inúmeros

> problemas, mas agora com esta visão mais holística do trabalho estamos inseridos desde início do projeto até a aceitação final do equipamento no submarino como um todo. (Engenheiro Marcelo)

De acordo com a ForShip (2010), a visão sistêmica do Comissionamento envolve a Gestão do Comissionamento, execução de campo e suporte de engenharia. É necessária a compreensão do todo a partir da análise global das partes e sinergia entre as mesmas. Sendo necessária uma interligação entre o Projeto, Suprimento & Logística e Construção & Montagem.

Tema 4 – Caracterização das fases do comissionamento

Categoria: a) Fluxo do macroprocesso de comissionamento de um submarino

O “Fluxo do macroprocesso de comissionamento de um submarino” caracteriza a atuação da equipe de comissionamento nas devidas fases do empreendimento.

> Se nós tivéssemos agora que estabelecer um fluxo deste macro processo de comissionamento de um submarino convencional como um todo, temos que fazê-lo dividindo em três fases, três grande fases a saber: A fase de projetos, a fase de conservação que é o pré-comissionamento e a fase de comissionamento como um todo, nestas três fases existem atividades importantes a serem realizadas que daria uma abrangência geral. Desta forma, verificamos que são necessários desde lá a realização do TAF, realização dos manuais de Manutenção e preservação do equipamento, dizemos que toda essa parte de aquisição de materiais e equipamentos são necessários, falamos que a documentação para efetiva realização dos trabalhos são necessárias nas oficinas, os testes hidrostáticos são necessários, os teste de válvulas e equipamentos que devem ser previamente testados em oficina são necessários, diríamos que a bordo os testes de estanqueidade são necessários, lá na própria oficina diríamos que a decapagem, a secagem e inertização são também necessários. Abordo, diríamos que o próprio *flushuing* é necessário diríamos que toda a parte de completação mecânica no que tange a fixação dos elementos, o alinhamento, o nivelamento é necessário. Da mesma forma, toda parte de verificação de malha no que diz respeito a “batida” de cabos, verificamos que a “batida” de continuidade é necessária, a megagem de todos os equipamentos é necessária, o sentido de giro de todo motor elétrico e identificação de equipamento. Na parte de instrumentação verificar e calibrar todos instrumentos, realizando uma

> pré calibração de bancada e depois uma verificação no local, diríamos que os testes de funcionamento são necessários a onde fazemos o *set to work* dos equipamentos e depois estar completando em cada subsistema e sistema até a performance de cada equipamento / sistema. Já falamos que a identificação com TAG de cada elemento comissionável na hora, lá na frente, na hora dos testes de mar é muito importante. Não se pode ficar sem saber que tipo de válvula é. Eu tenho que saber imediatamente através do TAG e identificar que sistema pertence está válvula a qual estou abrindo ou fechando, de modo que eu possa afazer o que nós chamamos de alinhamento das válvulas se necessário. Citamos também que no teste específico do subsistema de carregamento e armazenamento de ar de alta pressão, testar o sistema de carregamento externo é necessário, e também o teste da válvula de intercepção com os mesmos compressores interno. Fazer a verificação do compressor específico antes de colocar ele em funcionamento é necessário e quando for realizar no próprio cais esta performance do equipamento, atentar e verificar as temperaturas e as pressões necessárias. No mar quando estivermos em prova de mar ficamos atentos junto ao pessoal que vai operar realizando assim, este treinamento. (Engenheiro Gustavo)

Na visão Gaete e Prates (2007), o macroprocesso de comissionamento segue o seguinte fluxo: Engenharia & Planejamento, Pré-comissionamento e comissionamento, tendo em vista a necessidade da participação antecipada da equipe a fim de antever problemas que anteriormente só se verificava na etapa denominada partida.

Segue abaixo o detalhamento do fluxo:

a) Engenharia e Planejamento – Na fase de Engenharia compreende-se a análise e elaboração de documentos técnicos especializados e na fase de Planejamento engloba-se os organogramas, cronogramas, histogramas e todos os planos específicos de comissionamento.

b) Pré-Comissionamento – Caracteriza-se pelas atividades de campo, executadas a frio, sem energização. O foco está nas atividades dos itens comissionáveis que compõem um subsistema.

c) Comissionamento – Envolve a pré-partida; partida e operação assistida até a transferência *(handover*) para a equipe de operação.

Tema 5 – Aplicação dos procedimentos de inspeção e testes na fase de Condicionamento

Categoria: a) Recebimento, Preservação e Manutenção

A fase de condicionamento inicia com “Recebimento, Preservação e Manutenção” de todos os itens comissionáveis.

> Todo equipamento que foi solicitado, que foi comprado nas firmas, nos fabricantes, existe um grupo de pessoas que vão fazer o que nós chamamos de TAF, é o teste de aceitação no fabricante, este teste visa garantir os requisitos técnicos necessários em conformidade com as necessidades. (Engenheiro Marcelo)

> Sim, existe uma equipe responsável por esta aceitação que normalmente é um membro do comissionamento, um membro da qualidade e outro da própria aceitação, ou seja, o garantidor que no nosso caso é a DEN, Departamento de Engenharia Naval. Um do Comissionamento, um da qualidade e outro do departamento de engenharia naval, normalmente é assim. O mínimo de três. (Engenheiro Gustavo)
> Quando nós falamos de aceitação é aceitação na própria fábrica, a sigla já nos fala TAF, teste de aceitação de fábrica. (Engenheiro Marcelo)

De acordo com a resposta de Gustavo a realização do recebimento dos equipamentos no almoxarifado do estaleiro ocorre da seguinte forma:

> O recebimento destes no almoxarifado fica a cargo do grupo de qualidade e das pessoas que trabalham no almoxarifado na qual verificam e atestam se os equipamentos que estão vindos estão conforme as solicitações e especificações.

Enquanto os equipamentos encontram-se estocados segue-se um procedimento de controle para preservação dos mesmos.

> Quando o equipamento é recebido, nós do comissionamento temos uma etapa de manutenção e preservação destes próprios equipamentos, os quais após serem recebidos documentalmente

> passamos fazer a manutenção deste equipamento no almoxarifado. (Engenheiro Marcelo)

> Este controle é feito através do que nós chamamos de Mane, Manual de manutenção. Este manual que tem ali todos os requisitos de manutenção para preservação destes equipamentos enquanto estocados, fazemos várias atividades, por exemplo: A substituição de óleo de preservação, giro do eixo, verificar se ele continua em vácuo, se a embalagem está perfeita, verificar os sensores para saber se o equipamento continua intacto, caso haja algum tombamento o sensor indica. Enfim, existe um acompanhamento e uma manutenção realizada através de procedimentos específicos neste manual. (Engenheiro Gustavo)

De acordo com a PG-25-SEQUIETCM/CEND-004, procedimento geral de inspeção de construção, montagem e comissionamento de instrumentação – Qualificação de pessoal (Petrobras 2013) engloba:

- Verificar se os procedimentos documentados estão disponíveis e atualizados.
- Verificar se o pessoal designado está qualificado para a execução das tarefas;
- Verificar se os materiais, instrumentos e equipamentos a serem utilizados foram liberados para uso ou validados conforme procedimentos estabelecidos;
- Verificar se a execução do serviço está sendo conduzida de acordo com o projeto e procedimentos documentados, em atividades como: Preparação da documentação de controle e preservação; Preservação no recebimento e nos prazos estabelecidos; Preservação na montagem e nos prazos estabelecidos; Reexecução da preservação em caso de perda da condição de preservação e Registros das preservações.

No relato de Gustavo percebe-se o Procedimento de validação da resistência e estanqueidade dos "*spool"* na oficina;

> Todos os *Spool* fabricados na oficina existe um procedimento de teste para validar a sua resistência estrutural o que nós chamamos de teste hidrostático. Teste hidrostático é um teste de pressão realizado normalmente a 1,5 (da pressão operacional do sistema de trabalho) e garante a resistência deste material. (Engenheiro Gustavo)

De acordo com a Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft (2008) que aborda classificação e construção de submarinos, terminada a fabricação, mas antes de serem isolado ou pintado, todos os tubos devem ser submetidos a uma pressão hidráulica de 1,5 vezes o limite máximo de pressão de trabalho permitido.

E o procedimento de validação da estanqueidade dos "*spool*" a bordo:

> O teste de estanqueidade é o teste que nós normalmente realizamos a uma pressão de 1.25 vezes a pressão operacional do sistema de trabalho, o que garante a estanqueidade deste material a bordo. Então na oficina fazemos o teste hidrostático. A bordo a estanqueidade é feita através do teste de estanqueidade abordo que é um teste de pressão a 1,25 (da pressão operacional do sistema de trabalho), garantindo que as conexões e os acessórios que foram a ele anexados, como: Manômetros, pressostatos e outros acessórios de tubulação não apresentem vazamentos em suas conexões. (Engenheiro Gustavo)

Segundo foi apresentado a montagem e limpeza interna das tubulações a bordo é garantida da seguinte forma:

> A limpeza é garantida por meio de '*flusching*" e este "*flusching*" inicialmente fazemos em seções de "*spool"*, montamos uma malha com vários "*spool"* e fazemos a limpeza inicial depois da decapagem dele. Assim, decapagem, neutralização e inertização, seguem garantindo a limpeza. Terminado está limpeza os *"spool"* vão para bordo e são novamente instalados e realizado um "*flusching"* em todo a malha, completando com o sistema como um todo. (Engenheiro Marcelo)

Segundo a IKM Testing Group, A limpeza de sistemas é de suma importância durante as fases de construção e comissionamento, antes da produção e certificação de qualquer projeto. Normalmente os sistemas óleo hidráulicos e óleo de lubrificante exigem certificação em limpeza. Outros sistemas de tubulação também poderão exigir a mesma certificação. A análise para determinar a limpeza dos sistemas é alcançada através de dois métodos, manualmente por análise microscópica ou automaticamente por contagem computadorizada de partículas online. A verificação de limpeza de

acordo com os padrões e normas, como ISO 4406 ou NAS 1683, identificação partículas e volume de água.

Verificou-se também claramente a necessidade de pré-calibração de algumas válvulas em oficina, antes de serem montadas a bordo assim como concluída a construção e montagem de um SOP (Sistema Operacional) a necessidade de realização de testes antes de testes funcionais.

> Algumas válvulas tipo PSV, válvula de segurança, elas normalmente precisam ser testadas e aferidas na oficina para que você quando a instale não fique repetindo vários testes ao mesmo tempo e levando ao “stress” todos os sistemas, ou seja, eu faço uma pré-calibração em oficina e quando chega à montagem lá na área no momento do teste você faz apenas a realização de um teste e espera-se que ela abra e feche dentro da normalidade. (Engenheiro Marcelo)

Tema 5 – Aplicação dos procedimentos de inspeção e testes na fase de Condicionamento

Categoria: b) Testes e inspeções mecânica e funcionais;

> Existem vários testes que nós realizamos antes de efetivamente realizarmos os testes funcionais que são os testes que garantem a funcionalidade daquele sistema. Antes de realizarmos um teste, temos que garantir primeiramente se o equipamento foi efetivamente montado e fixado conforme se previa. Verificamos o alinhamento, nivelamento e torqueamento dos parafusos de fixação de cada máquina, por exemplo: Os motores verificamos efetivamente se ele está ligado conforme o esquema elétrico prevê, fazemos por exemplo uma verificação de continuidade, Megamos o circuito, fazemos todas as verificações de malha, fazemos os próprios testes de estanqueidade do sistema, fazemos todas essas verificações e o sentido de giro do motor antes de efetivamente fazermos o *“Set to work* “ e o funcionamento do sistema como um todo. (Engenheiro Gustavo)

> Se formos listar, aqui todos os inúmeros testes e verificações que são necessários iniciando, por exemplo: Pela documentação do TAF, se ele foi feito e recebido de acordo, depois toda a verificação do Mane se ele foi cumprido, a manutenção e os testes de estanqueidade que são realizados, os testes hidrostáticos, os testes de verificação de malha e todos os outros testes, e completação mecânica como um todo, só a partir desta verificação que eu posso ligar o equipamento. (Engenheiro Marcelo)

Tema 5 – Aplicação dos procedimentos de inspeção e testes na fase de Condicionamento

Categoria: Documento de certificação de completação mecânica

“Documento de certificação de completação mecânica” atesta que todas as ações de condicionamento previstas foram realizadas com sucesso, assim como a documentação e atualização de registros pertinentes.

> “Cada teste deste é realizado pelo grupo de teste e ele tem que ter testado e documentado de modo que possa fazer os testes funcionais.” (Engenheiro Gustavo)
>
> Então está completação, chamamos de Completação Mecânica que garante que o equipamento foi todo instalado e torqueado, verificando a montagem como um todo e garantindo assim a sua fixação e a prontificação para os testes. (Engenheiro Gustavo)

Tema 6 – Comissionamento

Categoria: a) Testes realizados no sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão

"Testes realizados no sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão"

> O sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão compõe um grupo de sistemas de segurança necessários para o lançamento do submarino. São considerados como sistemas que devem estar prontos para o lançamento do submarino. (Engenheiro Marcelo)
>
> O sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão, poderíamos citar aqui os testes iniciais a fazer: É claro citamos os testes hidrostáticos, os testes de estanqueidade, fazemos também como realizamos em todos os sistemas, a Completação Mecânica, teste de malha, o “*bank test“* e todos esses testes que compõe e alguns testes particulares por exemplo: Temos um teste de carga que nós fazemos com um compressor no cais carregando os vasos de pressão de ar de alta pressão, e aí testamos todo o subsistema de carregamento externo, temos os testes interno com o próprio compressor de bordo até realizamos o teste de performance que é um teste geral a onde nós verificamos o tempo, temperatura que atinge

os grupos de ar de alta pressão quando são alcançadas as pressões máximas, ou seja a pressão total, a vazão do compressor que ele chega ao final do teste de performance como um todo. (Engenheiro Gustavo)

Todos esses grupos de testes que nós conversamos anteriormente constitui os testes em oficina, os testes de cais que nós chamamos de HAT e que iniciamos no Dique. Logo após a conclusão desta etapa com submarino lançado, continua-se os testes de cais para preparar o navio para os testes de mar o que nós chamamos de prova de mar. Na prova de mar, realizamos todos esses testes que fizemos só que em condições mais adversas no mar, a onde a condição de segurança é muito fundamental e fazemos isso juntamente com toda tripulação. Nesta fase a própria tripulação vai se acostumando, vai tendo treinamento específico daquele equipamento, não que ela não saiba operar, mas ela vai passar conhecer o equipamento que ela tem na mão conhecendo os parâmetros, até onde o equipamento pode ir em uma situação de emergência o que ela pode fazer, registrando todos esses valores. Então nós temos todos esses acompanhamentos antes da entrega do sistema e do navio a tripulação, antes do "*Handover"* como se costuma ser dito, a entrega final. E para efetivação da própria entrega, nós temos um documento que fazemos essa entrega dos sistemas do Navio ao pessoal da tripulação. (Engenheiro Gustavo)

A prova de mar é a etapa final é quando se verifica a performance dos equipamentos em condições adversa em um meio onde realmente ele trabalha. Quando você está no cais embora você faça a performance do equipamento ele não está no ambiente normal dele de trabalho e claro que fazemos também a carga do sistema de ar de alta pressão no cais com compressor externo ou com o próprio compressor do submarino, mas fazemos também em "esnorquel" no mar onde as condições adversas estão atuando toda hora, o navio está operativo e naquele exato momento nós estamos fazendo a carga de ar no mar então é uma condição adversa. (Engenheiro Marcelo)
A prova de mar varia de navio a navio, a prova de mar normalmente vai de quatro a cinco meses e aí pode se estender até um ano dependendo do navio. Os navios convencionais iguais aos que nós construímos, precisamos mais ou menos cinco meses para realizar uma prova de mar e aí é claro nessas provas de mar aparecem muitas pendências que são tratadas. Às vezes temos que retornar ao mar de novo para certificar que estas pendências foram eliminadas, o navio neste momento está sob garantia do estaleiro construtor. (Engenheiro Marcelo)

Tema 6 – Comissionamento

Categoria: b) Pendências oriundas dos Testes de Aceitação de Performance

"Pendências oriundas dos Testes de Aceitação de Performance" são todas as irregularidades verificadas no momento dos testes as quais devem receber tratamentos conforme a gravidade.

> São as pendências impeditivas e pendências não impeditivas, que podem ser resolvidas mais tarde. Então, algumas pendências têm que ser resolvidas naquele momento imediato, não pode deixar para mais tarde. Tudo que gera segurança, segurança do meio naval, estrutura como um todo tem que ser resolvida e o sistema de ar de alta pressão são um destes sistemas que garantem o bom lançamento do submarino. (Engenheiro Marcelo)

Tema 6 – Comissionamento

Categoria: c) Término das provas de mar e aprovação do sistema

> Entendemos um navio comissionado quando todas as provas de mar foram efetivamente realizadas, o pessoal da tripulação foi treinado e está operando normalmente e foi aberta essa documentação de transferência e aceitação dos sistemas, mesmo que existam algumas pendências a serem retiradas, o navio está comissionado. (Engenheiro Gustavo)

Tema 6 – Comissionamento

Categoria: d) Assinatura de Termo de Transferência e Aceitação do Sistema

> Esse documento é o termo de transferência e aceitação do sistema, o termo de Transferência e aceitação do sistema comprova que todos os equipamentos foram testados e avaliados dentro das normas, foi também todo pessoal da tripulação treinado ali e estão prontos para operar. Assim, o termo de transferência e aceitação do equipamento pode ser emitido. (Engenheiro Gustavo)

A matriz resultante, ora apresentada, embora não tenha esgotado todas as possibilidades de combinações de procedimentos de testes e inspeções. A mesma possibilita que a equipe de comissionamento possa ter uma visão ampliada do volume de procedimentos a serem aplicados e, em que fase poderá intensificar esforços para melhorar a confiabilidade em cada malha do subsistema testado.

## 4.3 MODELO ESTUDADO

A fim de se obter uma base para elaboração da matriz proposta foi estudado A THE NATIONAL SHIPBUILDING RESEARCH PROGRAM que descreve em seu manual, NSRP 0534 N6-95-19 Standard Ship Test and Inspection Plan, Procedures and Databaser, 1999 um procedimento de teste de um sistema de ar de controle e serviço de um navio.

Quadro 4 - Matriz de testes da National Shipbuilding Researchprogram

NATIONAL SHIPBUILDING RESEARCH PROGRAM

**General Service Air Compressors** Hull Number:_____

| OPERATIONAL TEST | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Item #** | **Description** | **Design** | **Actual** | |
| | | | Comp #1 | Comp # 2 |
| 1 | **MOTOR** | | | |
| | Volts: | 460 (±23 Volts) | | |
| | Amps: Phase A | 65 Max. | | |
| | Amps: Phase B | 65 Max. | | |
| | Amps: Phase C | 65 Max. | | |
| | Rotation: | SAT/ UNSAT | | |
| | RPM: | 1780 (±70 RPM) | | |
| | Cold Insulation Resistance: | >1MΩ | | |
| | Hot Insulation Resistance: | >1MΩ | | |
| | Bearing Temp: | SAT/ UNSAT | | |
| | Frame Temp: | SAT/ UNSAT | | |
| 2 | **CONTROLLER** | | | |
| | Cold Insulation Resistance: | >1MΩ | | |
| | Hot Insulation Resistance: | >1MΩ | | |
| 3 | **COMPRESSOR** | | | |
| | Syst. Design Disch Press: | 115 psi (±6 psig) | | |
| | Bearing Temp: | SAT/ UNSAT | | |
| 4 | **OBSERVATIONS** | | | |
| | Noise: | SAT/ UNSAT | | |
| | Vibration: | SAT/ UNSAT | | |
| | Casing Temp: | SAT/ UNSAT | | |
| | Leakage: | SAT/ UNSAT | | |
| | Lubrication: | SAT/ UNSAT | | |

| WITNESSED BY | DATE |
|---|---|
| SHIPBUILDER: | |
| CUSTOMER: | |

Quadro 4 - Matriz de testes da National Shipbuilding Researchprogram (Continuação)

NATIONAL SHIPBUILDING RESEARCH PROGRAM

**General Service Air System** Hull Number:_____

| OPERATIONAL TEST | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Item #** | **Description** | **Design** | **Actual** | |
| | | | Starboard Comp #1 | Port Comp #2 |
| 5 | General Service air compressors start and stop locally. | SAT/ UNSAT | | |
| 6 | Lube oil low pressure cut out setting | 14 psig (±1 psig) | | |
| 7 | High gas temperature cut-out | 140°F (±3°F) | | |
| 8 | Compressor cut-in pressure controls | 100 psig (± 5 psig) | | |
| 11 | Compressor cut-out pressure controls | 125 psig (± 5 psig) | | |
| 12 | Unloading system operation | SAT/ UNSAT | | |
| 13 | Proper operation of moisture separators | SAT/ UNSAT | | |
| 14 | Proper operation of pressure reducer - Emergency supply to general service air system from main starting air system | 87 psig (± 5 psig) | | |
| 15 | Proper operation of pressure reducer - Emergency supply to instrument air from general service air system from starting air system. | 50 psig (± 3 psig) | | |
| 16 | Proper operation of pressure reducer - Supply to instrument air system from main starting air system. | 50 psig (± 3 psig) | | |
| 17 | General Service air receiver relief valve setting | 140 psig (+0/-5 psi) | | |
| 18 | General Service air supply available at dehydrator outlet | SAT/ UNSAT | | |

| WITNESSED BY | DATE |
|---|---|
| SHIPBUILDER: | |
| CUSTOMER: | |

## 4.4 SOLUÇÃO PROPOSTA

A partir dos modelos estudados foi proposta a seguinte matriz de comissionamento do Subsistema em estudo:

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | |
| I | Elaboração do planejamento de Comissionamento | | | | | | | |
| **1** | **Análise de documentação** | x | | | | | | |
| 1.1 | Projeto Básico | x | | | | | | |
| 1.2 | EAP | x | | | | | | |
| **2** | **Expectativa pretendida** | x | x | x | x | x | x | x |
| 2.1 | Formação da equipe com engenheiros, técnicos e especialista | x | x | x | x | x | x | x |
| 2.2 | Participação da equipe de comissionamento (Visão sistêmica do comissionamento) | x | x | x | x | x | x | x |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | |
| II | Aquisição, Recebimento e Manutenção de Equipamentos | | | | | | | |
| **1** | **Aquisição** | | x | | | | | |
| 1.1 | Teste de aceitação no fabricante (TAF) | | x | | | | | |
| 1.2 | Recebimento de equipamentos | | x | | | | | |
| **2** | **Elaboração do manual de equipamentos** | x | | | | | | |
| 2.1 | Manutenção e preservação dos equipamentos | | x | x | x | x | x | x |
| III | Procedimentos de inspeção e testes na fase de Condicionamento | | | | | | | |
| **1** | **Testes e inspeções na oficina** | | | x | | | | |
| 1.1 | Teste hidrostático | | | x | | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | |
| 1.2 | Teste de estanqueidade | | | x | | | | |
| 1.3 | Limpeza interna das tubulações | | | x | | | | |
| 1.3.1 | Desengraxamento e Decapagem | | | x | | | | |
| 1.3.2 | Passivação | | | x | | | | |
| **1.4** | **Calibração de equipamentos de instrumentação** | | | x | | | | |
| 1.4.1 | Pré - calibração das PSV`s | | | x | | | | |
| 1.4.2 | Teste de verificação em bancada das válvulas de segurança (1°estágio 4bar, 2°estágio 17bar, 3°estágio 60bar e 4°estágio 250bar) | | | x | | | | |
| **2** | **Inspeções a bordo** | | | x | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 2.1 | Inspeção de instalação (Unidades compressoras, unidade de filtragem e secagem de ar, Blocos distribuidores e grupos de vasos de pressão e demais equipamentos e itens do subsistema) | | | x | | | | | |
| 2.1.1 | Inspeção de rastreabilidades de equipamentos / itens comissionáveis e elementos de fixação conforme TAG`s | | | | x | | | | |
| 2.1.2 | Nivelamento e alinhamento de equipamentos | | | x | | | | | |
| 2.1.3 | Torqueamento e travamento | | | x | | | | | |
| 2.1.4 | Emissão da Lista de Pendência | x | x | x | x | | | | |
| 2.1.5 | Emissão do Certificado de Completação Mecânica (CCM), (CCM1 com pendências e CCM2 sem pendências) | x | | | | | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | |
| IV | Comissionamento | | | | | | | |
| **1** | **Flushing do sistema** | | | | x | | | |
| **2** | **Teste de estanqueidade dos subsistemas** | | | | x | | | |
| 2.1 | Teste de estanqueidade do subsistema de resfriamento dos compressores bigrama EJ **Segurança: Retirar selo de segurança do resfriamento dos compressores e recolocar após aprovação dos testes** | | | | x | | | |
| 2.2 | Teste de estanqueidade do subsistema de ar de serviço bigrama FE, para a unidade de filtragem e secagem de ar | | | | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 2.3 | Teste de estanqueidade do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão incluindo todos os grupos de ar (250bar) | | | | x | | | | |
| **3** | **Teste da linha de alimentação externa** | | | | x | | | | |
| 3.1 | Teste da linha de carregamento externa, com compressor externo (250bar) | | | | | x | | | |
| 3.2 | Teste de carregamento dos grupos de vasos de pressão, com compressor externo até 100bar | | | | | x | | | |
| **4** | **Blank Test** | | | | | x | | | |
| 4.1 | Limpeza no painel elétrico, controladores de partida e motores elétrico | | | | x | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 4.2 | Verificar a continuidade das ligações e teste de resistência de isolamento dos motores | | | | x | x | | | |
| 4.3 | Inspeção de Ligações (terminal, cordoalha de aterramento e escova dos motores) | | | | x | x | | | |
| 4.4. | Verificação e simulação de acionamento e sinalização, dos alarmes de segurança dos compressores e unidade de filtragem e secagem do ar | | | | x | x | | | |
| 4.5 | Verificação e simulação do acionamento e sinalização, local e remoto dos controladores de partida dos compressores | | | | x | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 4.6 | Testar tensão e alimentação dos motores | | | | x | x | | | |
| **5** | **Loop Test** | | | | x | x | | | |
| 5.1 | Testes de Monitoramento das Unidades compressoras | | | | x | x | | | |
| 5.2 | Teste de atuação dos sensores de temperatura no quadro sinótico | | | | x | x | | | |
| 5.3 | Teste de atuação dos pressostatos | | | | x | x | | | |
| 5.4 | Teste local de atuação dos manômetros do quadro sinótico | | | | x | x | | | |
| 5.5 | Testes de Monitoramento da unidade de filtragem e secagem do ar | | | | x | x | | | |
| 5.6 | Teste de comutação das câmeras da unidade de filtragem e secagem do ar | | | | x | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | |
| 5.7 | Teste de dreno da unidade de filtragem e secagem do ar | | | | x | x | | |
| 5.8 | Teste do sensor diferencial de ensujamento da unidade de filtragem e secagem do ar | | | | x | x | | |
| 5.9 | Teste das válvulas de dreno com os respectivos estágios dos compressores 1°estágio,2°estágio,3°estágio, 4°estágio | | | | x | x | | |
| **6** | **Partida dos compressores** | | | | | x | x | x |
| 6.1 | Substituição do óleo de preservação pelo óleo normal de funcionamento conforme tabela do fabricante | | | | | x | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 6.2 | Inspeção e lubrificação das válvulas de admissão e descarga dos compressores | | | | | x | | | |
| 6.3 | Verificar e tencionar se necessário as correias de acionamento do compressor | | | | | x | | | |
| 6.4 | Teste do sentido de giro do motor elétrico do compressor | | | | | x | | | |
| 6.5 | Verificar a pressão de óleo do sistema de lubrificação dos estágios dos compressores<br><br>**Segurança: Certifique se as rosetas de lubrificação estão girando, indicando lubrificação nos cilindros com pressão de 2,5 bar em até 20seg. Caso contrário desligar os compressores** | | | | | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 6.6 | Verificar presença de ruídos, batidas e vibrações estranhas ao funcionamento | | | | | x | x | x | |
| 6.7 | Verificar temperaturas do Compressor | | | | | x | x | x | |
| 6.8 | Verificar e registrar valores de:<br>a) Velocidade do motor, **RPM**<br>b) Amperagem do motor, **A**<br>c) Tensão de alimentação, **V**<br>d) Temperatura dos mancais de rolamento do motor, **T** | | | | | x | x | x | |
| 6.9 | Teste das pressões do 1°, 2°,3°e 4° estágios do compressor no quadro sinótico | | | | | x | | | |
| 6.10 | Teste dos separadores de óleo dos estágios | | | | | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 6.11 | Teste da correta abertura e fechamento da válvula solenoide (135bar) | | | | | x | | | |
| 6.12 | Regulagem de pressão da válvula de proteção do sistema de filtragem e secagem de ar (150bar) | | | | | x | | | |
| **6.13** | **Parar o compressor após alguns minutos de funcionamento** | | | | | x | | | |
| **7** | **Teste de carregamento dos grupos de vasos de pressão, com compressor de bordo até 250bar** | | | | | | x | x | |
| 7.1 | Testar parada dos compressores e verificar lâmpada de indicação do compressor parado acessa no painel | | | | | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 7.2 | Verificar a pressão de óleo do sistema de lubrificação dos estágios dos compressores **Segurança: Certifique se as rosetas de lubrificação estão girando, indicando lubrificação nos cilindros com pressão de 2,5 bar em até 20seg. Caso contrário desligar os compressores** | | | | | x | x | x | |
| 7.3 | Verificar a correta abertura e fechamento das válvulas de drenos dos estágios dos compressores | | | | | x | x | x | |
| 7.4 | Teste a correta abertura e fechamento da válvula solenoide (135bar) do sistema de filtragem e secagem de ar e o valor do ponto de orvalho Valor limite admissível -30ºC à 250bar | | | | | | x | x | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | Manutenção | |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 7.5 | Testar parada de emergência dos compressores, apertando o "botão para de emergência" no painel elétrico principal | | | | | x | | | |
| 7.6 | Teste de parada do compressor com temperatura elevada. **Segurança: "*Shunt*ing" os contatos do detector de alta temperatura no painel (Acima de 65°C) e verifique a parada do compressor e a indicação da lâmpada correspondente de alta temperatura acessa. Remova o "*Shunt*" restaurando a condição normal e aperte o botão "*reset*" e verifique que o motor pode novamente ser ligado**. | | | | | x | | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 7.7 | Teste de parada do compressor com alta pressão de descarga<br><br>**Segurança: Simule uma alta pressão de descarga, desconectando os contatos do sensor de pressão no painel, verificando que a lâmpada correspondente de alta pressão de descarga acende e há impossibilidade de ligar o compressor. Remova o "*Shunt*" restaurando a condição normal e aperte o botão "*reset*" e verifique que o motor pode novamente ser ligado.**<br>**Repita o teste como compressor em funcionamento e certifique-se que o compressor para imediatamente.**<br>**Pressão de 255 bar** | | | | | x | x | | |

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 5 – Matriz de Comissionamento - Continuação

| Subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de uma plataforma de submarino convencional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Descrição | Processo de Comissionamento | | | | | | | |
| | | E & P | Condicionamento | | | Comissionamento | | | |
| | | | Recebimento | Inspeção Mecânica | Inspeção Funcional | Prova de Cais | | Provas de Mar | |
| | | | | | | Teste Funcional STW | Teste de desempenho 1 | Teste de desempenho 2 | |
| | | | Preservação | | | | | | Manutenção |
| | | | Atividades a frio | | | Atividades a quente | | | |
| 7.8 | Teste de desempenho final com os dois compressores em linha e os quatro grupos de vasos de pressão<br>Tempo máximo: h<br>Capacidade: m³/h<br>Medidos a: (p= Barométrica de 1013,3 mb e T=20ºC) | | | | | | | x | |
| **7.9** | **Final do Comissionamento e emissão do termo de transferência e aceitação do sistema (*Handover)*** | | | | | | | x | |

Fonte: Dados da Pesquisa

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa e a discussão da mesma. Os resultados foram obtidos com base na entrevista semiestruturada, visita de campo, análise documental e literatura técnica específica. A apresentação dos sujeitos da pesquisa foi realizada detalhadamente no Capítulo 4 Modelagem da Matriz de Comissionamento.

Quadro 6 - Identificação dos entrevistados

| **Dados de Identificação** | **Entrevistados** | |
|---|---|---|
| Sujeitos da Pesquisa | Gustavo | Marcelo |
| Sexo | Masculino | Masculino |
| Tempo de Empresa | 35 anos | 30 anos |
| Formação | Engenheiro Mecânico com especialização na Alemanha e na França | Engenheiro Mecânico |
| Função | Chefe do comissionamento da Construção de submarinos | Chefe do comissionamento do Reparo de submarinos |

Fonte: Autor

As respostas dos entrevistados e a visita de campo foi confrontada com a literatura técnica consultada, fornecendo dados importantes que emergiram a partir da análise de conteúdo definindo a proposta de Matriz de comissionamento no Capítulo 4 - Quadro 5, apresentado neste trabalho.

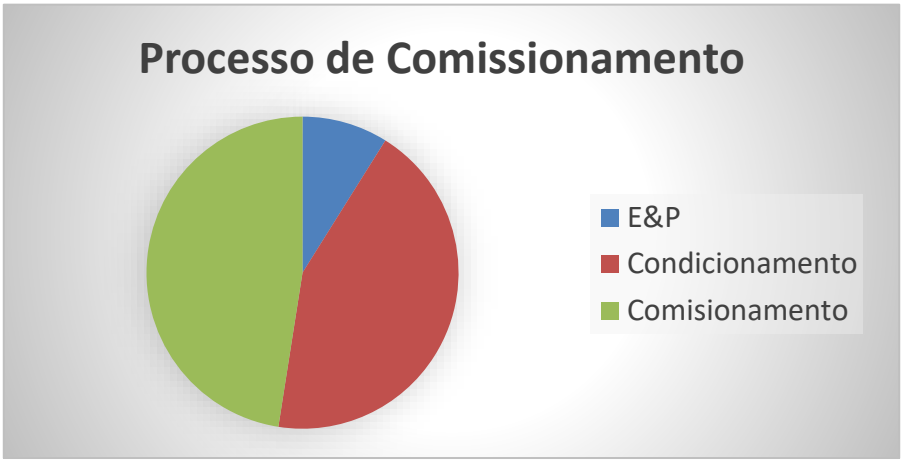
Os dados levantados em campo foram tratados de maneira semelhante em ambas as entrevistas, através de temas e categorias direcionados a partir da sequência das perguntas formuladas, sem que esta base impedisse a transcrição das respostas que muitas das vezes expandiram a dimensão das perguntas realizadas.

O resultado da pesquisa foi o desenvolvimento da matriz que teve como base o modelo metodológico proposto por Gaete e Prates (2007) para aplicação do comissionamento durante o Ciclo de Vida de um Projeto. Procurou-se agrupar os procedimentos de testes e provas fundamentados na teoria e que são amplamente aplicados no comissionamento de subsistemas de produção e armazenamento ar de alta pressão em submarinos convencionais, sem com isso descartar a possibilidade de existência de outros procedimentos e testes complementares.

Nesta matriz, a descrição dos procedimentos do comissionamento foi desenvolvida seguindo uma sequência lógica (numerado item a item) dentro do fluxo do processo de comissionamento. Procurou-se identificar as fases em que cada procedimento deve ser realizado, obtendo-se uma ampla visão das atividades a serem executadas acompanhando o progresso desenvolvido na disciplina de Construção & Montagem.

A partir da matriz foram encontrados 76 itens em todo o processo de comissionamento que se subdividiram conforme Gráfico 1. Algumas etapas ocorrem de forma concomitante conforme demonstrado na matriz.

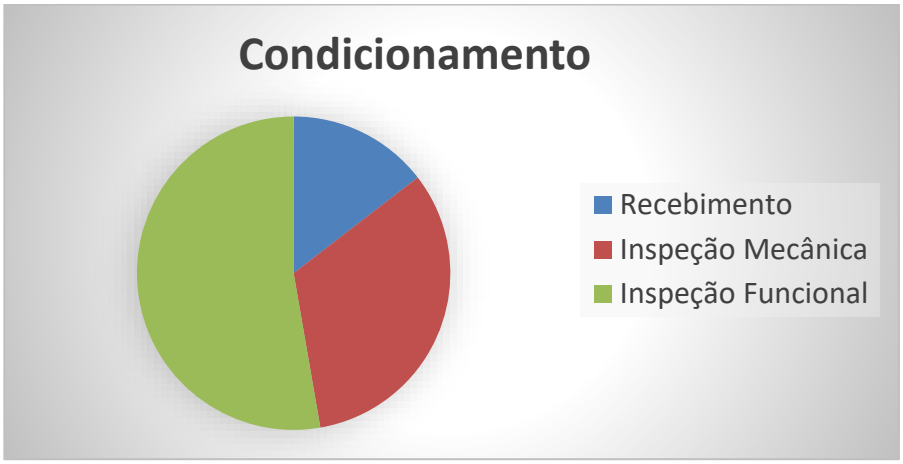
Gráfico 1 - Distribuição do Processo de Comissionamento




Fonte: Dados da Pesquisa

No Gráfico 2 e no Gráfico 3 são apresentadas as atividades identificadas no Condicionamento e Comissionamento respectivamente. No condicionamento percebe-se que a inspeção funcional detém a maior parte das atividades.

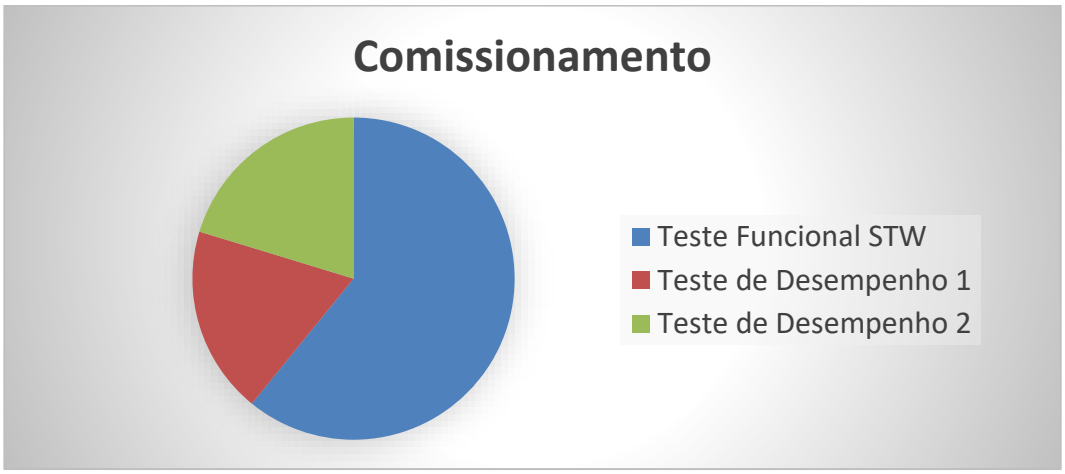
Gráfico 2 - Atividades de condicionamento




Fonte: Dados da Pesquisa

O Comissionamento aborda os testes relativos a Prova de Cais (Teste Funcional STW e Teste de Desempenho 1) e a Prova de Mar (Teste de Desempenho 2).

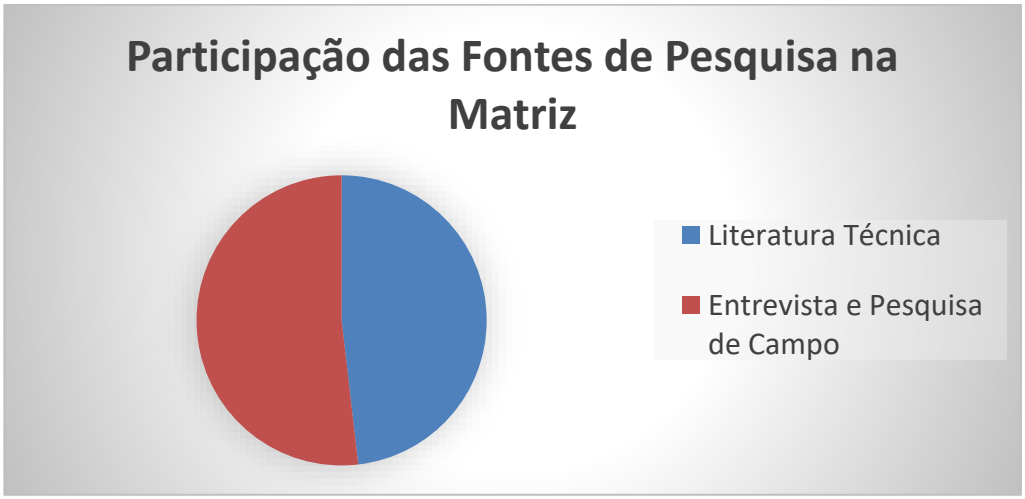
Gráfico 3 - Atividades de comissionamento




Fonte: Dados da Pesquisa

A matriz obtida descreve as atividades desenvolvidas em cada fase do processo de comissionamento em uma sequência lógica dentro do ciclo de vida do empreendimento. As atividades construtivas e suas interdependências estão desenvolvidas na rede de precedência o que possibilita uma melhor programação para sua execução. E no Gráfico 4 é possível identificar a participação da literatura técnica versus entrevistas e pesquisa de campo evidenciada na Matriz.

Gráfico 4 - Participação das fontes de pesquisa na Matriz




Fonte: Dados da Pesquisa

No Gráfico 4 evidencia-se a simultaneidade da fundamentação teórica do processo de comissionamento e entrevista/pesquisa de campo realizada. A partir disto, percebe-se que a matriz indica a existência de um conjunto mínimo de procedimentos, norma, verificações, testes e provas capazes de validar o processo de comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão, instalados em uma plataforma de submarino convencional, garantindo assim os requisitos técnicos e de segurança necessários ao meio naval e tripulação.

# 6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo uma Proposta de um modelo de comissionamento para o subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de um submarino convencional. O resultado deste trabalho culminou na elaboração de uma proposta de Matriz de comissionamento a qual acredita-se ter alcançado o objetivo proposto, pois sintetiza os procedimentos necessários de um processo de comissionamento capaz de garantir a disponibilidade, confiabilidade e atendimento as solicitações de operação do subsistema estudado.

A pesquisa exploratória realizada neste projeto com características tecnológicas únicas e de um alto valor estratégico para aquele que a possui. A mesma representa um esforço dirigido no sentido de contribuir para o desenvolvimento do “estado da arte” em comissionamento do subsistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão de um submarino convencional, sintetizando os procedimentos e boas práticas de engenharia neste campo.

Ainda que a abordagem da pesquisa tenha sido realizada no âmbito nacional, no qual o número de amostra disponível a ser acessada foi considerada pequena, devido ao número reduzido de estaleiros militares no país, existindo apenas um para construção e reparo de submarinos. Ainda assim, a pesquisa apresentou resultados expressivos, por se tratar de amostra intencional cuja escolha dos profissionais especialistas com larga experiência em comissionamento de submarinos representa um grande valor agregado e de elementos "típicos" e "representativos" para amostra.

As observações e conclusões realizadas neste presente trabalho indicam que podem ser realizadas pesquisas complementares que visem um melhor refinamento dos resultados. Desta Forma, sugerimos uma pesquisa em âmbito internacional e com maior número de amostras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AGUIAR, Rogério Oliveira, **Condicionamento e Comissionamento dos sistemas elétricos da sonda PETROBRAS II 10000.** 2010**.**

ALVES, G.; BARBOSA, P.; RIBEIRO FILHO, N. **Modelo de Gestão de Projetos para Construção de Submarinos**. In: XX Congresso Pan-americano de Ingeriria Naval, Transporte Marítimo e Ingeriria Portuária, 2007. São Paulo: COPINAVAL, 2007.

ASHRAE, BSR/ASHRAE/IES Standard 202P, **Commissioning Process for Buildings and Systems**, Atlanta, ASHRAE, 2012, 72 p.

ATLAS COPCO Airpower NV **Compressed Air Manual**. Belgium, 2010. Disponível em:<http://www.atlascopco.se/Images/CompressedAirManual_tcm44- 1249312.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.

BENDIKSEN, T., YOUNG, G. **Commissioning of Offshore Oil and Gas Projects**: The Manager's Handbook, Author House Publishers, 2005.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: Acesso em: 10 abr. 2017

Brasil. Ministério do Trabalho (1978). **NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação** [Redação dada pela Portaria MTb nº 1.084, de 28 de setembro de 2017]. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR13.pdf> Acesso em: 21 nov. 2017.

BRITO, Adriano da Silva; RIBEIRO, Helton; MATOS, Leonardo Machado; **Comissionamento em sistemas de tubulações de utilidades, aplicação do comissionamento a um sistema de resfriamento**, Rio de Janeiro, FIRJAN /SENAI – Instituto Senai de Educação Superior, 2010,187 p.

BRITO, Maurini Elizardo. **Comissionamento de instalações industriais: Importância e Conceitos**, 2008.

BUILDING COMMISSIONING ASSOCIATION. BCA: New Construction Building: **Commissioning Best Practice**, dez. 2010.

BUILDINGS OF THE HONG KONG SPECIALADMINISTRATIVE REGION. **Testing and Commissioning procedure, for air-conditioning, refrigeration, ventilation and central monitoring & control**, 2007.

BUREAU VERITAS. NR 535 DT R00 E – **Rules for the Classification of Naval Submarines**, 2016. 526 p.

BUZZETI, Rubens Perini; COUTINHO, Ítalo. **Comissionamento: o que é, para que serve e quem faz.** PMKB. Bom Despacho. Disponível em: < http://pmkb.com.br/comissionamento-oque-e-para-que-serve-e-quem-faz/>. acessado em: 14 abr. 2014.

CALIFORNIA COMMISSIONING COLLABORATIVE, **California Commissioning Guide: Existing Buildings,** California, 2006.

CARVALHO, A.; **Comissionamento de empreendimentos industriais** – ISA – RS, 6º Encontro Técnico. Porto Alegre: 2011.

DEPARTMENT OF THE NAVY, **Joint fleet maintenance manual**, **Commander Fleet Forces Command Instruction 4790,3, Revision A, Change 6**. As of May 15,2007: Disponível em: <http://ww.submepp.navy.mil/jfmm/index.htm >Acesso em: 07 jun. 2016.

DNV-GL. Offshore classification projects - **Testing and Commissioning, DNVGL-CG-0170**, Edition July 2015,88 p.

EISENHARDT, Kathleen M., **Building Theories from Case Study Research**, Fonte: The Academy of Management Review, Vol. 14, No. 4 (Oct, 1989), pp. 532-550, Published by: Academy of Management. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/258557; acessado em: 19 mar. 2015.

ERGON ENERGY,Corporation**, Test and Commissioning Manual**, **Reference MN000301R171 Rev 1,** 2016, 25 p.

ERVILHA, Eneas. **A Obtenção das Características Operacionais do Submarino Nuclear Brasileiro: um mergulho muito além da Amazônia Azul.** 2011. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Política e Estratégia Marítimas) - Escola de Guerra Naval.

FERREIRA, M. L. R. **Gerenciamento da Qualidade pela Contratante na Montagem Industrial de Plantas de Processo**. São Paulo, 1993. 329 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FORSHIP, Engenharia, **Comissionamento: Experiência e visão Forship** – FURG. Rio Grande. 2010. 65 slides, color. Apresentação.

FRANCIS, R. **The End of the Beginning**. Artigo apresentado no Inaugural World Congress on Engineering Asset Management, Austrália, 2006.

FREDERICK DALLINGER J;E.McGILLJ;**Submarine High-PressureAirSystem**,1974

GAETE, Luciano; e PRATES, Antonio João. **Ferramentas de TI para o Comissionamento de Empreendimentos Industriais** in: Apresentação para COPIVAL – Congresso Pan-americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária. São Paulo (Brasil) realizado no dia 26/Out/2007. Disponível em:

http://www.copinaval.com/downloads/XX/4I/FERRAMENTAS.pdf Acessado em: 6 fev. 2016.

GANDRA, Rodrigo Mendes. **Comissionamento em Projetos Industriais de Investimento: Considerações sobre esta Ferramenta do Processo de Controle de Qualidade.** 2013. - PMO Academy. Acessado em: 14 abr. 2014.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY,**Commissioning of Mechanical systems for control,communications,computer,intelligence,surveillance,and reconnaissance (C4ISR) Facilities, TECHNICAL MANUAL TM 5-697**, 2006.

HEALTH AND SOCIAL CARE INTEGRATION. **Strategic Commissioning Plans Guidance**, 2014.

HORSLEY, D. **Process Plant Commissioning.** 2. ed. Rugbyz, Icheme, 1997.

ISHIPA, Figueiredo; SANTOS, Cristiane dos. **Modelo Conceitual para comissionamento de sistemas prediais,** São Paulo, Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2015,153 p.

JEANNETTE, Erik. **Higher Value Commissioning, 2011**. Disponível em: < http://rockymtnashrae.com/downloads/2011_Technical_Conference/ash> Acesso em: 26 out.2016

KILLCROSS, M, **Chemical and Process Plant Commissioning Handbook - A Practical Guide to Plant System and Equipment Installation and Commissioning, 1. ed.** Oxford, Elsevier, 2012.

LINCOLN, Yvonna S. **The American tradition in qualitative research.** Vol. II. Thousand Oaks, California: Sage Publications. 2001.

MARINHA DO BRASIL. **Programa de Desenvolvimento de Submarinos.** <https://www.marinha.mil.br/node/813> Acesso em: 16 jun. 2017.

MILHEIRO, Jaime Barbosa, **Análise da atuação da Engenharia de Manutenção durante as atividades de Comissionamento: Estudo de caso,** 2012**.**

MIL-STD, **Military Standard.**

MINISTRY OF DEFENCE STANDARD 02-136, **Design Policy, Principles**, **Testing and Acceptance Requirements for Watertight Integrity of Submarines, Issue 3 Publication,** Date 23 August 2010.

NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, SUPSHIP **Operations Manual (SOM**), S0300-B2-MAN-010 Rev. 2, 2017.

NAVSSES PROJECT, **Number B-5960 Final report**, June,1988.

NOGUEIRA, João Pedro; PINHO DOS SANTOS, Jorge Alberto. **Metodologia de confiabilidade na instalação de equipamentos e sistemas, na construção de submarinos**. UFRJ - MBA - ENGEMAN, 2008.

NORSOK STANDARD, **COMMON REQUIREMENTS MECHANICAL COMPLETION AND COMMISSIONING,**1996.

OFFSHORE DESIGN MR, MUMBAI, VOL No III, **Commissioning Procedures and Performance Tests,** 2015.

PORTAL NAVAL. **Estaleiro do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**. Disponível em:<http://www.portalnaval.com.br/estaleiros/estaleiros-brasil-regiao estaleiro/arsenal-de-marinha-do-rio-de-janeiro**/ >** Acesso em: 10 set. 2016

PARKER TRAINING, **Tecnologia Pneumática Industrial**. **Apostila M1001BR**, São Paulo: Parker Hannifin Corporation, 2000. Disponível em:< http://www.parker.com/literature/Brazil/apostila_M1001_1_BR.pdf>. Acessado em: 23 jan.2015.

PELÁEZ, J. García, **Performance of the Main Ballast Tank Blowing System**, in: Apresentação para UDT– Undersea Defence Technology Europe 2011, Londres (Inglaterra) realizado em junho/2011, disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235609391_Performance_of_the_Main_Ballast_Tank_Blowing_System, acessado em: 10 jul. 2016.

PETROBRAS, **Apostila, Curso de Comissionamento para fiscais MÓDULO I,** Disponível em: https://pt.scribd.com/doc/53367919/APOSTILA-COMISSIONAMENTO-MODULO-1. Acessado em:1 nov. 2015.

PETROBRAS**, Inspeção de construção & montagem e Comissionamento de instrumentação – Qualificação de pessoal** (**PG-25-SEQUIETCM/CEND-004)** março de 2013.

PODER NAVAL. **Scorpene**. Disponível em: <http://www.naval.com.br/blog/wp-content/uploads/2009/07/scorpene.jpg > Acessado em: 16 ago. 2015.

PODER NAVAL. **Saída do Submarino Tupi de Santos**. Disponível em <http://www.naval.com.br/blog/2009/04/06/saida-do-submarino-tupi-de-santos-no-domingo-a-tarde-com-chuva/ > Acessado em 14/06/2016

PROJECT MANAGENT INSTITUTE, INC. (PMI®). **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®**). 5. ed. Project Management Institute, Inc. Newtown Square, Pensilvânia, EUA, 2008. rae_2011_controls_commissioning1.pdf>. Acessado em: 13 jan. 2015.
RIBEIRO FILHO, N. S. **Proposta de modelo de gerenciamento de projetos para obra de construção de submarinos.** 2007. 118 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Projetos), EP/UFRJ, Rio de Janeiro: UFRJ, 2007

RYAN DORSETT. **Building Commissioning from a contractor's perspective,** 2008.

SCOTTMADDEN, INC. **Project Controls: Managing and Controlling Large Projects**. Atlanta (USA): Jan/2009. Disponível em:< http://scottmadden.com/insight/267/Project-Controls.html)>.Acessado em: 23 jan. 2016.

SHAH SMITH & ASSOCIATES, UNIVERSITY OF TEXAS, MD ANDERSON CANCER CENTER. **SECTION 01 91 00 - General Commissioning requirements MS072414**, Texas, July 2014, 20 p.

SILVA, Agnaldo. **Macrofluxo do empreendimento.** Mestrado em Montagem Industrial da Universidade Federal Fluminense, 2014. Notas de aula de Comissionamento de sistema.

SOARES JUNIOR, Milton Vaz, **Processo de Comissionamento em plantas de óleo e gás: Implementação dos off-sites e sistemas auxiliares em uma refinaria de petróleo.** In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2013.

STAKE, Robert E. **The case study method in social inquiry**. In DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. The American tradition in qualitative research. Vol. II. Thousand Oaks, California: Sage Publications. 2001 SUPSHIP, Operations Manual (SOM), Chapter 10. **Testing, Trials and Delivery,** 2015**.** Disponível em: http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1552933&page=3>. Acessado em: 7 jun. 2015.

STOCKHOLM, **Ipms**. Disponível em: http://www.ipmsstockholm.se/home/u-boot-type-xxi-in-detail-part-ii/ Acesso em 07/06/2016.

THE NATIONAL SHIPBUILDING RESEARCH PROGRAM**, NSRP 0534 N6-95-19 Standard Ship Test and Inspection Plan, Procedures and Databaser,** 1999**.**

U.S. DEPARTMENT OF THE NAVY, CARDEROCK DIVISION, NAVAL SURFACE WARFARE CENTER**, Standard Ship Test and Inspection Plan, Procedures and Database, NSRP 0534 N6-95-1**; July 1999.

VAZ, Marco Aurélio Martins. **Melhores Práticas de Comissionamento.** 1. ed. Salto: Schoba. 2010.

VERRI, Luiz Alberto. **Gestão de Ativos: O Comissionamento antecipado na construção e montagem como vetor positivo na preservação da confiabilidade,** in: XXVII Congresso da Abraman, Rio de Janeiro, 2012.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed., Porto Alegre: Bookman, 2005; acessado em: 20 mar. 2015.

## APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

**Roteiro de entrevista semiestruturada**

Problema de Pesquisa

Data:..../...../2016

Nome fictício a ser escolhido pelo entrevistado:

Tempo de Empresa: _____

Setor:_____

A entrevista encontra-se dividida em três grandes fases que compõem a disciplina de Comissionamento: Engenharia e Planejamento de comissionamento, Pré-comissionamento e Comissionamento.

Este estudo de caso será publicado em dissertação do Mestrado Profissional em Montagem Industrial da Universidade Federal Fluminense e é conduzida pelo mestrando Eng. mecânico João Pedro Nogueira, sob a orientação do Prof. Paulo Roberto Duailibe Monteiro Universidade Federal Fluminense. Todos os dados aqui abordados nesse instrumento de pesquisa serão tratados com total confidencialidade pelos pesquisadores e pela Universidade, destacando-se que os resultados serão apresentados de modo a identificar de forma global os requisitos mínimos necessários para o comissionamento do sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão dos submarinos convencionais, sem qualquer possibilidade de identificação de informações técnicas específicas e ou sigilosas.

**FASE I- Engenharia e Planejamento de comissionamento:**

1. O projeto básico pode ser considerado como documentação inicial do EAP (Estrutura Analítica de Projeto)?

2. Como é feito este Planejamento? E por quê?

3. Quando inicia a participação da equipe de comissionamento?

4. Como é realizada esta participação?

**FASE II - Pré comissionamento:**

1. Como é realizada a aceitação dos equipamentos no fabricante? Quais são as áreas responsáveis pela aceitação?

2. Como é feito o recebimento dos equipamentos no almoxarifado do estaleiro?

3. Qual o procedimento de controle utilizado para preservação destes equipamentos enquanto estocados?

4. Qual o procedimento de validação da resistência e estanqueidade dos *"spool*" na oficina? Por que realizá-lo?

5. Qual o procedimento de validação da estanqueidade dos "*spool*" a bordo? Porque realiza-lo?

6. Como é garantida a montagem e limpeza interna das tubulações a bordo?

7. Existe a necessidade de pré-calibração de algumas válvulas em oficina, antes de serem montadas a bordo? Por quê?

8. Concluída a Construção e montagem de um SOP (Sistema Operacional), existe algum teste a ser realizado antes dos testes funcionais??

9. Se sim, quais são as verificações, inspeções e testes que formam o conjunto mínimo de procedimentos necessários antes dos testes funcionais do sistema de ar de alta pressão?

10. Qual o documento que atesta que todas as ações de condicionamento previstas foram realizadas com sucesso, assim como a documentação e atualização de registros pertinentes?

**FASE III - Comissionamento**

1. Qual a importância do comissionamento do sistema de produção e armazenamento de ar de alta pressão em relação ao lançamento do submarino?

2. Com relação à segurança, como são tratadas as pendências oriundas dos Testes de Aceitação de Performance?

3. Cite resumidamente quais são os testes realizados no sistema de produção

4. Após o término das provas de mar e aprovação do sistema, o mesmo pode ser entregue ao setor operativo?

5. Existe alguma Assinatura de Termo de Transferência e Aceitação do Sistema?