



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

VERIFICAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE COMBATE À  
INCÊNDIO DO HELIPONTO DE UMA PLATAFORMA, TIPO FSO, “FLOATING,  
STORAGE AND OFFLOADING”.

**Rodrigo Otsuka Taminato**

Projeto de Graduação apresentado ao Curso  
de Engenharia Mecânica da Escola  
politécnica da Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Engenheiro.

Orientador: Reinaldo de Falco

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
DEZEMBRO DE 2013

VERIFICAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE COMBATE À  
INCÊNDIO DO HELIPONTO DE UMA PLATAFORMA, TIPO FSO “FLOATING,  
STORAGE AND OFFLOADING”

**RODRIGO OTSUKA TAMINATO**

PROJETO FINAL SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO MECÂNICO.

Aprovado por:

---

Prof. Reinaldo de Falco

---

Prof. Gustavo César Rachid Bodstein, PhD.

---

Prof. Fernando Pereira Duda, DSc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

DEZEMBRO DE 2013

Taminato, Rodrigo Otsuka

Apresentação dos Cálculos das Características Necessárias à Seleção de uma Bomba para o Sistema de Combate à Incêndio de uma Plataforma tipo FSO./ Rodrigo Otsuka Taminato. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

IX, 86 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Reinaldo de Falco

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Mecânica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 67.

1. Bomba Centrífuga 2. Altura Manométrica 3. Curva Característica do Sistema 4. Sistema de Combate a Incêndio em embarcações. I. De Falco, Reinaldo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Curso de Engenharia Mecânica. III. Apresentação dos Cálculos das Características Necessárias da Bomba e do Sistema de Combate à Incêndio de uma plataforma. IV. Plataformas flutuantes. V. Conformidade.

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por todas as bênçãos recebidas. Tenho muito mais do que pedi ou esperava ter. Ele, em sua infinita misericórdia nos dando paz, alegria, saúde, amor, coragem, sabedoria.

Aos meus pais, Roberto Taminato e Márcia K. O. Taminato, a minha esposa, Bruna Q. S. Guadelupe, e familiares pelo apoio e incentivo aos meus estudos e crescimento profissional.

Ao professor Reinaldo de Falco pela sua dedicação e habilidade, que orientou esse trabalho de fim de curso.

Aos professores da Escola Politécnica e em especial ao departamento de Engenharia Mecânica.

Ao Diretor, Eng. Coaracy França da Silva, da empresa CDS CONSULTORIA NAVAL E OFFSHORE LTDA, que me apoiou durante a graduação, dando a oportunidade de crescimento profissional dentro da empresa.

E a todos os outros que contribuíram para a conclusão desse trabalho.

Resumo do projeto de graduação apresentado ao DEM/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

VERIFICAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE COMBATE À INCÊNDIO DO HELIPONTO DE UMA PLATAFORMA, TIPO FSO “*FLOATING, STORAGE AND OFFLOADING*”.

**Rodrigo Otsuka Taminato**

Dezembro/2013

Orientador: Reinaldo de Falco

Curso: Engenharia Mecânica

Devido ao crescente aumento da demanda por petróleo, levou a migração da exploração de petróleo para o mar. Tecnologias usadas nos primeiras tentativas foram ser adaptadas e criadas, ao ambiente marinho. A busca por petróleo avançou para águas mais profundas. Novos desafios foram e estão sendo enfrentados.

Novas tecnologias foram desenvolvidas para as unidades marítimas, que estão cada vez mais complexas, e por isso necessitarem de sistemas seguros.

Nesse trabalho de fim de curso, foi verificada de um desses sistemas, o de combate a incêndio no heliponto. Esse sistema foi projetado segundo as normas internacionais, e, fora dos requisitos apresentados pelas normas da Marinha do Brasil.

Foi verificado se a bomba existente conseguirá atender ao novo sistema, conforme requerido pelas normas brasileiras.

*Palavras-chave:* bombeamento de fluidos, bombas industriais, sistema de combate a incêndio, plataformas marítimas, conformidade regulatória.

Foreword of graduation final Project presented to DEM/UFRJ (Mechanical Engineering Department) as part of essentials requirements to get the Mechanical Engineer degree.

HELIDECK FIRE FIGHTING DESIGN ANALYSIS FROM AN OFFSHORE  
INSTALATION, FSO “FLOATING, STORAGE AND OFFLOADING” TYPE.

**Rodrigo Otsuka Taminato**

December/2013

Adviser: Reinaldo de Falco

Course: Mechanical Engineering

Due to the increasing a demand for petrol, a migration of oil reserves exploration has changed to offshore. The devices used in the first interventions were adjusted and new ones have been development for offshore concepts. A new oil reserves advance to deep waters. New challenges are being solved.

New technologies applicable in offshore installations to be created, which are becoming more complexes, and, they need the reliable system.

In this final graduate work, it was verified one of these systems, the helideck firefighting system. This one was designed as per international regulations, however, out of Brazilian requirements.

The objective is to verify if the existing fire pump can continue supplying the new system, as required by the Brazilian Maritime regulations.

*Keywords:* pumping, marine fire pumps, firefighting system, offshore installations, regulatory compliance.

## NOMENCLATURA

- D Comprimento total do maior helicóptero, da ponta do rotor principal a ponta do rotor de cauda
- A Área do heliponto a ser protegida, em  $m^2$
- L Alcance do canhão de espuma, em  $m$
- $\eta_c$  Desempenho com relação ao alcance do canhão
- R Razão de aplicação da mistura (água + LGE)
- T Tempo de aplicação, em  $min$
- M Concentração do LGE
- F Quantidade de LGE, em  $\ell$
- Q Vazão, em  $m^3/h$
- N Quantidade de canhões
- d Diâmetro interno da tubulação, em  $m$
- $\mu$  Viscosidade cinemática do fluido, em  $m^2/s$
- V Velocidade média do fluido dentro da tubulação, em  $m/s$
- H Perda de carga total do sistema, em  $m$
- $h_s$  Perda de carga na sucção, em  $m$
- $h_d$  Perda de carga na descarga, em  $m$
- $h_{fs}$  Perda de carga dos acessórios e trechos retos na sucção, em  $m$
- $h_{fa}$  Perda de carga nos acessórios, em  $m$
- $h_{fr}$  Perda de carga nos trechos retos, em  $m$
- $f$  Coeficiente de atrito dos trechos retos
- K Coeficiente de perda de carga nos acessórios
- $\eta$  Rendimento total da bomba
- $Z_s$  Altura estática de sucção
- $Z_d$  Altura estática de descarga
- $g$  Aceleração da gravidade,  $9,81 m/s^2$
- $\gamma$  Peso específico, em  $N/m^3$

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. OBJETIVO .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>3. MECÂNICA DOS FLUIDOS E BOMBAS CENTRÍFUGAS .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| 3.1. Mecânica dos Fluidos .....   | 4         |
| 3.1.1. escoamento de fluidos em tubulações .....  | 4         |
| 3.1.2. Conceitos básicos de mecânica dos fluidos .....                                    | 5         |
| 3.2. Máquinas de Fluxo .....  | 6         |
| 3.2.1. Tubulações industriais .....   | 6         |
| 3.2.2. Associação de tubulações .....   | 9         |
| 3.3. Bomba centrífuga.....  | 10        |
| 3.3.1. Curva H (Head) x Q (vazão).....  | 10        |
| 3.3.2. Curvas de potência absorvida x vazão.....  | 11        |
| 3.3.3. Curva de $\eta$ (rendimento total) x Q (vazão).....                                | 11        |
| 3.3.4. Apresentação das curvas características das bombas .....                           | 11        |
| 3.4. Características do sistema.....  | 12        |
| 3.4.1. Altura manométrica do sistema .....  | 12        |
| 3.4.2. Cálculo da altura manométrica de sucção ou “ <i>Suction Head</i> ” $h_s$ .....     | 12        |
| 3.4.3. Cálculo da altura manométrica de descarga ou “ <i>Discharge Head</i> ” $h_d$ ..... | 15        |
| 3.4.4. Cálculo da altura manométrica total $H$ .....                                      | 18        |
| 3.4.5. Determinação da curva do sistema .....   | 18        |
| 3.5. Determinação do ponto de trabalho em função do sistema .....                         | 19        |
| <b>4. UNIDADES MARÍTIMAS.....</b>   | <b>20</b> |
| 4.1. Breve histórico.....   | 20        |
| 4.2. Principais tipos de plataformas flutuantes .....                                     | 21        |
| 4.2.1. Floating, Storage and Offloading (FSO) .....                                       | 21        |
| 4.2.2. Floating, Production, Storage and Offloading (FPSO).....                           | 21        |
| 4.2.3. Semissubmersíveis.....   | 22        |
| 4.2.4. Tension Leg Platform (TLP) .....   | 23        |
| 4.3. Evolução das plataformas marítimas e dos sistemas submarinos.....                    | 24        |
| 4.4. Normas e regulamentos aplicados às plataformas “ <i>offshore</i> ” .....             | 24        |
| 4.5. Heliponto, “ <i>helicopter deck</i> ” ou simplesmente “ <i>helideck</i> ” .....      | 27        |



|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.6.      | Escolha do tamanho do heliponto.....   | 28        |
| <b>5.</b> | <b>SISTEMA DE COMBATE À INCÊNDIO EM HELIPONTO DE PLATAFORMAS MARÍTIMAS .....</b>   | <b>29</b> |
| 5.1.      | Considerações iniciais .....   | 29        |
| 5.2.      | Sistema de combate a incêndio em plataformas marítimas .....                       | 30        |
| 5.2.1.    | Tipos de sistemas de combate a incêndio .....                                      | 30        |
| 5.2.2.    | Funcionamento do sistema de combate a incêndio.....                                | 33        |
| <b>6.</b> | <b>PROCEDIMENTOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO .....</b> | <b>35</b> |
| 6.1.      | Determinação da vazão do sistema.....  | 35        |
| 6.2.      | Tempo mínimo para operação do sistema .....  | 35        |
| 6.3.      | Concentração do LGE.....   | 35        |
| 6.4.      | Quantidade mínima de espuma.....   | 35        |
| 6.5.      | Para a determinação do tipo de canhão.....   | 36        |
| 6.6.      | A quantidade de canhões de espuma .....  | 36        |
| 6.7.      | Verificação se o tempo de atuação do sistema atenderá a regulamentação. ....       | 36        |
| 6.8.      | Alternativa, redimensionar o tanque de espuma.....                                 | 36        |
| 6.9.      | Segunda alternativa alterar a vazão dos canhões .....                              | 36        |
| 6.10.     | Determinação da vazão total para o pior caso .....                                 | 37        |
| 6.11.     | Cálculo da velocidade do fluido no interior da tubulação .....                     | 37        |
| 6.12.     | Cálculo do número de Reynolds.....   | 37        |
| 6.13.     | Cálculos das perdas de carga, da sucção e da descarga.....                         | 37        |
| 6.14.     | Cálculo do Head total .....  | 38        |
| 6.15.     | Traçando a curva do sistema.....   | 40        |
| 6.16.     | Curva da bomba.....  | 40        |
| <b>7.</b> | <b>CÁLCULOS DO PROJETO ORIGINAL .....</b>  | <b>41</b> |
| 7.1.      | Cálculo da área a ser protegida .....  | 41        |
| 7.2.      | Vazão do sistema de combate a incêndio .....                                       | 41        |
| 7.3.      | Do número de canhões.....  | 41        |
| 7.4.      | Cálculo da quantidade mínima do Líquido Gerador de Espuma (LGE) .....              | 41        |
| 7.5.      | Escolha do modelo do canhão de espuma .....  | 42        |
| 7.6.      | Escolha do proporcionador .....  | 43        |
| 7.7.      | Determinação da vazão total do sistema, para o pior caso: .....                    | 43        |
| 7.8.      | Sistema de combate a incêndio do heliponto.....                                    | 44        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 7.8.1.    | Cálculos das velocidades em cada trecho .....                       | 44        |
| 7.8.2.    | Cálculo do número de Reynolds.....                                  | 45        |
| 7.8.3.    | Cálculos das perdas de carga da descarga .....                      | 45        |
| 7.8.4.    | Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos .....       | 46        |
| 7.9.      | Sistema de combate a incêndio da casaria .....                      | 46        |
| 7.9.1.    | Cálculos das velocidades em cada trecho .....                       | 47        |
| 7.9.2.    | Cálculo do número de Reynolds.....                                  | 47        |
| 7.9.3.    | Cálculos das perdas de carga nos acessórios da descarga .....       | 47        |
| 7.9.4.    | Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos .....       | 48        |
| 7.10.     | Cálculo do Head total é dado por: .....                             | 48        |
| 7.11.     | Determinação da curva do sistema .....                              | 49        |
| 7.12.     | Da curva original da bomba instalada .....                          | 51        |
| 7.13.     | Ponto de operação.....  | 52        |
| <b>8.</b> | <b>CÁLCULOS PARA ATENDER A NORMA NACIONAL .....</b>                 | <b>53</b> |
| 8.1.      | Considerações iniciais: .....                                       | 53        |
| 8.2.      | Quantidade de canhões de espuma .....                               | 53        |
| 8.3.      | Cálculo da vazão total do sistema para o pior caso: .....           | 53        |
| 8.4.      | Recalcular o tempo de atuação do sistema .....                      | 54        |
| 8.5.      | Verificação do proporcionador .....                                 | 55        |
| 8.6.      | Novo sistema de combate a incêndio.....                             | 55        |
| 8.6.1.    | Possibilidades de operação .....                                    | 56        |
| 8.6.2.    | Cálculo das velocidades com as novas vazões .....                   | 56        |
| 8.6.3.    | Cálculo do número de Reynolds.....                                  | 57        |
| 8.6.4.    | Para as perdas de carga, os cálculos para a descarga.....           | 57        |
| 8.6.5.    | Perda de carga nos acessórios da sucção .....                       | 58        |
| 8.6.6.    | Cálculos para a perda de carga para os trechos retos.....           | 58        |
| 8.6.7.    | Perda de carga nos trechos retos da sucção com as novas vazões..... | 59        |
| 8.6.8.    | Alturas estática de descarga e sucção .....                         | 59        |
| 8.7.      | Sistema de combate a incêndio da casaria .....                      | 60        |
| 8.7.1.    | Cálculos das velocidades em cada trecho .....                       | 60        |
| 8.7.2.    | Cálculo do número de Reynolds.....                                  | 60        |
| 8.7.3.    | Cálculos das perdas de carga nos acessórios da descarga .....       | 60        |
| 8.7.4.    | Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos .....       | 61        |
| 8.8.      | Curva do sistema, com a nova configuração .....                     | 61        |

|  |           |
|--|-----------|
| 8.8.1. Cálculo das perdas de carga dos acessórios.....                         | 61        |
| 8.8.2. Cálculo das perdas de carga dos trechos retos.....                      | 61        |
| 8.8.3. Head total do sistema.....  | 62        |
| 8.9. Ponto de operação.....  | 63        |
| <b>9. CONCLUSÃO .....</b>  | <b>66</b> |
| <b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                    | <b>67</b> |
| <b>11. ANEXOS .....</b>  | <b>68</b> |
| <b>Anexo A - Arranjo Geral da Plataforma.....</b>                              | <b>68</b> |
| <b>Anexo B - Diagrama de combate a incêndio e espuma .....</b>                 | <b>69</b> |
| <b>Anexo C - Isométrico do sistema de combate a incêndio do heliponto.....</b> | <b>70</b> |
| <b>Anexo D - Plano de combate a incêndio .....</b>                             | <b>71</b> |
| <b>Anexo E - Modelo em 3D da plataforma em formato CAD .....</b>               | <b>72</b> |

## ÍNDICE DAS FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Escoamento Laminar .....  | 4  |
| Figura 2 - Escoamento Turbulento.....  | 4  |
| Figura 3 - Exemplo do Método do Comprimento Equivalente .....                                    | 9  |
| Figura 4 - Tubulações em série .....   | 9  |
| Figura 5 - Tubulações em paralelo.....   | 10 |
| Figura 6 - Curva da bomba (Head x Vazão) .....   | 10 |
| Figura 7 - Curva do rendimento total x vazão.....  | 11 |
| Figura 8 - Curvas características de uma bomba centrífuga.....                                   | 11 |
| Figura 9 – Exemplo de um reservatório pressurizado com Zs positivo .....                         | 13 |
| Figura 10 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com Zs positivo .....                    | 14 |
| Figura 11 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com Zs negativo .....                    | 14 |
| Figura 12 - Exemplo de um reservatório pressurizado com descarga pelo fundo.....                 | 16 |
| Figura 13 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com descarga pelo fundo.....             | 16 |
| Figura 14 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com descarga livre.....                  | 16 |
| Figura 15 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão.....         | 17 |
| Figura 16 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão afogado..... | 17 |
| Figura 17 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando Zd negativo .....           | 18 |
| Figura 18 – Exemplo de um sistema .....  | 18 |
| Figura 19 – Exemplo do ponto de trabalho .....   | 19 |
| Figura 20 – Primeira plataforma denominada “Petrobras 1” .....                                   | 20 |
| Figura 21 – Plataforma tipo “FSO” .....  | 21 |
| Figura 22 – Plataforma tipo “FPSO” .....   | 21 |
| Figura 23 – Plataforma tipo semissubmersível de produção.....                                    | 22 |
| Figura 24 - Plataforma tipo semissubmersível de perfuração .....                                 | 22 |
| Figura 25 - Plataforma tipo semissubmersível de instalação de plataformas.....                   | 23 |
| Figura 26 - Plataforma tipo “TLP” .....  | 23 |
| Figura 27 – Tipos de unidades marítimas .....  | 24 |
| Figura 28 – Dimensões do Helicóptero.....  | 28 |
| Figura 29 – Triângulo do fogo .....  | 29 |
| Figura 30 – Treinamento de combate a incêndio com espuma .....                                   | 30 |
| Figura 31 – Tetraedro da espuma .....  | 30 |
| Figura 32 – Mecanismo de formação da espuma.....   | 31 |
| Figura 33 - Espuma atuando em Hidrocarboneto.....  | 31 |
| Figura 34 – Combate a incêndio usando espuma.....  | 32 |
| Figura 35 – Heliponto real, com os sistemas de combate a incêndio.....                           | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 36 – Exemplo típico para caixa de mar.....                                   | 33 |
| Figura 37 – Curvas dos canhões de espuma.....                                       | 42 |
| Figura 38 – Tabela do proporcionador.....   | 43 |
| Figura 39 – Diagrama do sistema de combate a incêndio do heliponto original .....   | 44 |
| Figura 40 – Diagrama do sistema de combate a incêndio da casaria .....              | 46 |
| Figura 41 – Curva do sistema original .....   | 50 |
| Figura 42 – Curva da bomba.....   | 51 |
| Figura 43 - Curva da bomba.....   | 52 |
| Figura 44 – Curvas da bomba e do sistema, mostrando o ponto de operação.....        | 52 |
| Figura 45 – Diagrama do sistema de combate a incêndio modificado.....               | 55 |
| Figura 46 – Representação esquemática da altura estática de descarga e sucção ..... | 59 |
| Figura 47 – Curva do sistema modificado.....  | 63 |
| Figura 48 – Curvas do Sistema e da Bomba .....                                      | 63 |

## ÍNDICE DAS TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Categoria de helipontos.....  | 36 |
| Tabela 2 - Cálculo das velocidades do projeto original .....                                   | 44 |
| Tabela 3 - Cálculo dos Números de Reynolds do projeto original.....                            | 45 |
| Tabela 4 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios do projeto original .....                | 45 |
| Tabela 5 - Cálculo dos números de Reynolds dos trechos retos do projeto original.....          | 46 |
| Tabela 6 - Cálculo das velocidades do projeto original .....                                   | 47 |
| Tabela 7 - Cálculo dos Números de Reynolds do projeto original.....                            | 47 |
| Tabela 8 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios do projeto original .....                | 47 |
| Tabela 9 - Cálculo dos números de Reynolds dos trechos retos do projeto original.....          | 48 |
| Tabela 10 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios variando a vazão do projeto original .. | 49 |
| Tabela 11 - Cálculo das perdas de carga dos trechos retos variando a vazão do projeto original | 49 |
| Tabela 12 - Cálculo do Head total variando a vazão do projeto original .....                   | 50 |
| Tabela 13 – Dados obtidos do gráfico original .....  | 51 |
| Tabela 14 - Cálculo das vazões .....   | 56 |
| Tabela 15 - Cálculo dos números de Reynolds .....  | 57 |
| Tabela 16 – Cálculo das perdas de carga nos acessórios de descarga.....                        | 57 |
| Tabela 17 - Cálculo das perdas de carga da sucção .....  | 58 |
| Tabela 18 – Cálculo da perda de carga nos trechos retos de descarga .....                      | 58 |
| Tabela 19 – Cálculo da perda de carga nos trechos retos da sucção .....                        | 59 |
| Tabela 20 – Cálculo das perdas de carga dos acessórios variando a vazão .....                  | 61 |
| Tabela 21 - Cálculo das perdas de carga dos trechos retos variando a vazão .....               | 62 |
| Tabela 22 - Cálculo do Head total variando a vazão.....  | 62 |

## **1. INTRODUÇÃO**

A motivação para o desenvolvimento desse assunto para o projeto de fim de curso porque abrange a formação profissional: em normatização aplicáveis às unidades flutuantes que operam na exploração de Óleo de Gás no Brasil. Esse tema tem o objetivo verificar os cálculos do projeto executivo se estão atendendo as normas da Autoridade Marítima Brasileira.

Há diversas maneiras de construir uma plataforma para exploração de petróleo no mar. Uma delas a detentora dos poços produtores, o mais comum, é afretar as unidades. Então essas empresas lançam juntamente com o edital de licitação, os projetos básicos, com os requisitos mínimos. A parte de verificação e detalhamento do projeto, geralmente é feita pela empresa que ganhou a licitação. Ao final do detalhamento, obtêm-se as características dos equipamentos a serem comprados.

Essas empresas são, geralmente, estrangeiras e privadas. Essas como visam apenas em atender o mínimo, devido aos custos, às vezes acabam cometendo equívocos de dimensionamento de um determinado sistema. Na maioria dessas empresas não se atentam pelas normas nacionais, e, podem vir a cometer erros de interpretação que levam a uma sucessão de equívocos, causando prejuízos cessantes.

Como é o objeto desse estudo, o dimensionamento do sistema de combate a incêndio. Há diversos erros, desde os cálculos básicos até o dimensionamento final. Então foi proposto reanalisar as condições originais e ao final apresentar uma possível solução.

## 2. OBJETIVO

As plataformas marítimas que operam nas Bacias petrolíferas brasileiras, em sua maioria são construídas no exterior. Entretanto, muitas dessas empresas não levam em conta as normas brasileiras, prestando apenas na planta de processo para uma plataforma de produção, ou, a planta de perfuração no caso de embarcações tipo sondas. E deixam de lado, com isso, várias unidades ficam dias ou meses paradas em algum estaleiro nacional para cumprir tais requisitos. Então, após é possível iniciar as suas operações, isso tem gerado prejuízos cessantes para a empresa.

Esse trabalho de fim de curso tem o objetivo de mostrar essa perspectiva, quanto ao atendimento das regras nacionais. O assunto tratado será o sistema de combate a incêndio do heliponto de uma plataforma de estocagem de petróleo produzido.

O heliponto é a parte fundamental da unidade, pois é por onde se chega e se evacua em caso de abandono controlado. Há diversos requisitos técnicos, ditados em normas da Autoridade Marítima e pela Força Aérea Brasileira, para se colocar um heliponto operacional. Uma das mais importantes regulamentações é verificada pela Marinha do Brasil, e o sistema de combate a incêndio é essencial para manter a integridade estrutural da unidade, evitar que o incêndio se propague em caso de acidente com aeronave no heliponto. Para isso é preciso que esse sistema seja projetado conforme as normas.

Esse projeto mostra um caso real, a unidade não foi projetada por engenheiros estrangeiros sem conhecimento das normas nacionais. Face disso foi subcontratada uma empresa brasileira com amplo conhecimento em normas e regulamentos, e foi feita uma verificação física e foi aconselhada que fizesse a modificação, uma vez que a plataforma ainda está em fase de construção, devido as facilidades do estaleiro, com um custo muito mais baixo que se fosse feito no Brasil devido a falta de espaço nos estaleiros brasileiros, que estão completamente cheios de encomendas.

Então, o objetivo desse trabalho é demonstrar através de cálculos, se o sistema original continuará atendendo tanto os requisitos das normas nacionais, quanto das internacionais, devido à modificação a ser feita no sistema de combate a incêndio da plataforma flutuante marítima.

O primeiro passo consiste em recalculer todas as perdas de cargas localizadas e em trechos retos segundo o projeto original, para verificar se há algum erro de cálculos



ou inconsistências. Feito isso, traça-se o gráfico do sistema, contra a curva da bomba instalada, e verifica-se o ponto de operação.

Em seguida, propõe-se uma modificação para atender a norma nacional, e, então calcula-se novamente todas as perdas de carga localizadas e de trechos retos. E traçando a nova curva do sistema contra a curva da bomba instalada, verifica-se o novo ponto de operação.

Logo, conclui-se se a bomba continuará ou não fornecendo a vazão requerida pelas normas, com a modificação das tubulações e acessórios.

Para os cálculos foram levado em conta os piores casos, com os dois canhões de espuma e dois hidrantes operando na vazão máxima, ou seja, totalmente abertos.

### 3. MECÂNICA DOS FLUIDOS E BOMBAS CENTRÍFUGAS

#### 3.1. Mecânica dos Fluidos

É o estudo dos fluidos em movimento (da dinâmica dos fluidos) ou em repouso (estática dos fluidos) e dos efeitos subsequentes do fluido sobre os contornos, das quais podem ser superfícies sólidas ou interfaces com líquidos.

#### 3.1.1. Escoamento de fluidos em tubulações

##### 3.1.1.1. Escoamento laminar

É definido como aquele no qual o fluido se move em camadas, ou lâminas, uma camada escorregando sobre a adjacente havendo somente troca de quantidade de movimento molecular.

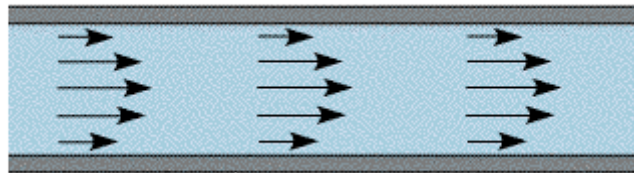


Figura 1 – Escoamento Laminar

##### 3.1.1.2. Escoamento turbulento

É aquele no qual as partículas apresentam movimento caótico macroscópico, isto é, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto ao fluido.

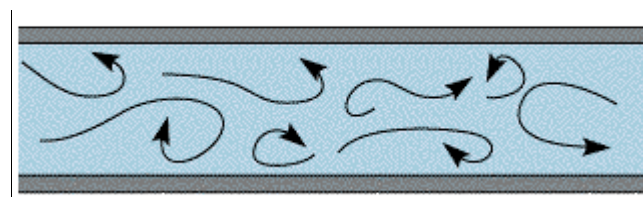


Figura 2 - Escoamento Turbulento

##### 3.1.1.3. Regime permanente

As propriedades de um determinado ponto, não variam com o tempo. Mas podem variar de um ponto para outro do fluxo, porém se mantêm constantes em cada ponto imóvel do espaço, em qualquer momento do tempo.

#### 3.1.1.4. Regime uniforme

Se todos os pontos do espaço têm mesma trajetória (em magnitude e direção) que possuem a mesma velocidade em um instante qualquer.

#### 3.1.1.5. Escoamento compressível

Quando o fluido varia de volume no sistema e a massa específica não é constante. A densidade do fluido muda em relação à pressão.

#### 3.1.1.6. Escoamento incompressível

Se não houver a variação de volume no sistema e a massa específica não variar. Em geral o escoamento de líquidos é incompressível.

### 3.1.2. Conceitos básicos de mecânica dos fluidos

#### 3.1.2.1. Equação da continuidade

É uma equação de conservação da massa. Segundo o teorema de transporte de Reynolds, estabelece uma relação entre as taxas de variação do sistema, as integrais de volume e de superfície do volume de controle. Por outro lado, as derivadas temporais do sistema estão relacionadas às leis básicas da mecânica. Fazendo as devidas simplificações encontra-se na forma diferencial é dada por:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho \, d\vartheta = 0 \quad (1)$$

Em tubulações, a Eq. (1), é simplificada, pois o escoamento no interior do volume de controle é permanente, então:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Logo,

$$\sum_i (\rho_i \cdot A_i \cdot V_i)_{entra} = \sum_j (\rho_j \cdot A_j \cdot V_j)_{sai} \quad (3)$$

Ou ainda,

$$\sum_i (\dot{m}_i)_{entra} = \sum_j (\dot{m}_j)_{sai} \quad (4)$$

### 3.1.2.2. Teorema de Benouilli para tubulações

Descreve o comportamento de um fluido movendo-se ao longo de uma linha de corrente e traduz para os fluidos o princípio da conservação da energia. Foram feitas diversas hipóteses do ser um fluido ideal (sem viscosidade nem atrito) em regime de circulação por um conduto fechado, a energia que possui o fluido permanece constante ao longo de seu percurso. E não levando em conta a perda de energia devido ao trabalho de atrito, viscosidade e turbilhonamento. Então para os líquidos reais foi feita a adaptação da Equação de Bernoulli, introduzindo um termo de perda de carga, a equação é dada por:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (5)$$

## 3.2. Máquinas de Fluxo

### 3.2.1. Tubulações industriais

#### 3.2.1.1. Perda de carga em regime turbulento

O cálculo da perda de carga em regime turbulento não é obtido diretamente de análise de exclusivamente teóricos, sendo necessário obter dados experimentais. A forma mais comum utilizada é dada pela função de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Onde o fator  $f$  é obtido de fórmulas teórico-experimentais ou de gráficos e é uma função do número de Reynolds e da rugosidade relativa da tubulação. Por exemplo, o Ábaco de Moody, pode-se obter o  $f$ .

As fórmulas teórico-experimentais:

- a) Para o regime laminar, utilizando a fórmula de Darcy-Weisbach e de Hagen-Poiseuille, obtém-se:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (7)$$

b) Ainda para escoamento laminar, Von Kármán propôs:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10}(Re \cdot \sqrt{f}) - 0,8 \quad (8)$$

c) Para o escoamento intermediário, utiliza-se a fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (9)$$

Esse método é necessário utilizar um método iterativo para obter o valor de  $f$ .

d) Para o regime turbulento, Von Kármán, propôs:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{d} \right) + 1,14 \quad (10)$$

e) Para escoamentos com  $3000 \leq Re \leq 100000$ , em tubos lisos, Blasius sugere a seguinte fórmula:

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (11)$$

f) A fórmula que abrange todos os tipos de escoamento foi proposto por Churchill:

$$f = 8 \cdot \left[ \left( \frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A + B)^{1,5}} \right]^{1/12} \quad (12)$$

Onde:

$$A = \left[ 2,457 \cdot \ln \left( \frac{1}{(7/Re)^{0,9} + 0,27 \cdot (\varepsilon/d)} \right) \right]^{16}$$

$$B = (37530/Re)^{16}$$

### 3.2.1.2. Perdas de cargas localizadas

Todos os sistemas de tubulações são inerentes os acessórios, que são entrada e saída, redutores ou expansores, curvas ou joelhos, tês, válvulas, etc, gerando perdas de carga que podem ser significativas. Métodos mais utilizados são: Método Direto e Método do Comprimento Equivalente.

### 3.2.1.3. Método Direto

A perda de carga localizada é determinada pela expressão:

$$h_f = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (13)$$

Onde  $K$  é o coeficiente de perda de carga localizada, que é um coeficiente experimental tabelado para cada tipo de acessório ou acidente. Cada fabricante fornece os valores de  $K$  de cada acessório, que podem variar de um fabricante para outro.

Esse coeficiente sofre influência do coeficiente de atrito, do comprimento e do diâmetro, mesmo que em certos casos, podem ser constantes, quando um desses parâmetros variar.

### 3.2.1.4. Método do comprimento equivalente

Esse método consiste transformar o acessório ou acidente em um trecho reto, isto é, reproduzir as mesmas condições, mesma perda de carga de um acessório comparada à perda de carga em um trecho reto equivalente. Esses valores podem ser obtidos de catálogos de fabricantes, ábacos ou em livros.

O cálculo inicial é determinar as quantidades e tipos de acessórios. Em seguida, através de tabelas obtêm-se os comprimentos equivalentes de cada acessório, então, somam-se ao comprimento dos trechos retos:

$$L_{total} = L_{reto} + \sum_{i=1}^n Le_i \quad (14)$$

Logo,

$$h_f = f \cdot \frac{L_{total}}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

Para ambos os métodos os valores de  $K$  ou  $Le$ , para instalações industriais, devem ser acrescentado 15%, de modo a corrigir os valores devido ao envelhecimento, por exemplo.

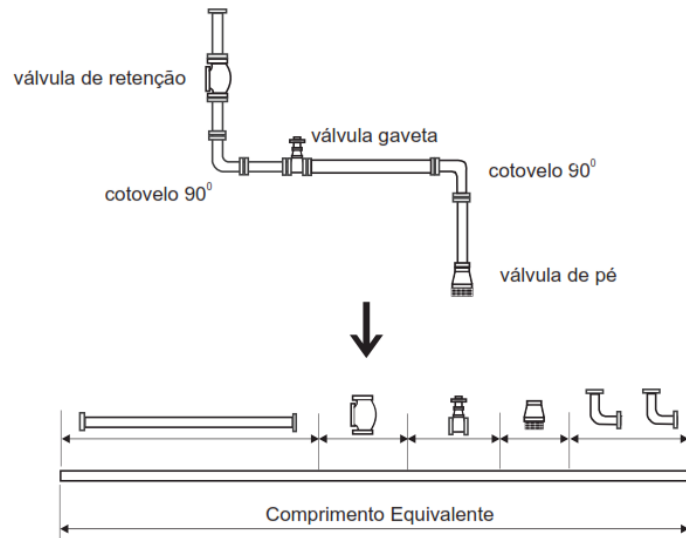


Figura 3 - Exemplo do Método do Comprimento Equivalente

### 3.2.2. Associação de tubulações

#### 3.2.2.1. Tubulações em série

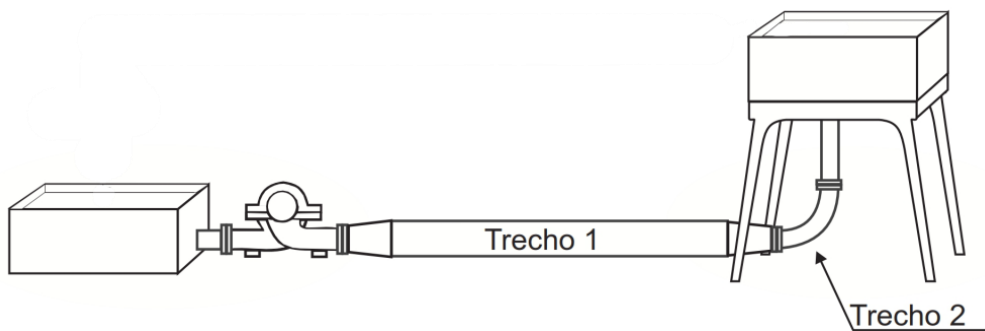


Figura 4 - Tubulações em série

Para se determinar o comprimento equivalente ao sistema de tubulações em série, deve-se considerar que as perdas de carga é a soma de cada trecho e a vazão é constante nos dois trechos, ou seja:

$$h_f = h_{f1} + h_{f2} + \dots = \sum h_{fi} \quad (16)$$

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots \quad (17)$$

### 3.2.2.2. Tubulações em paralelo

As perdas de carga são iguais, a vazão total é a soma das vazões em cada trecho, isto é:

$$h_f = h_{f1} = h_{f2} = \dots \quad (18)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots = \sum Q_i \quad (19)$$

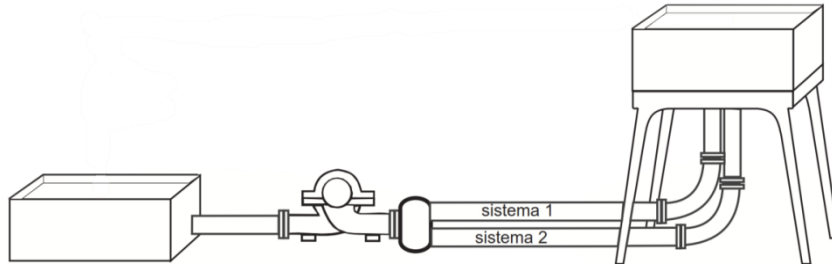


Figura 5 - Tubulações em paralelo

### 3.3. Bomba centrífuga

#### 3.3.1. Curva H (Head) x Q (vazão)

O levantamento das curvas teóricas de uma bomba centrífuga é feita segundo a equação básica de Euler, fazendo as devidas transformações de transformar as velocidades em vazões, de modo a obter uma equação do Head em função da vazão.

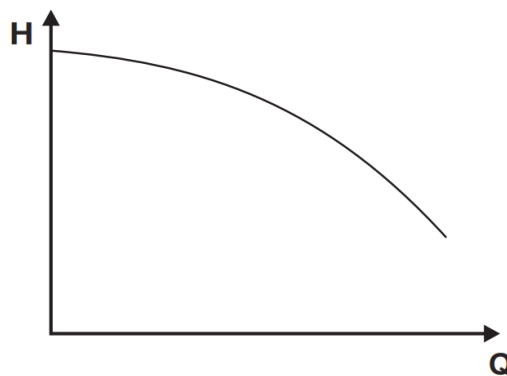


Figura 6 - Curva da bomba (Head x Vazão)

As curvas reais de funcionamento, as curvas características da bomba, são obtidas a partir das curvas teóricas, por meio da inclusão das perdas inerentes ao sistema.



### 3.3.2. Curvas de potência absorvida x vazão

A curva de potência absorvida pela bomba é definida pela inclusão de outras perdas, além das perdas hidráulicas. Tais como, o rendimento volumétrico, rendimento mecânico. O rendimento hidráulico se refere que uma pequena parte da vazão bombeada pelo rotor não atinge a linha de descarga, o que é recirculada para a sucção da bomba. Essa perda pode representar cerca de 2% para bombas grandes e 10% para bombas pequenas. Então a potência que a bomba absorve do acionador, que pode ser uma turbina, motor elétrico, motor a diesel, etc, que é calculada por:

$$Pot_{abs} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (20)$$

### 3.3.3. Curva de $\eta$ (rendimento total) x Q (vazão)

O rendimento total é calculado levando em conta os rendimentos volumétricos e mecânicos, além do rendimento hidráulico.

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_V \cdot \eta_m \quad (21)$$

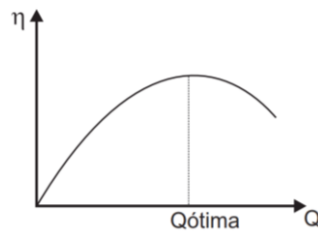


Figura 7 - Curva do rendimento total x vazão

### 3.3.4. Apresentação das curvas características das bombas

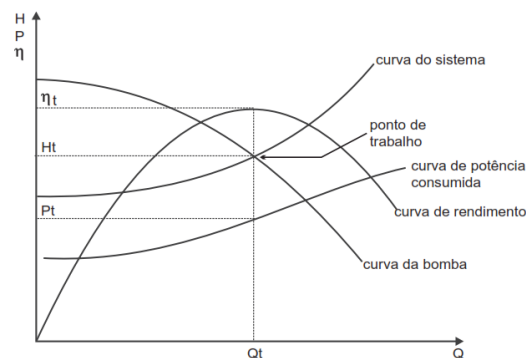


Figura 8 - Curvas características de uma bomba centrífuga

### 3.4. Características do sistema

#### 3.4.1. Altura manométrica do sistema

É a energia por unidade de peso que o sistema solicita para transportar o fluido do reservatório de sucção para o reservatório de descarga, com uma determinada vazão. Essa energia será fornecida por uma bomba, que será o parâmetro fundamental para o selecionamento da mesma. É importante notar que em um sistema de bombeamento, a condição requerida é a vazão, enquanto que a altura manométrica total é uma consequência da instalação.

A altura manométrica total ( $H$ ), pode ser calculada da seguinte forma:

$$H = h_d - h_s \quad (22)$$

Onde,  $H$  é a altura manométrica total,  $h_s$  altura manométrica de sucção e  $h_d$  é a altura manométrica de descarga.

As unidades de da altura manométrica é dada por:

$$\frac{kgf \times m}{kgf} = m \quad \text{ou} \quad \frac{lbf \times ft}{lbf} = ft$$

#### 3.4.2. Cálculo da altura manométrica de sucção ou “Suction Head” ( $h_s$ )

É a quantidade de energia por unidade de peso já existente no flange de sucção para uma determinada vazão. Entretanto, existem diversas considerações a serem feitas quanto à sucção, por exemplo, se o tanque é pressurizado ou não, se a altura estática é positiva ou negativa.

A altura estática depende do referencial, que pode ser colocando em qualquer lugar. Geralmente é colocado no nível de sucção da bomba.

Uma das formas de se calcular é utilizando o Teorema de Bernoulli entre dois pontos, um na superfície da água e o outro no flange de entrada da bomba.

$$h_s = \left[ \begin{array}{l} \text{Energia por unidade de} \\ \text{peso no ponto de sucção} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Perdas na linha de} \\ \text{sucção sob uma} \\ \text{determinada vazão} \end{array} \right] \quad (23)$$

$$\text{Se } h_s = \begin{cases} \text{Se positivo} \Rightarrow \text{"Suction Head"} \\ \text{Se negativo} \Rightarrow \text{"Suction Lift"} \end{cases}$$

Uma alternativa é medir no local a quantidade de energia por unidade de peso existente no flange de sucção. Essa opção só pode ser usada quando as tubulações e acessórios tiverem sido instalados, ou seja, é usada somente para testes do sistema.

$$h_s = \frac{P_{fs}}{\gamma} + \frac{V_{fs}^2}{2g} \quad (24)$$

Onde,  $\gamma$  é o peso específico,  $P_{fs}$  é a pressão manométrica medida no flange de sucção,  $V_{fs}$  é a velocidade no flange de sucção e  $g$  é a aceleração da gravidade.

#### 3.4.2.1. Reservatório pressurizado com altura estática positiva

A altura manométrica de sucção para um reservatório pressurizado ( $P_s$ ), com altura estática de sucção ( $Z_s$ ) positiva e perda de carga na linha e acessórios ( $h_{fs}$ ).

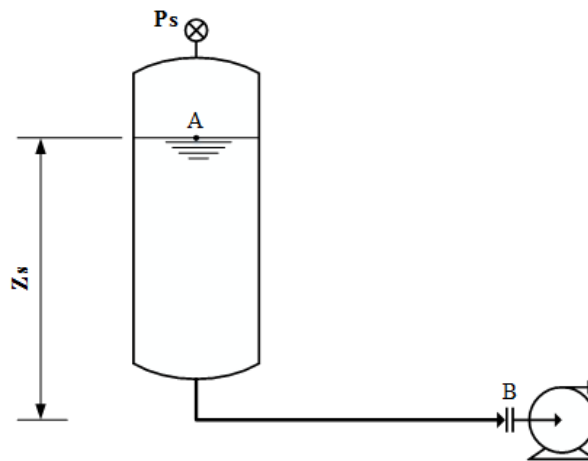


Figura 9 – Exemplo de um reservatório pressurizado com  $Z_s$  positivo

Para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular da seguinte forma:

$$h_s = Z_s + \frac{P_s}{\gamma} - h_{fs} \quad (25)$$

A forma de testar o sistema é dada por:

$$h_s = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} \quad (26)$$

### 3.4.2.2. Reservatório aberto com altura estática positiva

A altura manométrica de sucção para um reservatório não pressurizado, com altura estática de sucção ( $Z_s$ ) positiva e perda de carga na linha e acessórios ( $h_{fs}$ ).

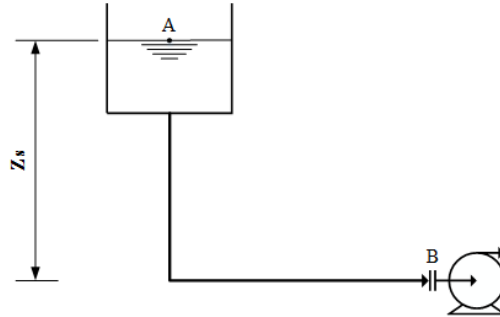


Figura 10 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com  $Z_s$  positivo

Para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular da seguinte forma:

$$h_s = Z_s - h_{fs} \quad (27)$$

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (26).

### 3.4.2.3. Reservatório aberto com altura estática negativa

A altura manométrica de sucção para um reservatório não pressurizado, com altura estática de sucção ( $Z_s$ ) negativa e perda de carga na linha e acessórios ( $h_{fs}$ ).

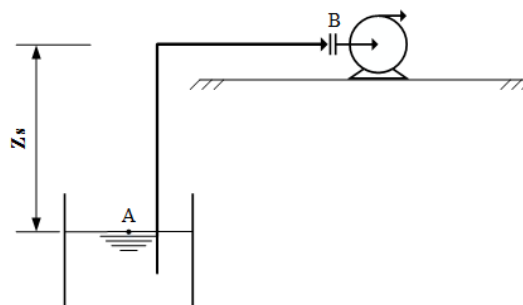


Figura 11 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com  $Z_s$  negativo

Então, para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular da seguinte forma:

$$h_s = -Z_s - h_{fs} \quad (28)$$

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (26).

### 3.4.3. Cálculo da altura manométrica de descarga ou “Discharge Head” ( $h_d$ )

É a quantidade de energia por unidade de peso que deve existir no flange de descarga para que o fluido alcance o reservatório de descarga nas condições determinadas pelo projeto do sistema, como a vazão e pressão.

Analogamente aos cálculos da altura manométrica de sucção, primeiramente pode-se utilizar o Teorema de Bernoulli entre o ponto do flange de descarga e o ponto final da linha, então:

$$h_d = \left[ \begin{array}{l} \text{Energia por unidade de} \\ \text{peso no ponto final de} \\ \text{descarga} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Perdas na linha de} \\ \text{descarga sob uma} \\ \text{determinada vazão} \end{array} \right] \quad (29)$$

Alternativamente, consiste em medir localmente a quantidade de energia por unidade de peso no flange de descarga. Analogamente do que foi calculado para a altura manométrica de sucção, o cálculo serve somente para testar o sistema, pois a instalação esteja funcionando, logo:

$$h_d = \frac{P_{fd}}{\gamma} + \frac{V_{fd}^2}{2g} \quad (30)$$

Onde,  $\gamma$  é o peso específico,  $P_{fd}$  é a pressão manométrica medida no flange de descarga,  $V_{fd}$  é a velocidade no flange de descarga e  $g$  é a aceleração da gravidade.

#### 3.4.3.1. Reservatório pressurizado com descarga no fundo

A altura manométrica de descarga para um reservatório pressurizado  $P_d$ , com altura estática de descarga ( $Z_s$ ) negativa e perda de carga na linha e acessórios ( $h_{fd}$ ).

Para dimensionar o sistema de descarga é calculado da seguinte forma:

$$h_d = Z_d + \frac{P_d}{\gamma} + h_{fd} \quad (31)$$

A forma de testar o sistema é dada por:

$$h_d = \frac{P_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} \quad (32)$$

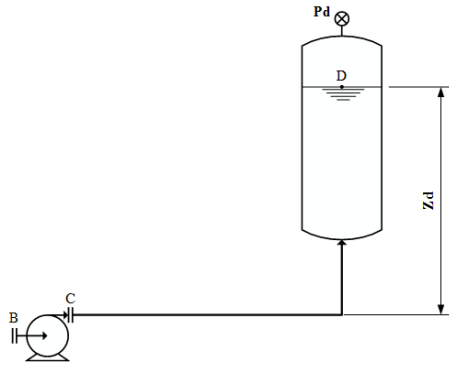


Figura 12 - Exemplo de um reservatório pressurizado com descarga pelo fundo

### 3.4.3.2. Reservatório não pressurizado com descarga no fundo

Para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular da seguinte forma:

$$h_d = Z_d + h_{fd} \quad (33)$$

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (32).

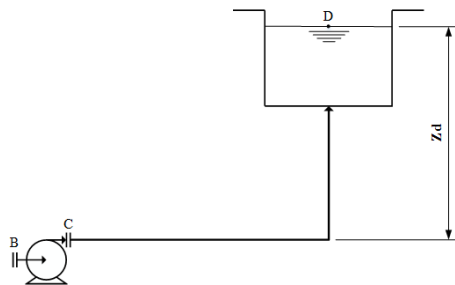


Figura 13 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com descarga pelo fundo

### 3.4.3.3. Reservatório não pressurizado com descarga livre

Para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular utilizando a Eq. (33).

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (32).

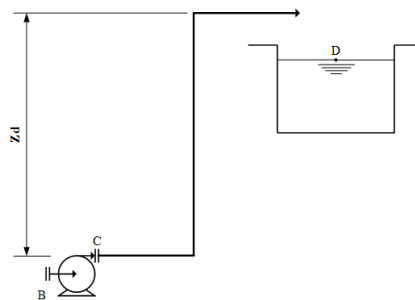
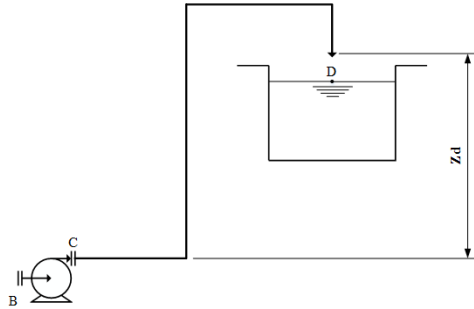


Figura 14 - Exemplo de um reservatório não pressurizado com descarga livre

#### 3.4.3.4. Reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão com descarga livre

Para dimensionar o sistema de sucção é feito da mesma forma, isto é, utilizando a Eq. (33).

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (32).

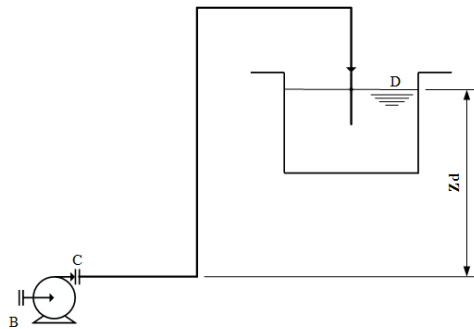


**Figura 15 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão**

#### 3.4.3.5. Reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão com descarga afogada

Para dimensionar esse sistema de sucção é feito da mesma forma, isto é, utilizando a Eq. (33).

A forma de testar o sistema é dada pela Eq. (32).



**Figura 16 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando o efeito sifão afogado**

#### 3.4.3.6. Reservatório não pressurizado com altura estática negativa

Para dimensionar o sistema de sucção pode-se calcular da seguinte forma:

$$h_d = -Z_d + h_{fd} \quad (34)$$

A forma de testar o sistema de descarga é dada pela Eq. (32).

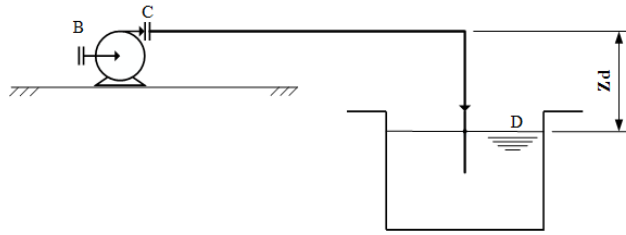


Figura 17 - Exemplo de um reservatório não pressurizado considerando  $Z_d$  negativo

#### 3.4.4. Cálculo da altura manométrica total ( $H$ )

Uma vez calculados as alturas manométricas de sucção e de descarga, pode-se calcular a altura manométrica total do sistema. Substituindo as Eqs. (25) e (33) na Eq. (22). Obtém-se:

$$H = (Z_d - Z_s) + \left( \frac{P_d - P_s}{\gamma} \right) + (h_{fd} + h_{fs}) \quad (35)$$

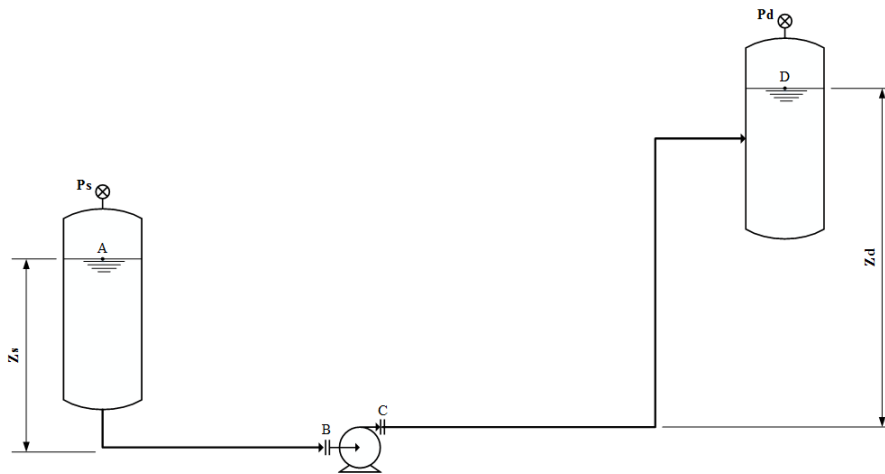


Figura 18 – Exemplo de um sistema

#### 3.4.5. Determinação da curva do sistema

A curva do sistema é um gráfico que mostra a variação da altura manométrica total com a vazão, ou seja, o que demonstra a variação de energia por unidade de peso que o sistema solicita em função da variação da vazão. Então, pode-se dividir a Eq. (35) em duas partes:

Uma parte estática, que não dependem da vazão, mas somente das condições dos reservatórios de sucção e de descarga, e, das alturas estáticas:

$$(Z_d - Z_s) + \left( \frac{P_d - P_s}{\gamma} \right) \quad (36)$$



E a parte de fricção, que varia com a vazão.

$$f(Q) = (h_{fd} + h_{fs}) \quad (37)$$

### 3.5. Determinação do ponto de trabalho em função do sistema

Calculada a curva do sistema é possível, então, escolher uma bomba. Há diversas maneiras de selecionar uma bomba. Deve-se considerar que a bomba poderá trabalhar na faixa de vazão calculada no projeto, ou determinada em normas. Deve-se escolher uma bomba que se aproxima da vazão desejada que consiga fornecer o “Head” necessário para vencer a energia do sistema. A bomba deve trabalhar, de preferência, próximo ao seu rendimento máximo, caso contrário estaria perdendo dinheiro, com uma bomba que consome muita energia para se conseguir uma determinada vazão.

Para isso traça-se a curva do sistema (H x Q), “Head” x Vazão, sob a curva da bomba, na intercessão será o ponto de trabalho.

Logo, é obtido o valor da vazão de operação, para ser comparada aos valores de projeto, se a bomba atende ou não. O “Head” de operação, a potência absorvida e o rendimento da bomba no ponto de trabalho.

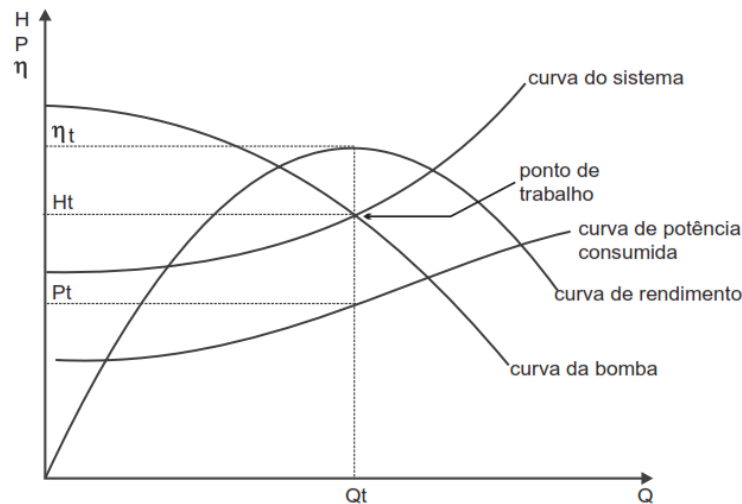


Figura 19 – Exemplo do ponto de trabalho

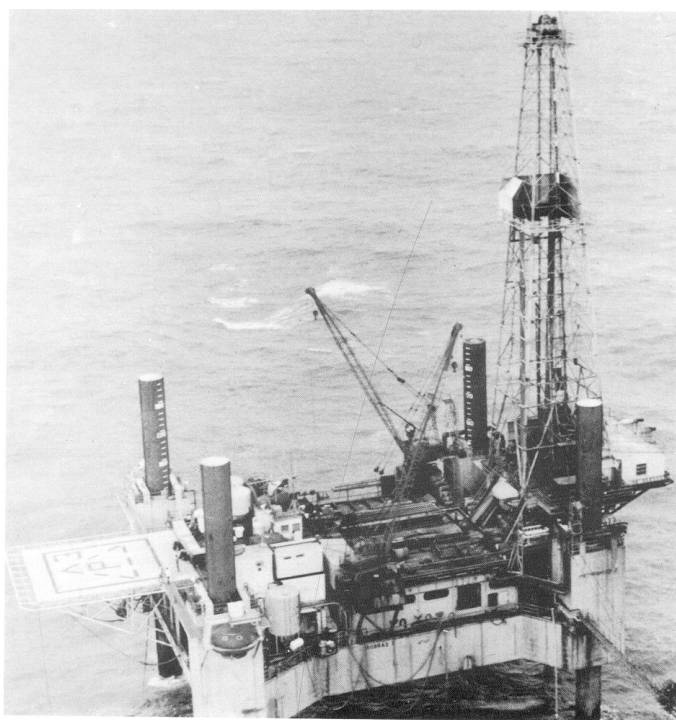
## 4. UNIDADES MARÍTIMAS

### 4.1. Breve histórico

A primeira plataforma flutuante de perfuração foi construída em 1947, nos Estados Unidos, essa unidade foi construída tendo base nos equipamentos de unidades terrestres, que sofreram algumas adaptações para o ambiente marinho. Anos se passaram, as plataformas de petróleo estão cada vez mais modernas, é o “estado da arte” em tecnologia. Hoje, há plataformas automatizadas, que fazem quase todo o processo de perfuração, sem a intervenção humana. E ainda, plataformas de produção que podem ser operadas remotamente, de um centro de operações em terra.

Na exploração de petróleo no continente, em terra, é feito por sondas de perfuração, unidades de distribuição e de processamento do petróleo. Entretanto, para o ambiente marinho, fora da costa, tiveram que ser feitas diversas adaptações, e, novas tecnologias tiveram que ser desenvolvidas. Devido à complexidade de se extrair o petróleo e manter as pessoas trabalhando em um ambiente hostil, sujeito as condições adversas do clima e do mar.

No Brasil, a primeira plataforma feita no País para explorar o petróleo no mar foi em 1968, a PETROBRAS, lançou a plataforma auto-elevável, que perfurou poços em Sergipe.



**Figura 20 – Primeira plataforma denominada “Petrobras 1”**

## 4.2. Principais tipos de plataformas flutuantes

### 4.2.1. Floating, Storage and Offloading (FSO)

São unidades flutuantes estáticas, que ficam ancoradas no solo marinho, que possuem somente a função de estocar o excedente de óleo processado, por uma FPSO, geralmente são conversões utilizando os cascos de grandes navios petroleiros em fim de carreira. O custo em converter é mais barato que construir um casco novo.



**Figura 21 – Plataforma tipo “FSO”**

### 4.2.2. Floating, Production, Storage and Offloading (FPSO)

São unidades flutuantes estacionárias, possuem a capacidade de estocagem, processamento e transferência de petróleo. Geralmente são conversões utilizando os cascos de grandes navios petroleiros em fim de carreira, são navios com alta capacidade de armazenamento. A conversão em FPSO é feita através da instalação de módulos de plantas de processamento de petróleo, como se fosse uma mini refinaria, que basicamente separa os fluidos (óleo, água e gás) e sedimentos. Esse tipo de unidade pode ficar ancorado por décadas na mesma localização, sofrendo manutenções periódicas.



**Figura 22 – Plataforma tipo “FPSO”**

#### 4.2.3. Semissubmersíveis

São plataformas flutuantes, que possuem flutuadores ou “*pontoons*”, em inglês. Esse tipo de unidade pode ter ou não um sistema de propulsão.

Sem propulsão, que permanecem ancoradas como as FPSOs, são geralmente empregadas para a instalação de módulos de produção, como não possuem tanques para armazenamento do petróleo processado, precisam trabalhar em conjunto com uma plataforma tipo FSO.



**Figura 23 – Plataforma tipo semissubmersível de produção**

As plataformas semissubmersíveis que possuem um sistema de propulsão, geralmente tem uma planta de perfuração, pois não mais estáveis, que os navios sonda.



**Figura 24 - Plataforma tipo semissubmersível de perfuração**

Existem outras variantes, como a instalação de módulos de acomodação, chamados “flotéis”, que são usadas somente para alojamento das pessoas. Ou ainda, podem possuir equipamentos ultra especializados como guindastes de alta capacidade para a instalação de equipamentos submarinos, por exemplo.



**Figura 25 - Plataforma tipo semissubmersível de instalação de plataformas**

#### 4.2.4. Tension Leg Platform (TLP)

Unidades flutuantes, que podem possuir características de uma plataforma semissubmersíveis ou com outro tipo de geometria, mas o diferencial são ancoradas no leito marinho, por tendões, que são tracionadas.

No Brasil, no final de 2013 foi instalada a primeira plataforma desse tipo, que terá a função de bombear o petróleo do poço até a plataforma tipo “FPSO”.



**Figura 26 - Plataforma tipo “TLP”**

#### 4.3. Evolução das plataformas marítimas e dos sistemas submarinos

Há outros tipos de unidades flutuantes, que não foram listados, foi somente um resumo das principais plataformas que estão em operação no Brasil.

As principais unidades marítimas vão desde as fixas que são cravadas no leito marinho até as mais sofisticadas a “spar”, que é um monocilindro vertical que pode ter diversas funções.



Figura 27 – Tipos de unidades marítimas

#### 4.4. Normas e regulamentos aplicados às plataformas “offshore”

Em virtude à complexidade das operações “offshore”, novas normas e regulamentos tiveram que ser criadas ou adaptadas ao ambiente marinho, pois as normas industriais existentes são válidas para atividades em terra, entretanto vários itens foram aproveitados e modificados, dando um grau mais severo.

Internacionalmente, essas normas e regulamentos foram criados pela Organização Marítima Internacional, “*International Maritime Organization*”, ou simplesmente IMO, sigla em inglês. Essa Organização é uma agência especializada das Organizações das Nações Unidas (ONU), que possui a sede em Londres. A IMO possui uma Assembleia, um Conselho, diversos Comitês e Subcomitês Técnicos que cuidam de vários assuntos, tais como, salva guarda da vida humana no mar, proteção do meio ambiente marinho, combate a incêndio e outras.

A Organização foi criada com intuito de padronizar e criar requisitos mínimos de segurança para as pessoas que trabalham a bordo das embarcações.

Os Armadores, os donos das embarcações, são obrigados a seguir as normas, devido à obrigatoriedade do registro de uma embarcação. Esse registro é feito em um

País, que é denominado Bandeira. O Estado de Bandeira é a Administração das embarcações. O Panamá, Ilhas Marshall, Libéria, Vanuatu são alguns exemplos de Bandeiras.

Uma vez registrado em uma Bandeira, a embarcação deve cumprir todas as normas e regulamentos as quais a Bandeira é signatária. O cumprimento não é imediato a embarcações têm um prazo para se adequarem as novas regras. Caso não sejam cumpridos tais requisitos à unidade poderá até perder o seu registro, temporariamente, o que é muito grave, gerando prejuízos cessantes ao Armador. Devido às empresas afretadoras ou operadoras não contratam embarcações que não possuem tal registro em dia.

As normas não foram criadas e nem adotadas de imediato pelos Países membros da IMO, mas, somente, após diversos acidentes com grandes fatalidades e de grande repercussão mundial, que a Organização Marítima Internacional estabeleceu prazos para o cumprimento dos requisitos de segurança. Seguem alguns exemplos de acidentes, que fizeram que os Armadores levassem seus navios para os estaleiros para adaptação, caso contrário, não poderiam operar as suas embarcações.

- “Titanic”, com o acidente que teve um fim trágico devido à falta de equipamento de salvatagem. A Convenção “*Safety of Life at Sea*”, SOLAS sigla em inglês como é mais conhecida, ou ainda em português a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar, já havia sido publicada, mas somente após o ocorrido em 1912. Mas somente em 1914 a Convenção foi adotada. Essa é a principal norma que rege sobre todas as embarcações e para as plataformas.
- “Exxon Valdez” no Alasca, esse acidente com o petroleiro que teve o desfecho a criação da MARPOL, a abreviação de “*Marine Pollution*”, é uma Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, que também é aplicável a plataformas marítimas.

As normas e regulamentos não param por ai, foram criadas outras Convenções e Códigos ao longo dos anos. Hoje em dia, essas normas são tão rigorosas que alguns Países membro, além de assinarem, as adotam como sendo as normas nacionais. As Autoridades Marítimas fazem algumas modificações tornando-as mais rigorosas, como é o caso do Brasil, que possui cerca de trinta e uma normas, chamadas NORMAMs, Normas da Autoridade Marítima.

A publicação “*Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*”, MODU Code sigla em inglês, que é um complemento da Convenção,

modificando alguns parâmetros construtivos, que são mais rigorosos, que são aplicáveis as plataformas marítimas.

Outra importante publicação é o “*Fire Safety Systems*”, FSS, sigla em inglês, que dispõe sobre padrões internacionais de especificações técnicas para sistemas de combate a incêndio conforme requeridos pela Convenção SOLAS.

Como todas as novas normas e regulamentos requer interpretação de como aplica-las a cada tipo de embarcação. Como as Bandeiras não possuem um grande corpo técnico, então transferiram tais responsabilidades para as Sociedades Classificadoras. Essas empresas são especializadas, que possuem um grande corpo de engenheiros e técnicos, que possuem as condições de estudá-las e ajudar aos armadores a aplica-las nas embarcações.

No Brasil, essas empresas, as Sociedades Classificadoras, firmam um “Acordo de Reconhecimento” que poderão realizar em nome da Autoridade Marítima Brasileira, as auditorias, inspeções, vistorias e emissões de certificados e demais documentos previstos nas Convenções e Códigos Internacionais das quais o país é signatário e/ou na legislação nacional aplicável. A Marinha apenas fiscaliza a sua atuação, em inspeções anuais, para as renovações dos Certificados de Declarações de Conformidade.

Como as descobertas de petróleo estão indo muito além da costa, e, como é imprescindível, a necessidade de transporte seguro de pessoas e cargas com rapidez para as unidades marítimas, então o meio escolhido foi o helicóptero.

Então, a “*International Civil Aviation Organization*”, ICAO, sigla em inglês, que possui normas para aeródromos terrestres, desenvolveu um anexo exclusivo para helipontos marítimos, isto é, estabeleceu parâmetros técnicos de estruturas e acessórios dos quais garantem o pouso da aeronave com segurança. E caso venha haver um acidente o local tenha meios de ajudar a salvar as pessoas, minimizando os prejuízos com acidente, e, principalmente, manter a integridade da unidade marítima.

No Reino Unido, foi criada uma publicação “*Standards for Offshore Helicopter Landing Areas*”, mais conhecido como CAP 437, que relaciona os padrões mínimos para a construção de helipontos em qualquer tipo de embarcação. Como as descobertas de petróleo no mar, distanciou e muito da costa, o helicóptero foi o sistema de transbordo de pessoal adotado no Mar do Norte. Visto que as distâncias são grandes, com o transporte marítimo demoraria dias, e outro fator importante é a condição de mar que são péssimas ao longo do ano, inviabilizando o transporte marítimo. Esses são os



dois principais fatores que levaram a usar o helicóptero como um meio de transporte de pessoal e carga.

Tanto no Brasil quanto no Mar do Norte, as distâncias entre o aeroporto e a plataforma podem ultrapassar das 300 milhas náuticas, em linha reta, significa que um helicóptero pode vir a percorrer esse trajeto em 4 (quatro) a 5 (cinco) horas, a uma velocidade entre 120 (duzentas) e 150 (cento e cinquenta) milhas por hora.

No Brasil, existe uma norma somente para helipontos “*offshore*”, que é a Normas da Autoridade Marítima número 27 (vinte e sete), ou NORMAM-27 como é mais conhecida. Essa norma no passado era uma adaptação das normas brasileiras de helipontos militares, que possuía um capítulo dentro das Normas da Autoridade Marítima número 01 (um), o capítulo 6 (seis) ditava algumas regras de construção e operação de helipontos marítimos. Anos se passaram, após diversos Seminários internacionais e debates técnicos foi criada uma norma exclusiva para helipontos marítimos, que tem o objetivo alinhar com as normas internacionais.

Mas infelizmente, a norma nacional não está igual a norma internacional, e, isso tem prejudicado os armadores, que precisam adaptar o seu heliponto as normas nacionais, toda vez que a embarcação venha a operar em águas brasileiras.

Segundo o SOLAS, as normas do País costeiro é soberano perante as embarcações que venham a operar nas suas jurisdições. Ou seja, além das normas internacionais que é requerido pela Bandeira, as normas nacionais do País costeiro também devem ser respeitadas antes de iniciar a operação.

A verificação é feita pela Marinha, se os parâmetros mínimos das normas estão sendo cumpridas, e, só após tal inspeção com resultado satisfatório, serão autorizados a iniciar a operação. Caso contrário, não poderão operar ou simplesmente sair, se for constatado uma deficiência muito grave, a embarcação estará detida, até saná-la.

#### 4.5. Heliponto, “*helicopter deck*” ou simplesmente “*helideck*”

É o local destinado ao pouso seguro, onde os parâmetros de segurança devem ser atendidos, são verificados durante a fase de projeto, e, ao final antes de entrar em operação sofre uma vistoria feita pela Marinha para verificar tais parâmetros, se aprovado será autorizado pela Autoridade Marítima, representada pela Diretoria de Portos e Costas (DPC), e por fim a Agência de Aviação Civil (ANAC) emitirá as Portarias autorizando as operações aéreas.

#### 4.6. Escolha do tamanho do heliponto

A área a ser protegida pelo sistema de combate a incêndio é o heliponto ou “*helideck*”, em inglês, que possui uma área que pode acomodar um diâmetro (D), no caso desse estudo é igual a 23 m. O parâmetro “D” é escolhido em função do maior helicóptero a operar no heliponto, ou seja, o comprimento total de um helicóptero da ponta do rotor principal até a ponta do rotor de cauda.

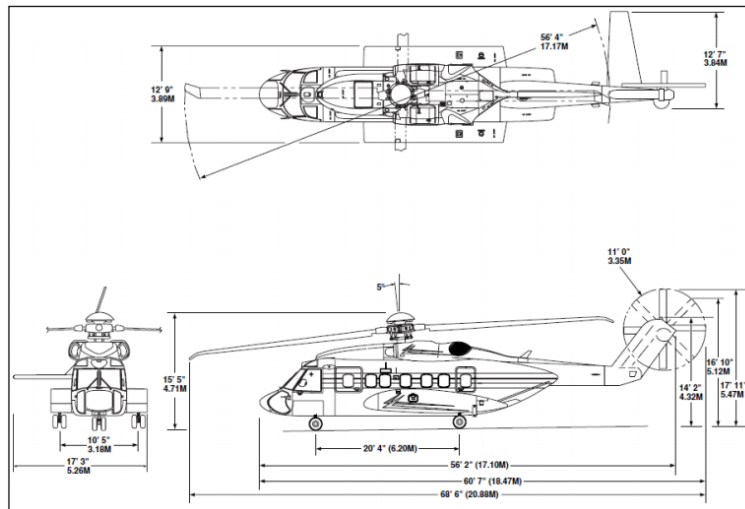


Figura 28 – Dimensões do Helicóptero

## 5. SISTEMA DE COMBATE À INCÊNDIO EM HELIPONTO DE PLATAFORMAS MARÍTIMAS

### 5.1. Considerações iniciais

Todas as unidades industriais possuem um sistema de combate a incêndio, que monitora e combate o princípio de incêndio. Segundo a teoria básica do fogo, que é composta por três elementos fundamentais, o combustível, o comburente (ar) e a fonte de calor. Se um desses elementos forem removidos não haverá fogo.



Figura 29 – Triângulo do fogo

Dependendo de cada situação, utiliza-se uma técnica de combate a incêndio, em plataformas marítimas utilizam-se basicamente duas técnicas fundamentais: primeira é a eliminação do comburente, o ar, por isso que todas as plataformas possuem aletas de ventilação são dispositivos automáticos ou manuais, que fecham as entradas de ar. O segundo sistema é a eliminação do calor, feita através de chuveiros automáticos ou “*sprinklers*”, em inglês, que são dimensionados seguindo as regras internacionais.

O combate a incêndio varia conforme a área a ser protegida, isto é, como é o ambiente, que tipos de equipamentos existem, por exemplo. Se possuir dispositivos elétricos utiliza-se o sistema de CO<sub>2</sub> ou o pó químico. Há normas internacionais para o dimensionamento, as escolhas dos tipos e da quantificação dos equipamentos de combate a incêndio devem ser instaladas em determinadas áreas.

Em helipontos marítimos são utilizados o sistema de combate a incêndio com espuma, uma mistura de água salgada e líquido gerador de espuma (LGE), com concentração de três por cento, isto é, para cada cem litros de solução são necessários noventa e sete litros de água e três litros de líquido gerador de espuma.

## 5.2. Sistema de combate a incêndio em plataformas marítimas

### 5.2.1. Tipos de sistemas de combate a incêndio

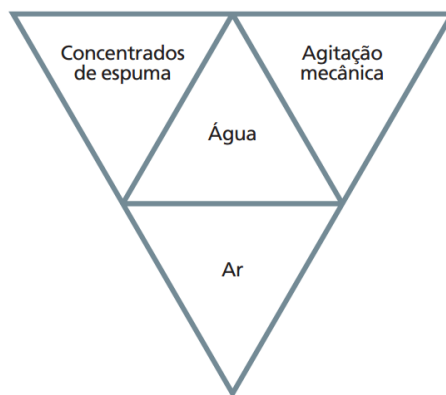
O sistema primário de combate a incêndio em plataformas é o de água com ou sem espuma. A espuma de combate a incêndio é uma massa de bolhas pequenas de densidade menor que a de muitos líquidos inflamáveis e menor que a densidade da água. Trata-se de um agente que cobre e resfria, produzido através da mistura do ar com uma solução que contém água e espuma mecânica.



**Figura 30 – Treinamento de combate a incêndio com espuma**

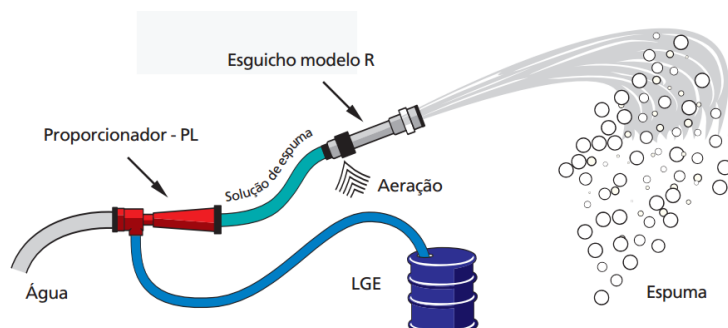
Tetraedro da espuma, a espuma combate incêndios de líquidos inflamáveis ou combustíveis de quatro maneiras:

- i. Exclui o ar dos vapores inflamáveis;
- ii. Elimina os vapores da superfície do combustível;
- iii. Separa a chama das superfícies combustíveis;
- iv. Resfria a superfície combustível e as superfícies em volta.

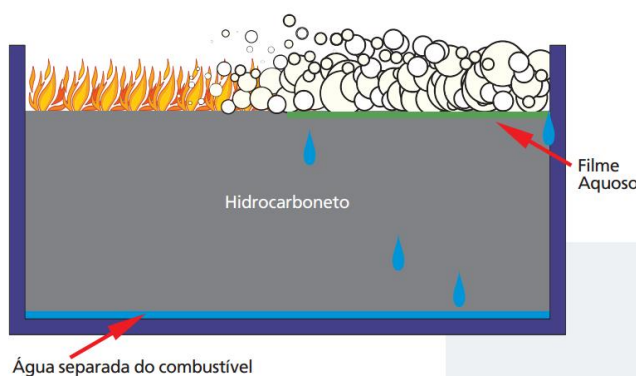


**Figura 31 – Tetraedro da espuma**

A espuma é a combinação de líquido gerador de espuma (LGE), água e ar. Quando estes componentes se juntam em proporções certas e se misturam, a espuma é formada. O esquema abaixo mostra como ela é formada através de um proporcionador.



**Figura 32 – Mecanismo de formação da espuma**



**Figura 33 - Espuma atuando em Hidrocarboneto**

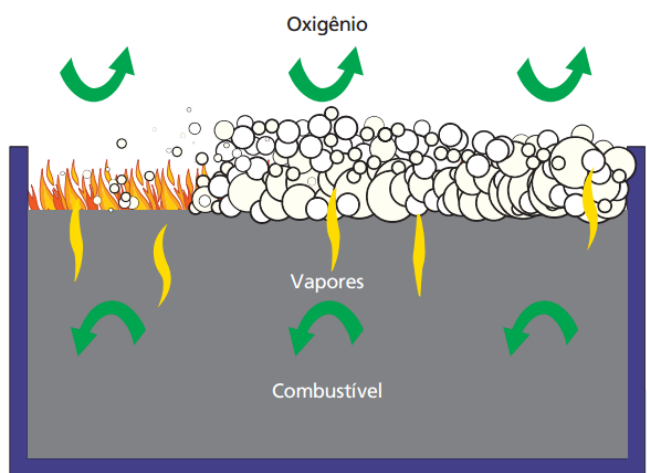
Inicialmente foi desenvolvido para ser usado em hidrocarbonetos na concentração de 3% e para solventes polares na concentração de 6%. É compatível com pó químico seco e pode ser utilizado com água doce ou salgada.

Atualmente também está disponível na concentração de 3% tanto para hidrocarbonetos como para solventes polares e também na concentração de 1% para hidrocarbonetos e 3% para solventes polares, trazendo ainda mais vantagens na utilização, pois estes novos LGE's possibilitam minimizar o estoque enquanto a capacidade de extinção é maximizada.

Os LGE's do tipo AFFF são compatíveis com pó químico seco e podem ser usados com água doce ou salgada.

Trata-se da combinação de composto de tensoativos fluorados e hidrocarbonetos, polímero de alto peso molecular e solventes. Solventes polares como o álcool podem

destruir espumas que não são resistentes ao álcool. O LGE Formador de Filme Aquoso Resistente a Álcool (AFFF/ARC) age formando um filme aquoso sobre o combustível de hidrocarboneto. Quando usado com solventes polares, forma uma membrana polimérica resistente que separa a espuma dos combustíveis, e previne a destruição do colchão de espuma.



**Figura 34 – Combate a incêndio usando espuma**

As nossas mais novas formulações foram produzidas para serem usadas a 3% em ambos os grupos de combustíveis, em 1% para hidrocarbonetos e 3% para solventes polares. Com as novas fórmulas, tem-se uma maior proteção utilizando-se menor quantidade de concentrado.



**Figura 35 – Heliponto real, com os sistemas de combate a incêndio**

### 5.2.2. Funcionamento do sistema de combate a incêndio

Em helipontos marítimos é usado a espuma como elemento de combate. Ela atua na criação de uma película selante ao ar sobre o fogo, para apagá-lo por abafamento, isto é, removendo de ar. E, também auxilia na remoção dos vapores combustíveis, eliminando a alimentação do fogo, no resfriamento, trocando calor com a mistura água e espuma.

Em unidades marítimas, o sistema de combate a incêndio primário, é composto basicamente por:

- a) Um anel pressurizado;
- b) Duas ou mais bombas do tipo “Jockey”, mantêm a pressão do anel;
- c) Uma bomba de incêndio principal, que garante a vazão em cada estação de combate;
- d) Uma ou mais bombas de incêndio de emergência, que geralmente tem uma alimentação independente da unidade, que pode ser diesel. São essenciais para continuar mantendo ou aumentando a vazão requerida, caso o incêndio tenha se propagado pela plataforma;
- e) Existem outras bombas, como bombas de lastro, de esgoto, de serviços gerais, que após algumas manobras de válvulas podem auxiliar o sistema primário no combate.

A sucção das bombas é feita por caixas de mar, independentes, que tem a função de coletar a água do mar e garantir a uniformidade do fluxo, para não haver a chance de cavitação nas bombas. A sua estrutura permite a ligação direta da água do mar para o interior do navio.

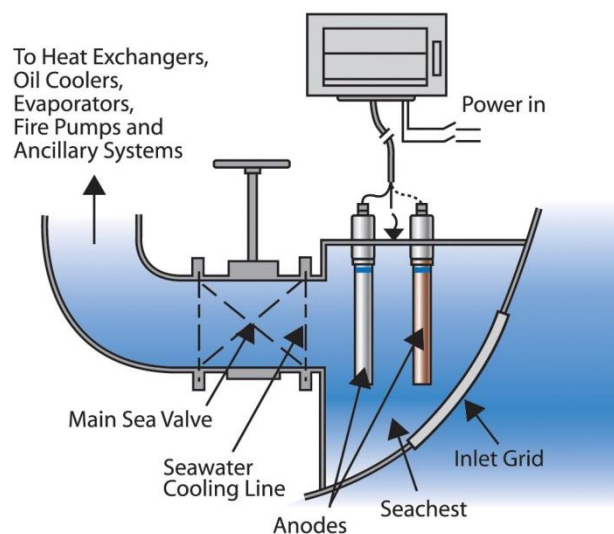


Figura 36 – Exemplo típico para caixa de mar

Os acionamentos dessas bombas e válvulas podem ser manual ou remoto. A tecnologia evoluiu de tal forma que as ações de combate a incêndio, independem da ação humana, devido aos milhares de sensores espalhados ao redor de cada equipamento. Em caso de principio de incêndio o sistema é acionado imediatamente.

Em plataformas de produção mais modernas, o sistema de diluvio, pode ser acionado automaticamente, após os sensores de calor ou sensores infravermelho, que conseguem detectar o principio de incêndio e iniciar o combate imediatamente.

Um moderno sistema de combate a incêndio está ilustrado no Anexo B.



## 6. PROCEDIMENTOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO

### 6.1. Determinação da vazão do sistema

A vazão do sistema depende do tamanho da área a ser protegida, e, da razão de descarga da solução, que é dada pela norma MODU Code.

O parâmetro “D” é o diâmetro do maior helicóptero a operar no heliponto da plataforma. Então, a área é dada por:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (38)$$

E a razão de descarga da solução, “R”, é dada pela norma internacional, MODU Code, de  $R = 6,0 \ell/min/m^2$ . Logo, calcula-se a vazão mínima, dada pela expressão:

$$Q = A \times R \quad (39)$$

### 6.2. Tempo mínimo para operação do sistema

As normas internacionais e nacionais estabelecem que o tempo mínimo de atuação do sistema, isto é, o tempo de operação do sistema mantendo a vazão da mistura (água + LGE), que deve ser de:

$$T = 5 \text{ min}$$

### 6.3. Concentração do LGE

A norma brasileira, NORMAM-27, estabelece que a concentração de LGE, deve ser de 3% AFFF, logo:

$$M = 0,03$$

### 6.4. Quantidade mínima de espuma

Com base nesses dados obtidos das normas, calcula-se então a quantidade mínima de espuma, dada por:

$$F = Q \times M \times T \quad (40)$$

#### 6.5. Para a determinação do tipo de canhão

Escolhe-se o fabricante, que fornecerá um catálogo dos modelos disponíveis. Tendo como base o valor da vazão calculada é determinado o modelo do canhão de espuma apropriado para combater o incêndio na região escolhida.

#### 6.6. A quantidade de canhões de espuma

É determinada pelos regulamentos. As normas internacionais são requeridos pelo menos dois canhões de espuma, mas a norma brasileira solicita pelo menos três, mas o terceiro pode ser substituído por um hidrante, desde que possua as mesmas características de um canhão de espuma, conforme a categoria do heliponto.

Tabela 1 - Categoria de helipontos

| <b>Diâmetro (D)</b>   | <b>Categoria (H)</b> |
|-----------------------|----------------------|
| $< 15 m$              | H1                   |
| $15 \leq D \leq 24 m$ | H2                   |
| $> 15 m$              | H3                   |

#### 6.7. Verificação se o tempo de atuação do sistema atenderá a regulamentação

Levando em conta o número de canhões e equipamentos auxiliares em funcionamento, isto é, para o pior caso.

$$T = \frac{F}{Q_{Total} \times M} \quad (41)$$

#### 6.8. Alternativa, redimensionar o tanque de espuma

Caso, o tempo de operação do sistema não atenda as normas, uma alternativa é redimensionar o tanque de espuma, dado por:

$$F = N \times Q \times M \times T \quad (42)$$

#### 6.9. Segunda alternativa alterar a vazão dos canhões

Mantendo a capacidade do tanque de espuma:

$$Q = \frac{F}{N \times M \times T} \quad (43)$$

#### 6.10. Determinação da vazão total para o pior caso

Leva-se em conta o número de canhões em operação e os equipamentos auxiliares, os hidrantes, por exemplo.

#### 6.11. Cálculo da velocidade do fluido no interior da tubulação

Em função as reduções do diâmetro do sistema, dado por:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (44)$$

Ajustando para que a unidade de velocidade seja dada em  $m/s$ , então divide-se a vazão por 3600, desde que a vazão ( $Q$ ) em  $m^3/h$  e o diâmetro interno ( $d$ ) em  $m$ .

$$V = \frac{Q}{900 \times \pi \times d^2} \quad (45)$$

#### 6.12. Cálculo do número de Reynolds

$$Re = \frac{V \times d}{\mu} \quad (46)$$

#### 6.13. Cálculos das perdas de carga, da sucção e da descarga

a) Dos acessórios  $h_{fa}$ , foi utilizado o **método direto**.

$$h_{fa} = K \times \frac{V^2}{2g} \quad (47)$$

Os cálculos originais foram feitos em unidades de pressão:

$$P_{fa} = \rho \times K \times \frac{V^2}{2} \quad (48)$$

Dados do fluido:

$$\rho = 1025 \text{ kg}/m^3$$

$$\mu = 1 \text{ cst} = 10^{-6} \text{ m}^2/s$$

b) Dos trechos retos, foi utilizado o **método de comprimento equivalente**.

$$h_{fr} = f \times \frac{L_{reto}}{d} \times \frac{V^2}{2g} \quad (49)$$

Mas, os cálculos originais, também, foram feitos em pressão:

$$P_{fr} = \rho \times f \times \frac{L_{reto}}{d} \times \frac{V^2}{2} \quad (50)$$

Onde,

$$f = 0,3164 \times Re^{-0,25} \quad (51)$$

Desde que  $10^5 < Re < 10^7$

#### 6.14. Cálculo do Head total

Levando em conta a altura manométrica total de descarga que não foi considerada, nos cálculos originais. Segundo a teoria básica do cálculo do Head total do sistema é a diferença entre os Head de descarga e sucção:

$$H = H_d - H_s \quad (52)$$

Onde o Head de sucção é:

$$H_s = z_s + \frac{p_s}{\gamma} - h_{fs} \quad (53)$$

E o Head de descarga é:

$$H_d = z_d + \frac{p_d}{\gamma} + h_{fd} \quad (54)$$

⇒ Acessórios, foi usado o método direto:

$$h_{fa} = K_T \times \frac{V^2}{2g} \quad (55)$$

Onde,  $K_T$  e  $V$  são coeficiente total dos acessórios e a velocidade do fluido no interior da tubulação, respectivamente.

$$K_T = \sum K_i \qquad V = \frac{Q}{900 \times \pi \times d_j^2}$$

Substituindo na equação (55), temos:

$$h_{fa} = \frac{\sum K_i}{2g \times (900\pi)^2} \cdot \frac{Q^2}{d_j^4} \quad (56)$$

Essa equação geral é dada para cada trecho de descarga é dado por:

$$h_{fa,descarga} = \frac{1}{2g \times (900\pi)^2} \cdot \left( \frac{\sum K_{i,A-I}}{d_1^4} + \frac{\sum K_{i,I-J}}{d_2^4} + \frac{\sum K_{i,J-K}}{d_3^4} \right) \times Q^2 \quad (57)$$

Para a sucção é dado por:

$$h_{fa,sucção} = \frac{1}{2g \times (900\pi)^2} \cdot \left( \frac{\sum K_{i,O-A}}{d_1^4} \right) \times Q^2 \quad (58)$$

⇒ Trechos retos foram calculados pelo método do comprimento equivalente:

$$h_{fr} = f \times \frac{L_{reto}}{d_j} \times \frac{V^2}{2g} \quad (59)$$

Onde,  $f$ ,  $V$  e  $Re$  são coeficiente de atrito, velocidade do fluido no interior da tubulação e número de Reynolds, respectivamente.

$$f = 0,3164 \times Re^{-0,25} \qquad Re = \frac{V \times d_j}{\mu} \qquad V = \frac{Q}{900 \times \pi \times d_j^2}$$

Substituindo na Eq. (58), então:

$$h_{fr} = \frac{0,1582 \times \mu^{0,25}}{g \times (900\pi)^{1,75}} \times \frac{L_{reto}}{d_j^{4,75}} \times Q^{1,75} \quad (60)$$

Equação geral dos trechos retos de descarga é:

$$h_{fr,descarga} = \frac{0,1582 \times \mu^{0,25}}{g \times (900\pi)^{1,75}} \times \left( \frac{L_{reto,A-I}}{d_1^{4,75}} + \frac{L_{reto,I-J}}{d_2^{4,75}} + \frac{L_{reto,J-K}}{d_3^{4,75}} \right) \times Q^{1,75} \quad (61)$$

A perda de carga da sucção é:

$$h_{fr,sucção} = \frac{0,1582 \times \mu^{0,25}}{g \times (900\pi)^{1,75}} \times \left( \frac{L_{reto,O-A}}{d_1^{4,75}} \right) \times Q^{1,75} \quad (62)$$

Então, a perda de carga total nos acessórios e nos trechos retos é:

$$h_f = h_{fa} + h_{fr} \quad (63)$$

Através das Eqs. (52), (53), (54), (57), (58), (61), (62) e (63), calcula-se o *Head do Sistema*.

#### 6.15. Traçando a curva do sistema

Primeiramente escolhe-se uma faixa de vazão, para montar uma tabela “Vazão x Head total”, e dessa forma pode-se traçar a curva do sistema.

#### 6.16. Curva da bomba

Escolhido a família de bombas que podem atender a demanda do sistema, e utilizando uma ferramenta para traçar a curva das bombas, para posteriormente traçar sobre ela a curva do sistema, para encontrar o ponto de operação.

## 7. CÁLCULOS DO PROJETO ORIGINAL

### 7.1. Cálculo da área a ser protegida

A escolha de “D” é em função do tipo de helicóptero que operará no heliponto, então para garantir que o heliponto seja dimensionado para atender qualquer tipo de aeronave, foi determinado que o comprimento máximo, seja de:

$$D = 23 \text{ metros}$$

Cálculo da Área total a ser protegida, utilizando a Eq. (1):

$$A = 416 \text{ m}^2$$

### 7.2. Vazão do sistema de combate a incêndio

O cálculo é dado através da Eq. (39):

$$Q = 416 \text{ m}^2 \times 6,0 \text{ } \ell/\text{min}/\text{m}^2$$

$$Q = 2496 \text{ } \ell/\text{min}$$

A vazão,  $Q = 2496 \text{ } \ell/\text{min}$  ( $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ), é a mínima necessária para o sistema de combate a incêndio do heliponto.

### 7.3. Do número de canhões

O projeto original prevê 2 (dois) canhões, sendo um de reserva;

### 7.4. Cálculo da quantidade mínima do Líquido Gerador de Espuma (LGE)

É determinado pela Eq. (40):

$$F = (2496 \text{ } \ell/\text{min}) \times 0,03 \times (5 \text{ min})$$

$$F = 375 \text{ } \ell$$

O projeto original selecionou um tanque de  $600 \text{ } \ell$ .

### 7.5. Escolha do modelo do canhão de espuma

O projeto original escolheu o fabricante SKUM. Então, para determinar o seu modelo, que foi feito a partir do cálculo da vazão do sistema  $Q = 2496 \ell/min$ , logo, a partir do gráfico dos modelos dos canhões x vazão, determina-se o modelo do canhão.

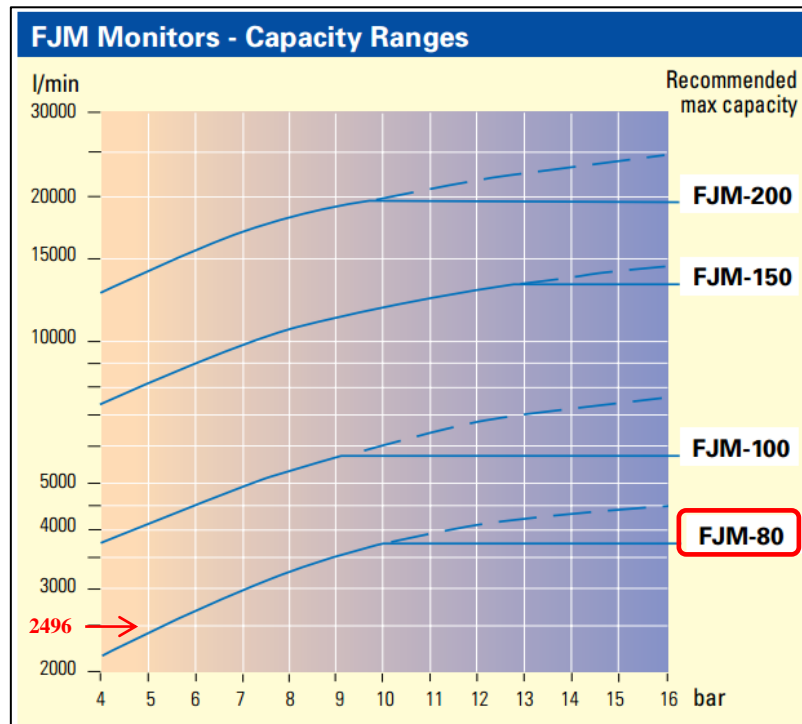


Figura 37 – Curvas dos canhões de espuma

A única curva que intercepta o vazão  $Q = 2496 \ell/min$ , é o modelo FJM-80, então, as características do modelo selecionado são:

|                    |   |
|--------------------|---|
| Modelo:            | FJM 80  |
| Faixa de operação: | 7 ~ 16 bar                                      |
| Máxima vazão:      | 3700 $\ell/min$ (222 $m^3/h$ ) @ 10 bar (1 MPa) |

Como a vazão calculada foi usada para a escolha do canhão de espuma, conclui-se então que a vazão calculada é na verdade a de cada canhão. O outro, seria o reserva. E ainda, há equipamentos de reserva, que são dois hidrantes, que foram conectados em paralelo a cada canhão, e, possui a vazão de  $Q = 24 m^3/h$  cada.



O projeto original considerou apenas um dos canhões estaria operando com uma vazão de  $Q = 150 \text{ m}^3/h$ , então:

$$Q_{sistema} = Q_{canhão} + 2 \times Q_{hidrate}$$

$$Q_{sistema} = 198 \text{ m}^3/h$$

Aproximadamente,  $Q_{sistema} = 200 \text{ m}^3/h$ .

#### 7.6. Escolha do proporcionador

A partir do valor da vazão do sistema calculada,  $Q = 2496 \text{ l/min}$  verificando na tabela onde a vazão calculada fica dentro da faixa entre os valores mínimo e máximo de vazão, então o modelo escolhido é TPW-150/50.

| Performance Data TPW Proportioners |            |           |          |       |        |       |        |     |                          |
|------------------------------------|------------|-----------|----------|-------|--------|-------|--------|-----|--------------------------|
| Type                               | Connection |           | Capacity |       |        |       | Weight |     | Proportioner<br>k-factor |
|                                    |            |           | Min.     |       | Max.   |       | kg     | lbs |                          |
|                                    | Foam/Water | Water     | l/min    | USGPM | l/min  | USGPM |        |     |                          |
| TPW-100/50                         | 50 / 2"    | 100 / 4"  | 75       | 20    | 2,500  | 661   | 20     | 44  | 2,040                    |
| TPW-150/50                         | 50 / 2"    | 150 / 6"  | 100      | 26    | 5,600  | 1,480 | 26     | 57  | 4,585                    |
| TPW-200/80                         | 80 / 3"    | 200 / 8"  | 125      | 33    | 10,600 | 2,801 | 44     | 97  | 8,660                    |
| TPW-250/80                         | 80 / 3"    | 250 / 10" | 150      | 40    | 16,100 | 4,254 | 52     | 114 | 13,115                   |

Figura 38 – Tabela do proporcionador

As características do proporcionador são:

Modelo: TPW-150/50

Faixa de operação: 100 ~ 5.600  $\text{l/min}$

Cálculo da velocidade nas tubulações. Segue um desenho esquemático do sistema de combate a incêndio da plataforma.

#### 7.7. Determinação da vazão total do sistema, para o pior caso:

Dois canhões de espuma, com vazão total é de  $Q = 2.496 \text{ l/min}$  ou, aproximadamente,  $Q = 150 \text{ m}^3/h$ . Dois hidrantes, segundo as normas MODU Code e ABS, a vazão de cada hidrante é de  $Q = 24 \text{ m}^3/h$ .

$$Q_{sistema} = Q_{canhões} + 2 \times Q_{hidrate}$$

$$Q_{sistema} = 198 \text{ m}^3/h$$

7.8. Sistema de combate a incêndio do heliponto

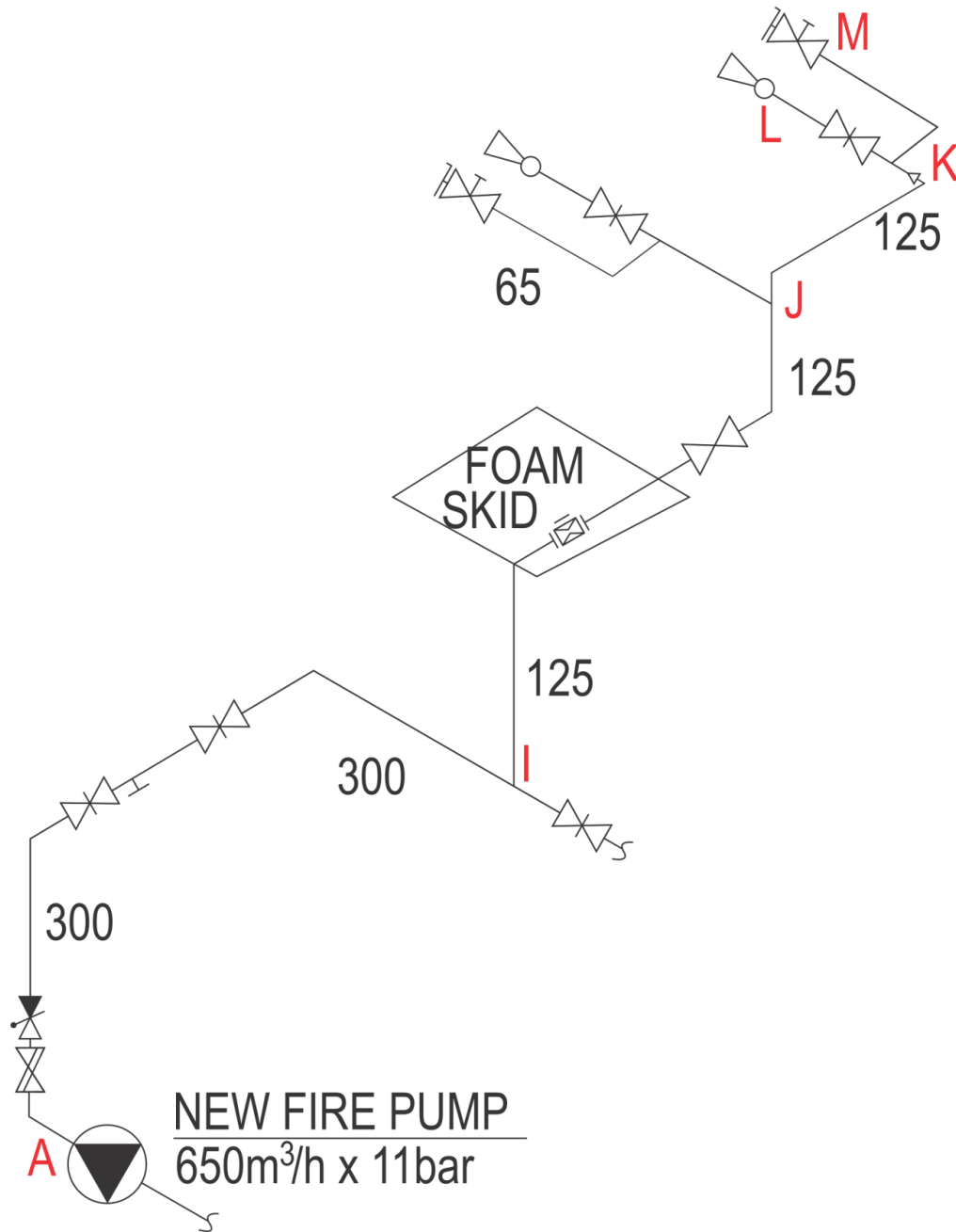


Figura 39 – Diagrama do sistema de combate a incêndio do heliponto original

7.8.1. Cálculos das velocidades em cada trecho

Tabela 2 - Cálculo das velocidades do projeto original

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m³/h] | Velocidade [m/s] |
|----------|--------|----------------------|--------------|------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985               | 198          | 0,79             |
|          | I-J    | 0,1282               | 150          | 3,23             |
|          | J-K    | 0,1282               | 150          | 3,23             |

### 7.8.2. Cálculo do número de Reynolds

Tabela 3 - Cálculo dos Números de Reynolds do projeto original

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m <sup>3</sup> /h] | Re                              |
|----------|--------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985               | 198                       | 234600 (2,3 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | I-J    | 0,1282               | 150                       | 413819 (4,1 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | J-K    | 0,1282               | 150                       | 413819 (4,1 · 10 <sup>5</sup> ) |

### 7.8.3. Cálculos das perdas de carga da descarga

Do projeto original, os cálculos para a descarga, com um canhão operando e dois hidrantes, os coeficientes “ $K_i$ ” foram obtidos de tabelas, levando em conta os diâmetros nominais das tubulações:

Tabela 4 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios do projeto original

|          | Trecho | $d_i$<br>[m] | Vazão<br>m <sup>3</sup> /h | Acessório                  | Quantidade | $K_i$ | $\sum K_i$ | $V$<br>[m/s] | $P_{fa}$<br>[Pa] |
|----------|--------|--------------|----------------------------|----------------------------|------------|-------|------------|--------------|------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985       | 198                        | Joelho de 90° - Raio curto | 15         | 0,52  | 15,06      | 0,79         | 4767             |
|          |        |              |                            | Joelho de 45° - Raio curto | 11         | 0,36  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | T (fluxo em linha)         | 2          | 0,10  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | T (usado como joelho)      | 1          | 1,00  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula esfera             | 2          | 0,05  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula borboleta          | 1          | 2,00  |            |              |                  |
|          | I-J    | 0,1282       | 150                        | T (usado como joelho)      | 2          | 1,00  | 5,67       | 3,23         | 30278            |
|          |        |              |                            | Curva de 90°               | 9          | 0,11  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Curva de 45°               | 4          | 0,07  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula globo              | 1          | 2,30  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | T (fluxo em linha)         | 1          | 0,10  |            |              |                  |
|          | J-K    | 0,1282       | 150                        | Joelho de 90° - Raio longo | 3          | 0,11  | 0,33       | 3,23         | 1762             |
|          | Total  |              |                            |                            |            |       |            |              |                  |

Logo, a perda de carga nos acessórios é:

$$P_{fa} = 36807 \text{ Pa}$$

#### 7.8.4. Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos

Levando em conta um canhão e dois hidrantes em operação.

Tabela 5 - Cálculo dos números de Reynolds dos trechos retos do projeto original

|          | Trecho | $d$<br>[m] | Vazão<br>$m^3/h$ | $L_{reto}$<br>[m] | Re                             | $f$    | $V$<br>[m/s] | $P_{fr}$<br>[Pa] |
|----------|--------|------------|------------------|-------------------|--------------------------------|--------|--------------|------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985     | 198              | 135,0             | 234600<br>( $2,3 \cdot 10^5$ ) | 0,0144 | 0,79         | 2056             |
|          | I-J    | 0,1282     | 150              | 78,0              | 413819<br>( $4,1 \cdot 10^5$ ) | 0,0125 | 3,23         | 40479            |
|          | J-K    | 0,1282     | 150              | 18,0              | 413819<br>( $4,1 \cdot 10^5$ ) | 0,0125 | 3,23         | 9341             |
| Total    |        |            |                  |                   |                                |        |              | 51876            |

Logo,

$$P_{fr} = 51876 Pa$$

#### 7.9. Sistema de combate a incêndio da casaria

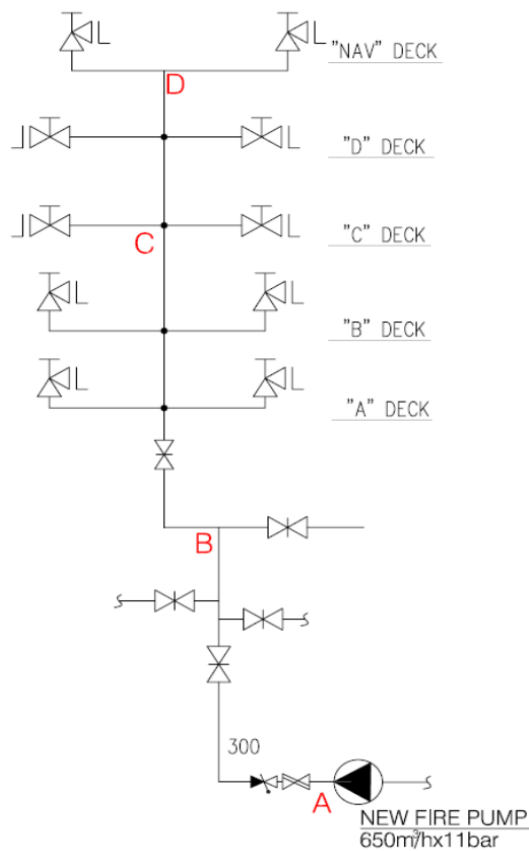


Figura 40 – Diagrama do sistema de combate a incêndio da casaria

### 7.9.1. Cálculos das velocidades em cada trecho

Tabela 6 - Cálculo das velocidades do projeto original

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m <sup>3</sup> /h] | Velocidade [m/s] |
|----------|--------|----------------------|---------------------------|------------------|
| Descarga | A-B    | 0,2985               | 96                        | 0,38             |
|          | B-C    | 0,1023               | 96                        | 3,24             |
|          | C-D    | 0,0781               | 96                        | 5,57             |
|          | D-E    | 0,0659               | 24                        | 1,95             |

### 7.9.2. Cálculo do número de Reynolds

Tabela 7 - Cálculo dos Números de Reynolds do projeto original

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m <sup>3</sup> /h] | Re                              |
|----------|--------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Descarga | A-B    | 0,2985               | 96                        | 113746 (1,1 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | B-C    | 0,1023               | 96                        | 331897 (3,2 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | C-D    | 0,0781               | 96                        | 434738 (4,3 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | D-E    | 0,0659               | 24                        | 128805 (1,3 · 10 <sup>5</sup> ) |

### 7.9.3. Cálculos das perdas de carga nos acessórios da descarga

Do projeto original, os cálculos para a descarga, com um hidrante no convés próximo ao heliponto, para auxiliar o combate ao incêndio. Os coeficientes “ $K_i$ ” foram obtidos de tabelas, levando em conta os diâmetros nominais das tubulações:

Tabela 8 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios do projeto original

|          | Trecho | $d_i$<br>[m] | Vazão<br>m <sup>3</sup> /h | Acessório                  | Quantidade | $K_i$ | $\sum K_i$ | $V$<br>[m/s] | $P_{fa}$<br>[Pa] |
|----------|--------|--------------|----------------------------|----------------------------|------------|-------|------------|--------------|------------------|
| Descarga | A-B    | 0,2985       | 96                         | Joelho de 90° - Raio curto | 1          | 0,52  | 4,68       | 0,38         | 348              |
|          |        |              |                            | T                          | 5          | 0,1   |            |              |                  |
|          |        |              |                            | T usado como joelho        | 1          | 1,5   |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula esfera             | 2          | 0,03  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula Angular            | 1          | 2,1   |            |              |                  |
|          | B-C    | 0,1023       | 96                         | T usado como joelho        | 1          | 1,5   | 3,29       | 3,24         | 17748            |
|          |        |              |                            | Curva de 90° - R = 5D      | 3          | 0,52  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Válvula globo              | 1          | 0,03  |            |              |                  |
|          |        |              |                            | T                          | 2          | 0,1   |            |              |                  |
|          | C-D    | 0,0781       | 96                         | T                          | 2          | 0,1   | 0,20       | 5,57         | 3176             |
|          | D-E    | 0,0659       | 24                         | Joelho de 90° - Raio curto | 1          | 0,52  | 6,52       | 1,95         | 12765            |
|          |        |              |                            | T usado como joelho        | 1          | 1,5   |            |              |                  |
|          |        |              |                            | Hidrante                   | 1          | 4,5   |            |              |                  |
| Total    |        |              |                            |                            |            |       |            |              | 34038            |

Logo, a perda de carga nos acessórios é:

$$P_{fa} = 34038 \text{ Pa}$$

#### 7.9.4. Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos

Levando em conta um canhão e dois hidrantes em operação.

Tabela 9 - Cálculo dos números de Reynolds dos trechos retos do projeto original

|          | Trecho | $d$<br>[m] | Vazão<br>$m^3/h$ | $L_{reto}$<br>[m] | Re                             | $f$    | $V$<br>[m/s] | $P_{fr}$<br>[Pa] |
|----------|--------|------------|------------------|-------------------|--------------------------------|--------|--------------|------------------|
| Descarga | A-B    | 0,2985     | 96               | 38,0              | 113746<br>( $1,1 \cdot 10^5$ ) | 0,0172 | 0,38         | 163              |
|          | B-C    | 0,1023     | 96               | 59,2              | 331897<br>( $3,2 \cdot 10^5$ ) | 0,0132 | 3,24         | 41099            |
|          | C-D    | 0,0781     | 96               | 8,1               | 434738<br>( $4,3 \cdot 10^5$ ) | 0,0123 | 5,57         | 20268            |
|          | D-E    | 0,0659     | 24               | 11,0              | 128805<br>( $1,3 \cdot 10^5$ ) | 0,0167 | 1,95         | 5451             |
|          |        |            |                  |                   |                                |        | Total        | 66981            |

Logo,

$$P_{fr} = 66981 \text{ Pa}$$

#### 7.10. Cálculo do Head total é dado por:

$$P_{total} = \sum (P_{fa} + P_{fr}) + P_{atm}$$

$$P_{total} = 291702 \text{ Pa}$$

Ou

$$P_{total} = 0,29 \text{ MPa}$$

E ainda,

$$H_{total} = \frac{P_{total}}{g \times \rho}$$

$$H_{total} = 29,01 \text{ m}$$

### 7.11. Determinação da curva do sistema

Segue a tabela somando todos os trechos, relativo à perda de carga nos acessórios.

Tabela 10 - Cálculo das perdas de carga dos acessórios variando a vazão do projeto original

| $Q$ [ $m^3/h$ ] | $h_{fa}$ [m] | $P_{fa}$ [MPa] |
|-----------------|--------------|----------------|
| 0               | 0,0000       | 0,000          |
| 50              | 0,9529       | 0,010          |
| 100             | 3,8118       | 0,038          |
| 150             | 8,5765       | 0,086          |
| 200             | 15,2470      | 0,153          |
| 250             | 23,8235      | 0,240          |
| 300             | 34,3058      | 0,345          |
| 350             | 46,6940      | 0,470          |
| 400             | 60,9881      | 0,613          |
| 450             | 77,1881      | 0,776          |
| 500             | 95,2940      | 0,958          |
| 550             | 115,3057     | 1,159          |
| 600             | 137,2233     | 1,380          |
| 650             | 161,0468     | 1,619          |

Segue a tabela, relativo à perda de carga nos trechos retos:

Tabela 11 - Cálculo das perdas de carga dos trechos retos variando a vazão do projeto original

| $Q$ [ $m^3/h$ ] | $h_{fr}$ [m] | $P_{fr}$ [MPa] |
|-----------------|--------------|----------------|
| 0               | 0,0000       | 0,000          |
| 50              | 2,7780       | 0,028          |
| 100             | 9,3442       | 0,094          |
| 150             | 18,9977      | 0,191          |
| 200             | 31,4300      | 0,316          |
| 250             | 46,4448      | 0,467          |
| 300             | 63,9005      | 0,643          |
| 350             | 83,6876      | 0,841          |
| 400             | 105,7175     | 1,063          |
| 450             | 129,9164     | 1,306          |
| 500             | 156,2210     | 1,571          |
| 550             | 184,5766     | 1,856          |
| 600             | 214,9347     | 2,161          |
| 650             | 247,2523     | 2,486          |

Somando as duas tabelas (5) e (6), temos o Head do sistema:

Tabela 12 - Cálculo do Head total variando a vazão do projeto original

| Sistema  |          |                          |
|----------|----------|--------------------------|
| Q [m³/h] | H [m]    | P <sub>total</sub> [MPa] |
| 0        | 0,0000   | 0,000                    |
| 50       | 3,7310   | 0,038                    |
| 100      | 13,1560  | 0,132                    |
| 150      | 27,5742  | 0,277                    |
| 200      | 46,6770  | 0,469                    |
| 250      | 70,2683  | 0,707                    |
| 300      | 98,2063  | 0,987                    |
| 350      | 130,3816 | 1,311                    |
| 400      | 166,7056 | 1,676                    |
| 450      | 207,1045 | 2,082                    |
| 500      | 251,5150 | 2,529                    |
| 550      | 299,8823 | 3,015                    |
| 600      | 352,1580 | 3,541                    |
| 650      | 408,2991 | 4,106                    |

Graficamente,

### Curva do Sistema Original

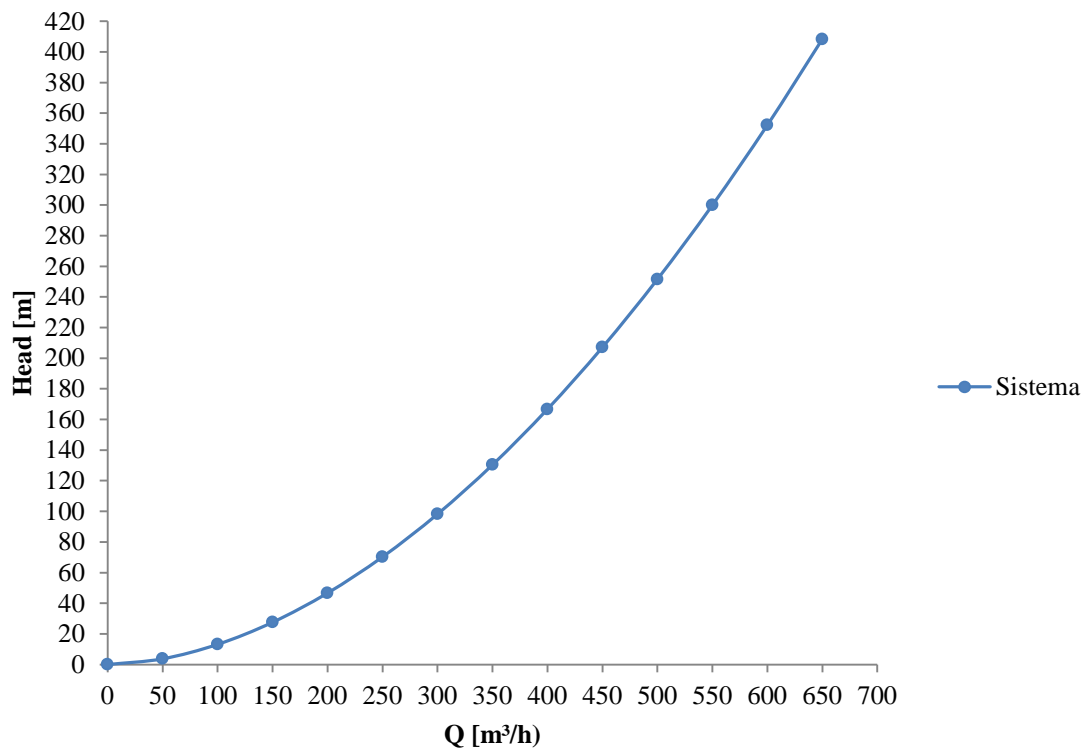


Figura 41 – Curva do sistema original



7.12. Da curva original da bomba instalada

Fabricante SHINKO, modelo GVD300-3M, que possui a capacidade de 650 ~ 975 m<sup>3</sup>/h, e Head variando de 110 ~ 73 m.

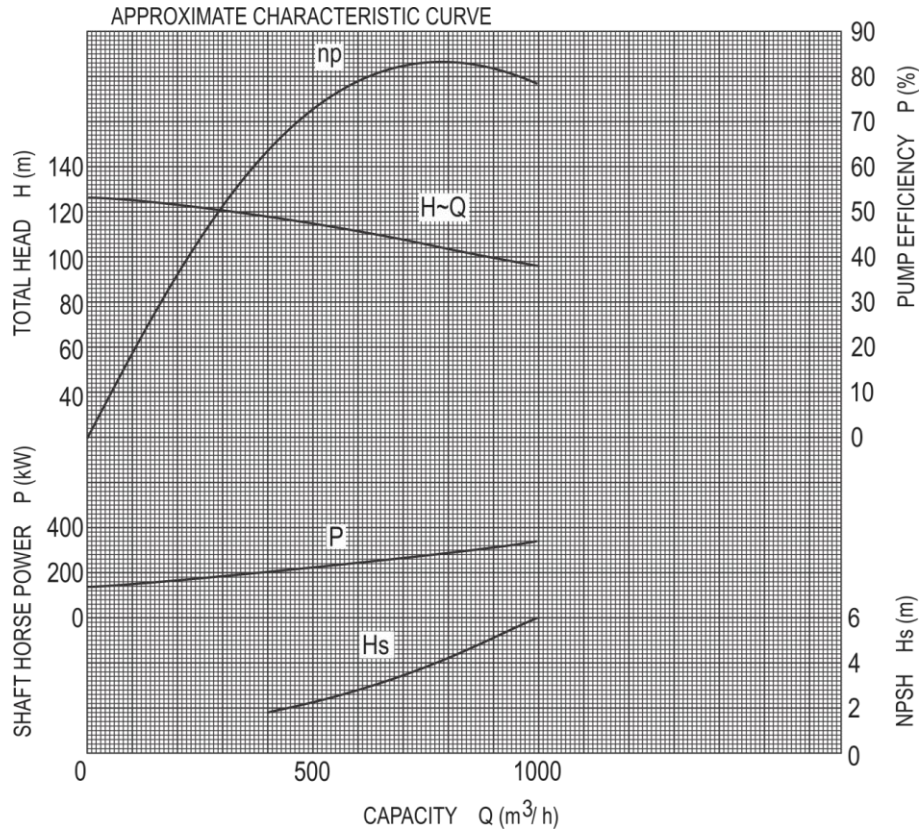


Figura 42 – Curva da bomba

Levantando a curva da bomba utilizando os recursos de um programa gráfico, obtém-se:

Tabela 13 – Dados obtidos do gráfico original

| Bomba                 |       |                          |
|-----------------------|-------|--------------------------|
| Q [m <sup>3</sup> /h] | H [m] | P <sub>total</sub> [MPa] |
| 0                     | 126   | 1266962                  |
| 100                   | 125   | 1256906                  |
| 200                   | 123   | 1236796                  |
| 300                   | 121   | 1216685                  |
| 400                   | 118   | 1186520                  |
| 500                   | 115   | 1156354                  |
| 600                   | 112   | 1126188                  |
| 700                   | 108   | 1085967                  |
| 800                   | 104   | 1045746                  |
| 900                   | 100   | 1005525                  |

Então, a curva da bomba é:

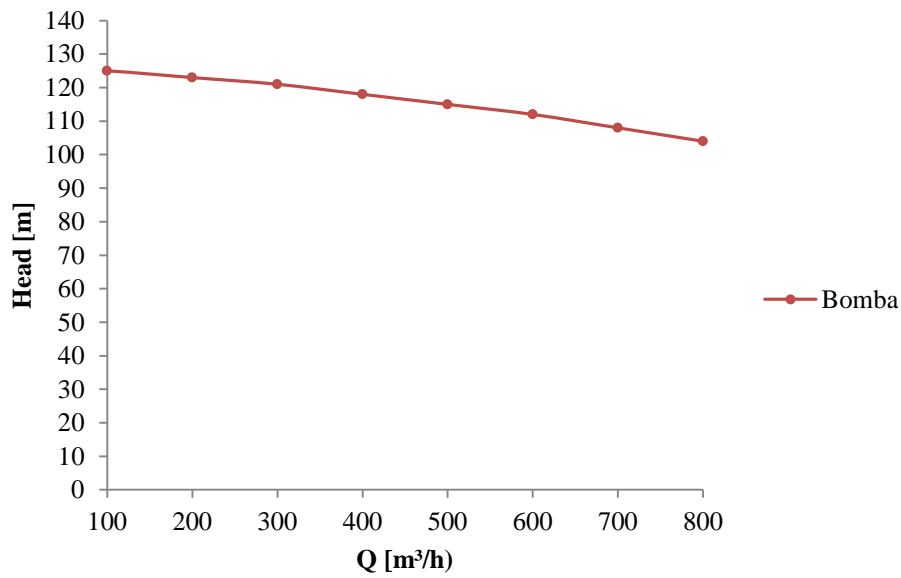


Figura 43 - Curva da bomba

### 7.13. Ponto de operação

É dado pela intercessão dos dois gráficos

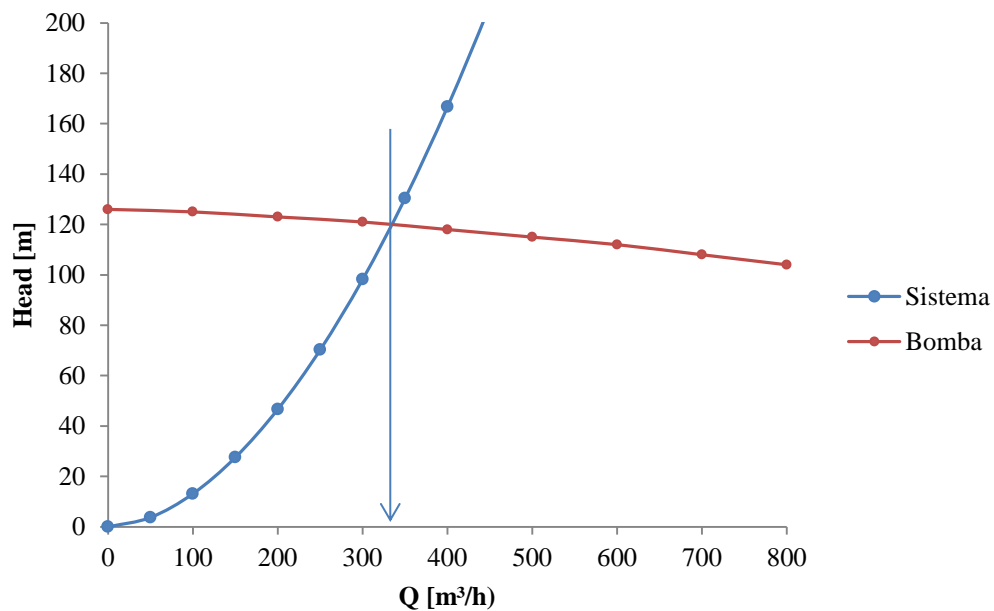


Figura 44 – Curvas da bomba e do sistema, mostrando o ponto de operação

Então, o ponto de operação é, aproximadamente,  $320 \text{ m}^3/\text{h}$ . Como é requerido  $294 \text{ m}^3/\text{h}$ , e considerando uma folga para perdas.

## 8. CÁLCULOS PARA ATENDER A NORMA NACIONAL

### 8.1. Considerações iniciais:

Foram mantidos os mesmos parâmetros do projeto original, exceto o número de canhões de espuma, essa é motivação desse projeto, recalcular todo o sistema, para verificar se a bomba existente ainda continua atendendo a nova demanda, a nova vazão total do sistema, com dois canhões e dois hidrantes, sendo o terceiro, de reserva.

Como os canhões foram instalados do mesmo lado, um vento forte pode atrapalhar, caso o combate seja feito por névoa, e não pelo jato sólido. O vento pode carregar a espuma para fora do convés e atrapalhar o combate. Utilizando dois canhões, a quantidade de espuma espalhada sobre o heliponto é maior, o combate é mais rápido e mais eficiente, mesmo que gaste mais espuma.

### 8.2. Quantidade de canhões de espuma

Segundo a norma da autoridade brasileira, NORMAM-27, a quantidade mínima, de equipamentos fixos de combate a incêndio são 3 (três) canhões de espuma. E ainda conforme a norma, o tanque de espuma não deve ser inferior a 500 ℓ, para helipontos de categoria “H2”, e, como foi visto o projeto original selecionou um tanque com capacidade de 600 ℓ, o que atende esse requisito.

Uma solução alternativa, dada pela norma, o terceiro canhão pode ser substituído por um hidrante, desde que possua as mesmas características de um canhão de espuma, isto é, seja capaz de fornecer a mesma vazão.

A vazão calculada, segundo o projeto original, de  $Q = 2496 \text{ ℓ}/\text{min}$  será mantida, mas será considerada como a vazão de cada canhão. Outro ponto importante, dos três canhões disponíveis, um deles permanecerá desligado.

### 8.3. Cálculo da vazão total do sistema para o pior caso:

Então, a nova vazão para atender a norma é:

$$Q_{sistema} = 2 \times Q_{canhão} + 2 \times Q_{hidrate}$$

$$Q_{sistema} = 348 \text{ m}^3/\text{h}$$

Aproximadamente,  $Q_{sistema} = 350 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 8.4. Recalcular o tempo de atuação do sistema

Como a nova vazão é maior que a do projeto original, deve-se recalcular o tempo de atuação do sistema, para verificar se o requisito da norma ainda continua sendo atendida, ou se será necessário modificar algum parâmetro.

Como o projeto original considerou que apenas um dos canhões estaria em operação, e o outro de reserva, o tempo mínimo requerido é atendido.

O projeto original não considerou as possibilidades de ocorrer um acidente sobre ou próximo a um dos canhões, que os inviabilizariam, pois não levaram em conta o seu posicionamento ou distribuição ao redor do heliponto.

Os dois canhões foram instalados no mesmo lado do octógono, lado a lado, a uma distancia menor que 5 (cinco) metros. Caso um acidente ocorrer nas proximidades, inviabilizaria os dois canhões, e, o princípio de incêndio não poderia ser controlado.

Se fosse feito uma otimização do sistema, os canhões estariam distribuídos em setores defasados de  $120^\circ$ , o que garantiria a cobertura total. Então, para atender a norma nacional, os dois canhões estariam em operação, o que seria o pior caso, então o tempo de atuação é dado pela Eq. (41).

$$T = 4,0 \text{ min}$$

Logo, a capacidade do tanque (600  $\ell$ ) não é suficiente para atender as normas internacionais nem a nacional, pois a atuação do sistema de combate a incêndio deve ser de pelo menos cinco minutos. Uma solução seria a modificação na capacidade do tanque, que é dado pela Eq. (42):

$$F = 749 \ell$$

Ou seja, o tanque deve ser aumentado de 150  $\ell$ .

Outra solução possível seria estrangular a válvula de acionamento dos canhões. Isso aumentaria a perda de carga, que diminuiria a vazão dos mesmos.

Recalculando a vazão máxima de cada canhão, mantendo a capacidade do tanque de espuma, para atender a NORMAM-27, então, pela Eq. (43):

$$Q = 2000 \ell/\text{min}$$

Se dois canhões tiverem operando com a vazão de  $2000 \ell/min$ , não precisaria modificar o tanque de espuma, que atenderia o tempo requerido pela norma. Mas segundo o gráfico de desempenho do fabricante, essa vazão não é possível, estaria trabalhando fora da especificação determinada pelo projetista do canhão.

#### 8.5. Verificação do proporcionador

Como a vazão total é de  $350 m^3/h$  ( $5833 \ell/min$ ) O proporcionador deverá ser trocado, pois a vazão total dos de dois canhões e dos hidrantes operando simultaneamente é superior à capacidade máxima de  $4992 \ell/min$ .

Voltando a Fig. 2, a tabela do proporcionador, o novo modelo escolhido é TP-150/50, com capacidade máxima de  $9800 \ell/min$ .

#### 8.6. Novo sistema de combate a incêndio

Com três canhões de espuma e três hidrantes.

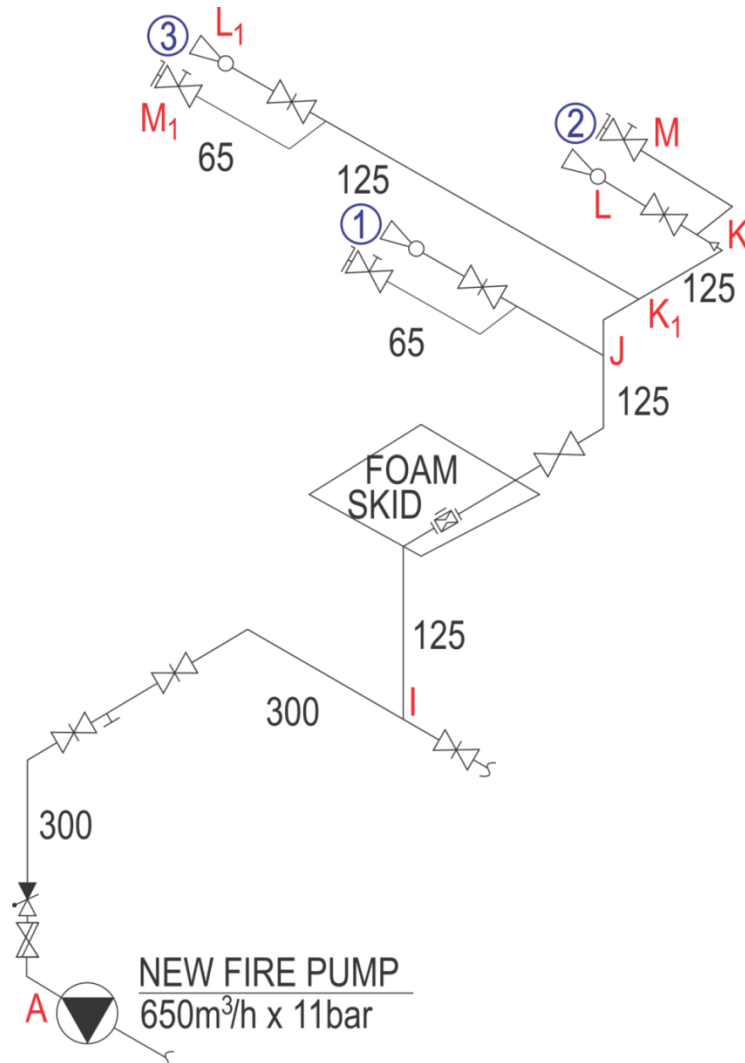


Figura 45 – Diagrama do sistema de combate a incêndio modificado

A Fig. 45 mostra uma das possibilidades para adequação do sistema de combate a incêndio à norma nacional, instalando mais um canhão. A sugestão foi à inclusão desse equipamento entre os trechos J-K, através de acessórios como um “T”, um joelho de 90° com raio longo e um trecho reto de 40 metros que levaria até o lado oposto aos canhões existentes.

Levando em conta os três canhões, mas dois em operação, e a teoria básica de associação de tubulações podem-se obter pelo menos três possibilidades de operação.

#### 8.6.1. Possibilidades de operação

Lembrando que apenas dois entram em operação o outro é reserva, então:

- ⇒ Os dois canhões existentes (1) e (2);
- ⇒ Canhão da esquerda (1) e o novo (3);
- ⇒ Canhão da direita (2) e o novo (3).

As três possibilidades possuem as mesmas vazões no trecho final, pois as tubulações com mesmos diâmetros internos foram ligadas em paralelo, instaladas no mesmo nível, o que diferem é um trecho reto e dois acessórios um “T” e uma curva de 90° de raio curto.

#### 8.6.2. Cálculo das velocidades com as novas vazões

O trecho A-I é o trecho de tubulações em série com reduções. Já no trecho I-J, que interliga as tubulações em paralelo, que é o ponto onde se inicia a tubulação em série, logo a vazão é somada considerando os dois canhões em operação mais os dois hidrantes. O trecho J-K, há uma ramificação para o canhão e outro para o hidrante, logo, soma-se as vazões.

Note que, o trecho J-K foi adicionado um “T” em K<sub>1</sub>, um trecho reto de 40 metros e um joelho de 90° para a instalação do canhão. Nesse trecho o diâmetro da tubulação é o mesmo do trecho J-K, e possuem a mesma vazão, pois foram conectados em paralelo.

Tabela 14 - Cálculo das vazões

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m <sup>3</sup> /h] | Velocidade [m/s] |
|----------|--------|----------------------|---------------------------|------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985               | 348                       | 1,38             |
|          | I-J    | 0,1282               | 348                       | 7,49             |
|          | J-K    | 0,1282               | 174                       | 3,74             |
|          | Sucção | 0,2985               | 348                       | 1,38             |

### 8.6.3. Cálculo do número de Reynolds

Para dois canhões e dois hidrantes em operação:

Tabela 15 - Cálculo dos números de Reynolds

|          | Trecho | Diâmetro interno [m] | Vazão [m <sup>3</sup> /h] | Re                              |
|----------|--------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Descarga | A-I    | 0,2985               | 348                       | 412328 (4,1 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | I-J    | 0,1282               | 348                       | 960061 (9,6 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | J-K    | 0,1282               | 174                       | 480031 (4,8 · 10 <sup>5</sup> ) |
|          | Sucção | 0,2985               | 348                       | 412328 (4,1 · 10 <sup>5</sup> ) |

### 8.6.4. Para as perdas de carga, os cálculos para a descarga.

Com os dois canhões e dois hidrantes em operação:

Tabela 16 – Cálculo das perdas de carga nos acessórios de descarga

|          | Trecho                         | d [m]  | Vazão m <sup>3</sup> /h | Acessório                  | Quantidade | K <sub>i</sub> | ∑ K <sub>i</sub> | V [m/s] | P <sub>fa</sub> [Pa] |
|----------|--------------------------------|--------|-------------------------|----------------------------|------------|----------------|------------------|---------|----------------------|
| Descarga | A-I                            | 0,2985 | 348                     | Joelho de 90° - Raio curto | 15         | 0,52           | 15,06            | 1,38    | 14727                |
|          |                                |        |                         | Joelho de 45° - Raio curto | 11         | 0,36           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | T (fluxo em linha)         | 2          | 0,10           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | T (usado como joelho)      | 1          | 1,00           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | Válvula esfera             | 2          | 0,05           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | Válvula borboleta          | 1          | 2,00           |                  |         |                      |
|          | I-J                            | 0,1282 | 348                     | T (usado como joelho)      | 2          | 1,00           | 5,76             | 7,49    | 162967               |
|          |                                |        |                         | Curva de 90°               | 9          | 0,11           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | Curva de 45°               | 4          | 0,07           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | Válvula globo              | 1          | 2,30           |                  |         |                      |
|          |                                |        |                         | T (fluxo em linha)         | 1          | 0,10           |                  |         |                      |
|          | J-K                            | 0,1282 | 174                     | Joelho de 90° - Raio longo | 3          | 0,11           | 0,33             | 3,74    | 3090                 |
|          |                                |        |                         | T (fluxo em linha)         | 1          | 0,10           |                  |         |                      |
|          | K <sub>1</sub> -M <sub>1</sub> | 0,1282 | 174                     | Joelho de 90° - Raio longo | 1          | 0,11           | 0,11             | 3,74    | 790                  |
|          |                                |        |                         |                            |            |                |                  | Total   | 181574               |

Então, a perda de carga nos acessórios, é:

$$P_{fa} = 181574 \text{ Pa}$$

Logo a diferença entre a perda de carga nos acessórios do projeto original e do projeto adaptado para atender a norma nacional.

### 8.6.5. Perda de carga nos acessórios da sucção

O projeto original desconsiderou os acessórios da sucção, que são uma válvula angular, filtro e uma válvula borboleta. Os valores de “ $K_i$ ” foram obtidos a partir das tabelas e gráficos das respectivas, referencias bibliográficas.

O diâmetro nominal da tubulação de sucção é 300 mm, aproximadamente, 12 polegadas, com diâmetro interno igual a 298,5 mm. Também, a partir das referencias, foi considerado para instalações industriais acrescentar 15% nos valores de “ $K_i$ ”, dando uma margem de segurança para os projetistas, de maneira a incluir fatores como o envelhecimento, fatores de conversão das tabelas, dentre outros.

Tabela 17 - Cálculo das perdas de carga da sucção

| Trecho | $d$<br>[m] | Vazão<br>$m^3/h$ | Acessório         | Quantidade | $K_i$ | $\sum K_i$ | $V$<br>[m/s] | $P_{fa}$<br>[Pa] |
|--------|------------|------------------|-------------------|------------|-------|------------|--------------|------------------|
| Sucção | 0,2985     | 348              | Válvula em ângulo | 1          | 2,30  | 6,03       | 1,38         | 5897             |
|        |            |                  | Válvula borboleta | 1          | 2,00  |            |              |                  |
|        |            |                  | Filtro            | 1          | 1,73  |            |              |                  |
| Total  |            |                  |                   |            |       |            |              | 5897             |

$$P_{fa,sucção} = 5938 Pa$$

### 8.6.6. Cálculos para a perda de carga para os trechos retos

Para as novas vazões:

Tabela 18 – Cálculo da perda de carga nos trechos retos de descarga

|          | Trecho                         | $d$<br>[m] | Vazão<br>$m^3/h$ | $L_{reto}$<br>[m] | Re                             | $f$    | $V$<br>[m/s] | $P_{fr}$<br>[Pa] |
|----------|--------------------------------|------------|------------------|-------------------|--------------------------------|--------|--------------|------------------|
| Descarga | A-I                            | 0,2985     | 348              | 135,0             | 412328<br>( $4,1 \cdot 10^5$ ) | 0,0125 | 1,38         | 5515             |
|          | I-J                            | 0,1282     | 348              | 78,0              | 960061<br>( $9,6 \cdot 10^5$ ) | 0,0101 | 7,49         | 176536           |
|          | J-K                            | 0,1282     | 174              | 18,0              | 480031<br>( $4,8 \cdot 10^5$ ) | 0,0120 | 3,74         | 12112            |
|          | K <sub>1</sub> -M <sub>1</sub> | 0,1282     | 174              | 40,0              | 480031<br>( $4,8 \cdot 10^5$ ) | 0,0120 | 3,74         | 26915            |
| Total    |                                |            |                  |                   |                                |        |              | 221079           |

$$P_{fr} = 221079 Pa$$



### 8.6.7. Perda de carga nos trechos retos da sucção com as novas vazões

O projeto original, também, desconsiderou as perdas de carga nos trechos retos da sucção:

Tabela 19 – Cálculo da perda de carga nos trechos retos da sucção

| Trecho | $d$<br>[m] | Vazão<br>$m^3/h$ | $L_{reto}$<br>[m] | Re                             | $f$    | $V$<br>[m/s] | $P_{fr}$<br>[Pa] |
|--------|------------|------------------|-------------------|--------------------------------|--------|--------------|------------------|
| Sucção | 0,2985     | 348              | 2,0               | 412328<br>( $4,1 \cdot 10^5$ ) | 0,0125 | 1,38         | 82               |
| Total  |            |                  |                   |                                |        |              | 82               |

$$P_{fr,sucção} = 82 Pa$$

### 8.6.8. Alturas estática de descarga e sucção

Incluindo no Head total, a altura estática de descarga e de sucção que não foram consideradas, nos cálculos originais.

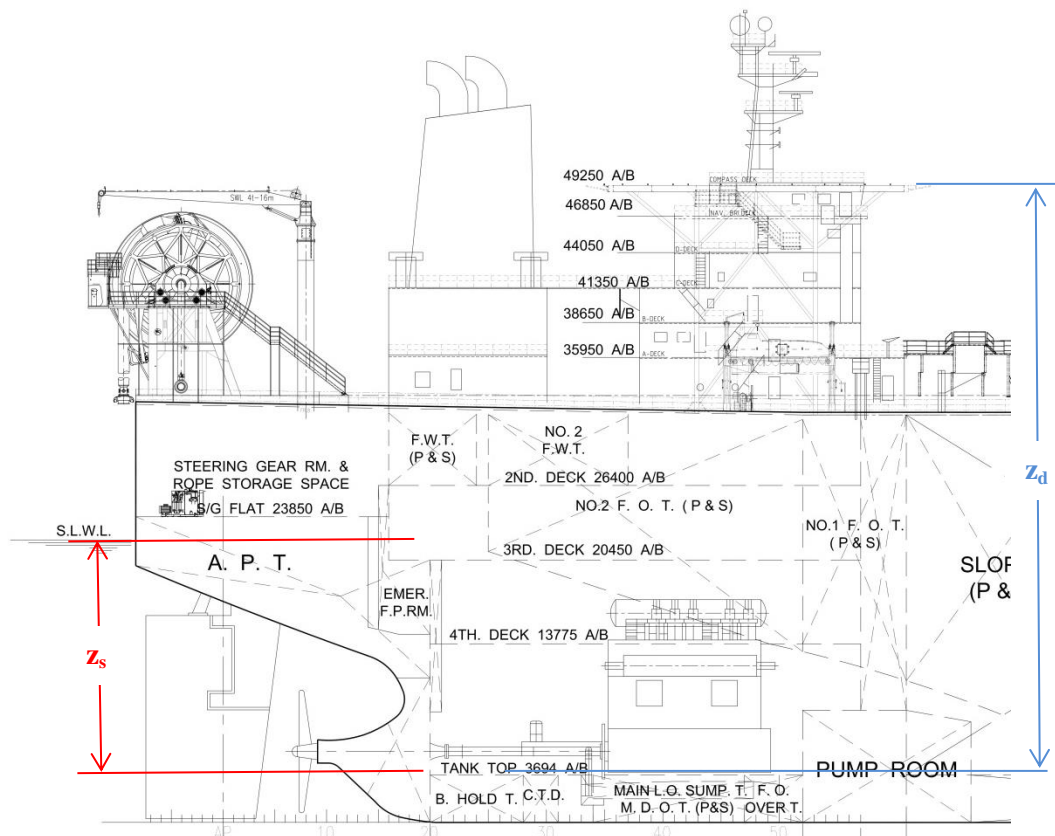


Figura 46 – Representação esquemática da altura estática de descarga e sucção

Para embarcações, a referência geométrica é na linha d'água, isto é, na superfície da água, então algumas considerações podem ser feitas, quanto:

⇒ Ao Head de sucção é feitas as seguintes considerações:

- Como a referencia é o nível do mar, como a bomba, está instalada abaixo da linha d'água, a altura estática de sucção,  $z_s$ , é negativo e igual a  $z_s = T - 3,69 \text{ m}$ , onde T é o calado da embarcação, em metros;
- A velocidade de sucção é  $V_s \approx 0$ ;
- A pressão de sucção é  $p_s \approx 0$ .

$$H_s = -z_s - h_{fs} \quad (64)$$

⇒ O Head de descarga é feitas as seguintes considerações:

- O heliponto está localizado no último convés, então, a altura estática de descarga é dada por  $z_d = 49250 - 3694 \text{ mm} = 45,556 \text{ m}$ ;
- A velocidade de descarga é  $V_d > 0$ ;
- A pressão de descarga é atmosférica então:  $p_d \approx 0$ .

$$H_d = z_d + h_{fd} \quad (65)$$

Logo, a altura manométrica do sistema total, H, é dada pela Eq.(15), substituindo as Eqs. (27) e (28), e as considerações:  $z_s = T - 3,694$ ,  $z_d = 49,250 - 3,694 = 45,556 \text{ m}$  e  $T = 24,293 \text{ m}$ , logo:

$$H = 64,41 \text{ m}$$

## 8.7. Sistema de combate a incêndio da casaria

Ver Fig. (33).

### 8.7.1. Cálculos das velocidades em cada trecho

Os cálculos são os mesmos apresentados na Tab. (5).

### 8.7.2. Cálculo do número de Reynolds

Os cálculos são os mesmos apresentados na Tab. (6).

### 8.7.3. Cálculos das perdas de carga nos acessórios da descarga

Os cálculos são os mesmos apresentados na Tab. (7).

#### 8.7.4. Cálculos originais, da perda de carga nos trechos retos

Os cálculos são os mesmos apresentados na Tab. (8).

#### 8.8. Curva do sistema, com a nova configuração

Com dois canhões e dois hidrantes em plena carga, mais o hidrante do convés próximo ao heliponto.

Os cálculos levaram em conta o pior caso, que é o uso da nova instalação, do terceiro canhão, pois há uma perda de carga devido aos novos acessórios e ao trecho reto. Isto é, as perdas de carga foram calculadas levando em conta que o novo canhão e um dos dois originais estejam funcionando em paralelo.

##### 8.8.1. Cálculo das perdas de carga dos acessórios

Tanto da descarga quanto da sucção:

Tabela 20 – Cálculo das perdas de carga dos acessórios variando a vazão

| $Q$ [ $m^3/h$ ] | $h_{fa}$ [m] | $P_{fa}$ [MPa] |
|-----------------|--------------|----------------|
| 0               | 0,00         | 0,00           |
| 50              | 0,29         | 0,00           |
| 100             | 1,17         | 0,01           |
| 150             | 2,64         | 0,03           |
| 200             | 4,69         | 0,05           |
| 250             | 7,33         | 0,07           |
| 300             | 10,55        | 0,11           |
| 350             | 14,36        | 0,14           |
| 400             | 18,76        | 0,19           |
| 450             | 23,74        | 0,24           |
| 500             | 29,31        | 0,29           |
| 550             | 35,46        | 0,36           |
| 600             | 42,20        | 0,42           |
| 650             | 49,53        | 0,50           |

##### 8.8.2. Cálculo das perdas de carga dos trechos retos

Da descarga e da sucção, levando em conta o sistema de hidrante próximo ao heliponto trabalhando em conjunto com os canhões e hidrantes:

Tabela 21 - Cálculo das perdas de carga dos trechos retos variando a vazão

| $Q$ [m <sup>3</sup> /h] | $h_{fr}$ [m] | $P_{fr}$ [MPa] |
|-------------------------|--------------|----------------|
| 0                       | 0,00         | 0,00           |
| 50                      | 0,95         | 0,01           |
| 100                     | 3,21         | 0,03           |
| 150                     | 6,53         | 0,07           |
| 200                     | 10,80        | 0,11           |
| 250                     | 15,95        | 0,16           |
| 300                     | 21,95        | 0,22           |
| 350                     | 28,75        | 0,29           |
| 400                     | 36,31        | 0,37           |
| 450                     | 44,62        | 0,45           |
| 500                     | 53,66        | 0,54           |
| 550                     | 63,40        | 0,64           |
| 600                     | 73,83        | 0,74           |
| 650                     | 84,93        | 0,85           |

### 8.8.3. Head total do sistema

Tabela 22 - Cálculo do Head total variando a vazão

| Novo Sistema            |         |                   |
|-------------------------|---------|-------------------|
| $Q$ [m <sup>3</sup> /h] | $H$ [m] | $P_{total}$ [MPa] |
| 0                       | 24,96   | 0,25              |
| 50                      | 26,20   | 0,26              |
| 100                     | 29,34   | 0,30              |
| 150                     | 34,12   | 0,34              |
| 200                     | 40,44   | 0,41              |
| 250                     | 48,24   | 0,49              |
| 300                     | 57,46   | 0,58              |
| 350                     | 68,06   | 0,68              |
| 400                     | 80,03   | 0,80              |
| 450                     | 93,32   | 0,94              |
| 500                     | 107,92  | 1,09              |
| 550                     | 123,82  | 1,25              |
| 600                     | 140,99  | 1,42              |
| 650                     | 159,41  | 1,60              |

A partir dos valores da Tab. (21), obtém-se:

## Curva do Novo Sistema

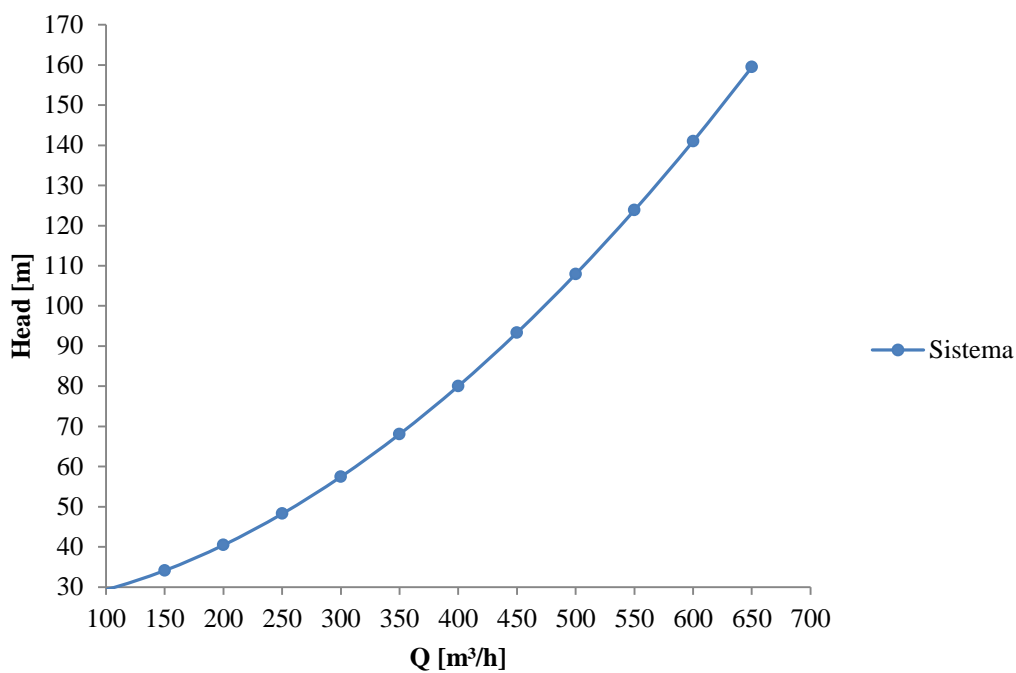


Figura 47 – Curva do sistema modificado

### 8.9. Ponto de operação

É dado pela intercessão dos dois gráficos

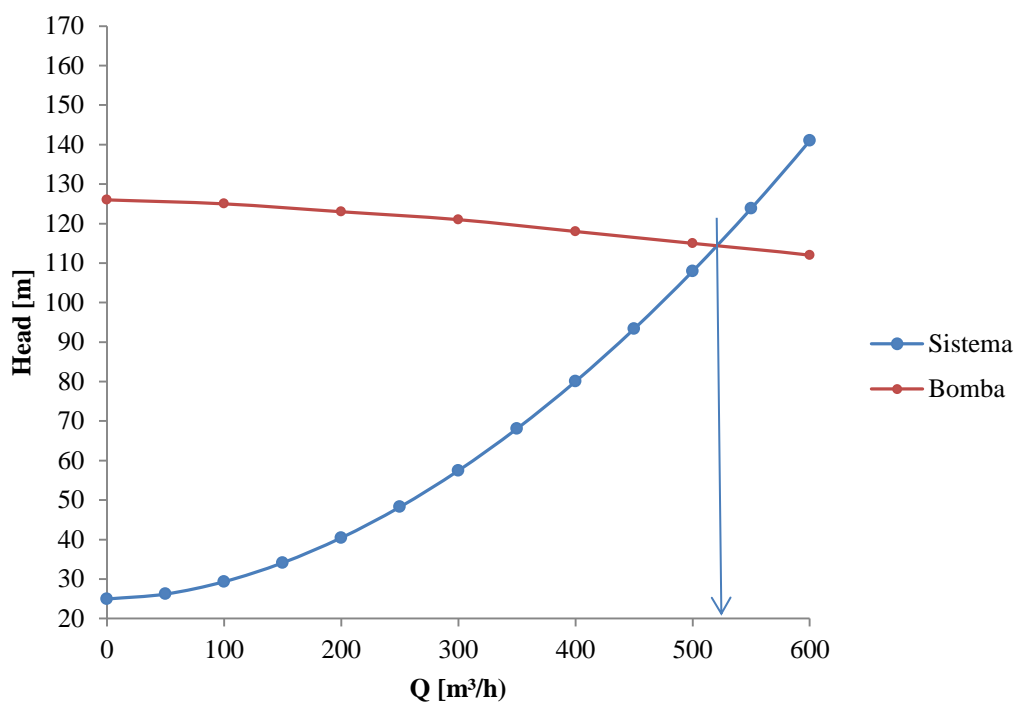


Figura 48 – Curvas do Sistema e da Bomba

Então, o ponto de operação segundo as alterações sugeridas, é de  $510 \text{ m}^3/\text{h}$ .

A vazão de operação calculada do projeto original, segundo as curvas do sistema e da bomba, foi de  $320 \text{ m}^3/\text{h}$ , usando apenas um canhão e dois hidrantes, mais um hidrante próximo ao heliponto.

Os cálculos para atender a norma nacional, verificou-se que a vazão de operação que a bomba consegue fornecer ao novo sistema é de  $510 \text{ m}^3/\text{h}$ . E, foram considerados o uso de dois canhões, dois hidrantes no heliponto e um hidrante no convés abaixo do heliponto. Foi calculado que o novo sistema precisa de pelo menos de  $348 \text{ m}^3/\text{h}$ , somente para o heliponto somados os  $96 \text{ m}^3/\text{h}$  do hidrante da casaria, então a vazão mínima requerida é  $444 \text{ m}^3/\text{h}$ , mas a bomba consegue fornecer mais que o necessário, isso ocorre que aos coeficientes de segurança altos, então a bomba foi superdimensionada de modo a cobrir toda a vida útil da unidade, em virtude do envelhecimento das tubulações, mesmo que hajam reparos periódicos, preditivos, é complicado estimar quando a tubulação ou o sistema com um todo irá falhar.

Os testes de todo o sistema de combate a incêndio é testado pelo menos uma vez a cada ano, com a inspeção periódica mandatária pela Classe, para obter o endosso anual no Certificado de Classe da embarcação, confirmando que a unidade continua em “Classe”, ou seja, continua atendendo todos os requisitos da norma.

Entretanto, o que pode ser feito durante a operação é estrangular a válvula de acionamento dos canhões de espuma ou se for possível, usar o outro canhão, para aumentar a perda de carga do sistema, reduzindo a vazão.

Logo, a bomba selecionada continua atendendo o novo sistema, isso ocorre, porque a bomba foi superdimensionada e devido às incertezas nos cálculos das perdas de carga do sistema, por isso são introduzidos tais coeficientes de segurança por parte dos projetistas.

Muitas empresas, por operarem em outros Países se surpreendem com as normas nacionais que são mais rigorosas que as internacionais. E devem cumpri-las antes de iniciar as suas operações no Brasil. Face disso, para evitar tais surpresas, que podem atrapalhar o início das suas operações, causando prejuízos cessantes. Pois segundo os contratos, os afretadores só iniciam a contar a partir que a embarcação está pronta para operar, ou seja, liberada pela Marinha, ANVISA, IBAMA, entre outros Órgãos.

Atualmente, as empresas têm investido pesado no setor de conformidade regulatória da unidade antes de se iniciar a fase de licitação, isso porque o valor a ser investido na adaptação deve compensar financeiramente, no final das contas. Por isso as

unidades, antes de chegar ao Brasil, tem se adequando as normas nacionais de forma a evitar tais prejuízos.

O setor de conformidade regulatória tem crescido muito, tanto na área de segurança, no sentido da salvaguarda da vida humana no mar, mas também em todas as outras áreas que podem afetar diretamente ou indiretamente a operação da unidade. As empresas perceberam que não bastam seguir às normas e regras de construção, mas também todas as regras voltadas a operação da plataforma em um determinado País.

Como previsto pela Organização Marítima Internacional, a IMO, as normas das autoridades costeiras sobrepõe as normas internacionais, mas não as invalidando. No Brasil, a autoridade é representada pela Marinha, que têm contribuído para a melhoria da qualidade das unidades, criando normas mais rigorosas que as internacionais.

Isso tem gerado grandes dificuldades, mesmo que algumas empresas tenha compreendido que a conformidade regulatória é importante, há algumas que gostaria de cumprir o mínimo, pois algumas plataformas vêm a operar por algumas semanas ou poucos meses, e têm que se adequar as normas nacionais. Isso pode se tornar economicamente inviável trazê-la para operar no Brasil. E o País acaba pagando mais caro para afretar uma plataforma.

## 9. CONCLUSÃO

O projeto original foi projetado seguindo as normas internacionais, entretanto não conseguiu atender as normas brasileiras em vários requisitos. O foco do projeto final foi demonstrar onde o sistema de combate a incêndio não conseguiu atendê-las.

Primeiro ponto: negligenciou regras importantes, como o uso de pelo menos dois canhões simultaneamente, sem ter mais um de reserva, totalizando três equipamentos. Por razão do método de combate a incêndio, o porquê para não se ter somente dois canhões de espuma, mas possuir três.

Segundo fator importante que o posicionamento dos canhões não é satisfatório, pois foram colocados praticamente lado a lado, se houver um acidente próximo, inviabilizará o uso dos dois canhões. O correto seria defasá-los de 120° de modo a cobrir toda a área, e mesmo que tenha um acidente próximo a um dos canhões os outros dois estarão disponíveis.

Terceiro ponto importante a ser considerado, que a pressão utilizando um canhão pode ser tão grande que ao invés de combater o princípio de incêndio pode empurrar a aeronave ou as pessoas para fora do heliponto, jogando-as no mar.

O quarto é a troca ou adaptação do tanque de espuma, aumentando-o, visto que o preço de um tanque novo ou adapta-lo é muito menor ao se comparar com o valor da perda total da unidade. A mudança atenderá ambas as normas e melhorará o sistema de combate a incêndio, garantindo a integridade da unidade “*offshore*” evitando que o fogo se propague para outros pontos da plataforma.

Por fim, a construção ou o afretamento de uma plataforma, antes da sua contratação, deve-se levar em conta além dos custos fixos e já conhecidos, acrescentar os custos em adequação às normas brasileiras, que em sua maioria é um custo bastante considerável, mas não comparável com o custo de operação. Mas evita prejuízos caso a embarcação não esteja preparada e precisa ficar parada por dias ou até meses até a conclusão das devidas adaptações.

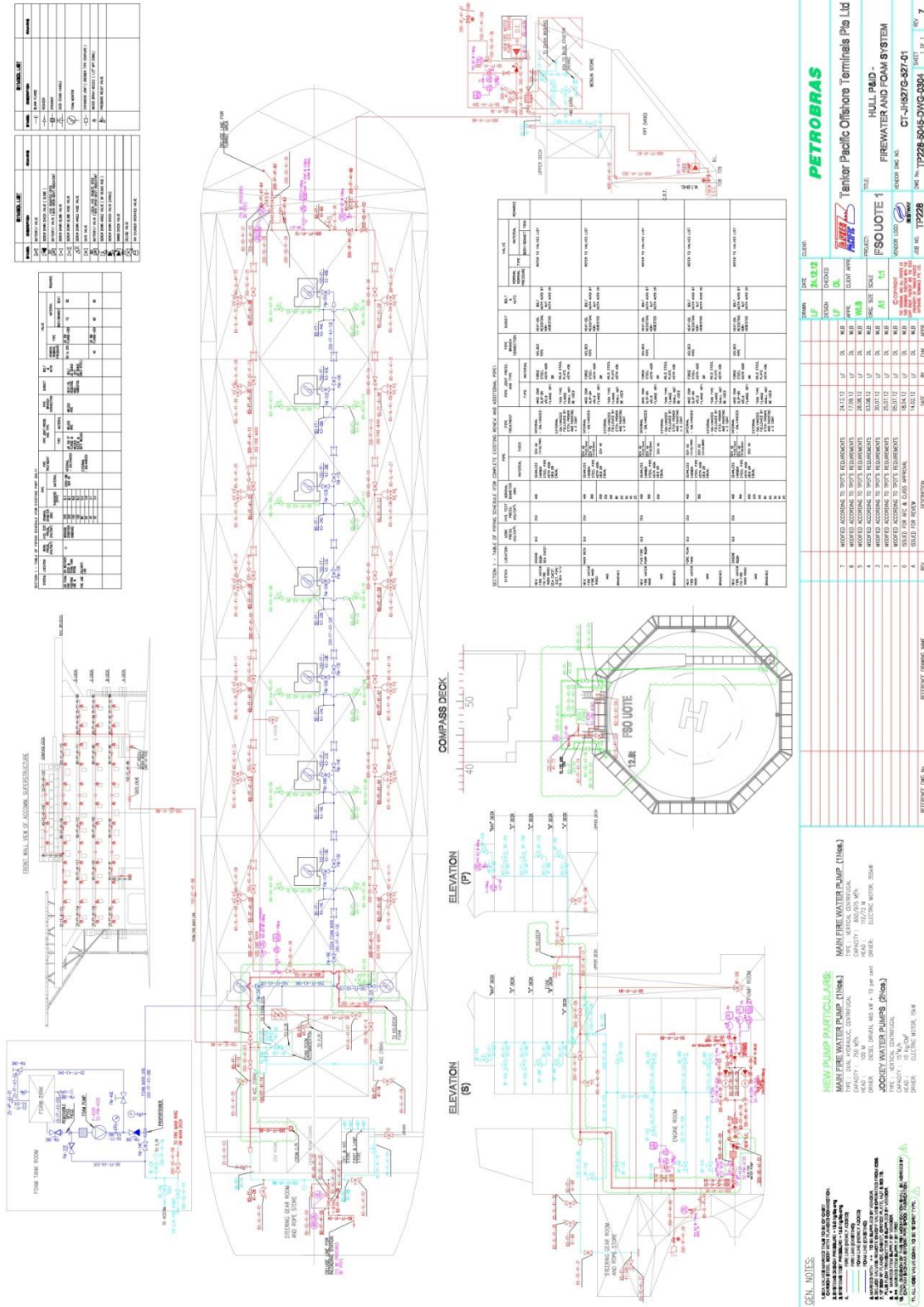


## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. E. de Mattos e R. de Falco, *Bombas Industriais*, Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- [2] P. C. S. Telles e D. G. P. Barros, *Tabelas e gráficos para projetos e tubulações*, Interciência, 2011.
- [3] F. M. White, *Mecânica dos Fluidos*, McGraw-Hill, 2002.
- [4] I. M. Organization, *Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*, 2012.
- [5] I. M. Organization, *Safety of Life at Sea*, 2012.
- [6] I. M. Organization, *International Code For Fire Safety Systems*, 2000.
- [7] U. C. A. Authority, *Standards for Offshore Helicopter Landing Areas*, 2013.
- [8] I. C. A. Organization, *Heliport Manual*, 1995.
- [9] I. C. A. Organization, *Aerodromes - Heliports*, vol. II, 2009.
- [10] A. B. o. Shipping, *Helicopter decks and facilities*, 2008.
- [11] I. C. A. Organization, *Airport Services Manual*, 1990.



# Anexo B - Diagrama de combate a incêndio e espuma



| REVISION | DESCRIPTION            | DATE       | BY  | CHK |
|----------|------------------------|------------|-----|-----|
| 1        | ISSUE FOR CONSTRUCTION | 15/03/2012 | ... | ... |
| 2        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 3        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 4        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 5        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 6        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 7        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 8        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 9        | ...                    | ...        | ... | ... |
| 10       | ...                    | ...        | ... | ... |

| NO. | DESCRIPTION | DATE | BY  | CHK |
|-----|-------------|------|-----|-----|
| 1   | ...         | ...  | ... | ... |
| 2   | ...         | ...  | ... | ... |
| 3   | ...         | ...  | ... | ... |
| 4   | ...         | ...  | ... | ... |
| 5   | ...         | ...  | ... | ... |
| 6   | ...         | ...  | ... | ... |
| 7   | ...         | ...  | ... | ... |
| 8   | ...         | ...  | ... | ... |
| 9   | ...         | ...  | ... | ... |
| 10  | ...         | ...  | ... | ... |

SECTION 1 - MAIN DECK PLAN FOR CONSTRUCTION AND INSTALLATION

| ITEM NO. | DESCRIPTION | QTY | UNIT | REMARKS |
|----------|-------------|-----|------|---------|
| 1        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 2        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 3        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 4        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 5        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 6        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 7        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 8        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 9        | ...         | ... | ...  | ...     |
| 10       | ...         | ... | ...  | ...     |

**GEN. NOTES:**

- 1. ALL DIMENSIONS ARE TO FACE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 2. ALL MATERIALS AND WORKMANSHIP SHALL BE IN ACCORDANCE WITH THE LATEST EDITIONS OF THE relevant standards.
- 3. ALL MATERIALS SHALL BE SUPPLIED BY THE CONTRACTOR AND SHALL BE APPROVED BY THE SUPERVISOR.
- 4. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 5. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 6. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 7. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 8. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 9. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.
- 10. ALL WORK SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH THE relevant standards.

**NEW PLUS PARTICULARES:**

- MAIN FIRE WATER PUMP (11064)**  
TYPE: VERTICAL CENTRIFUGAL  
CAPACITY: 800 GPM  
DRIVER: DIESEL ENGINE, 400 HP + 10 per cent  
**JOSEY WATER PUMPS (21064)**  
TYPE: VERTICAL CENTRIFUGAL  
CAPACITY: 150 GPM  
DRIVER: ELECTRIC MOTOR, 15kW
- MAIN FOAM WATER PUMP (11064)**  
TYPE: VERTICAL CENTRIFUGAL  
CAPACITY: 800 GPM  
DRIVER: DIESEL ENGINE, 400 HP + 10 per cent  
**JOSEY WATER PUMPS (21064)**  
TYPE: VERTICAL CENTRIFUGAL  
CAPACITY: 150 GPM  
DRIVER: ELECTRIC MOTOR, 15kW

**REFERENCE DWG. NO.** REFERENCE DRAWING NAME

**DATE:** 15/03/2012 **TIME:** 14:30 **CLIENT:** PETROBRAS

**PROJECT:** TANKER Pacific Offshore Terminals Pto Ltd

**AREA:** HULL PAID - FIREWATER AND FOAM SYSTEM

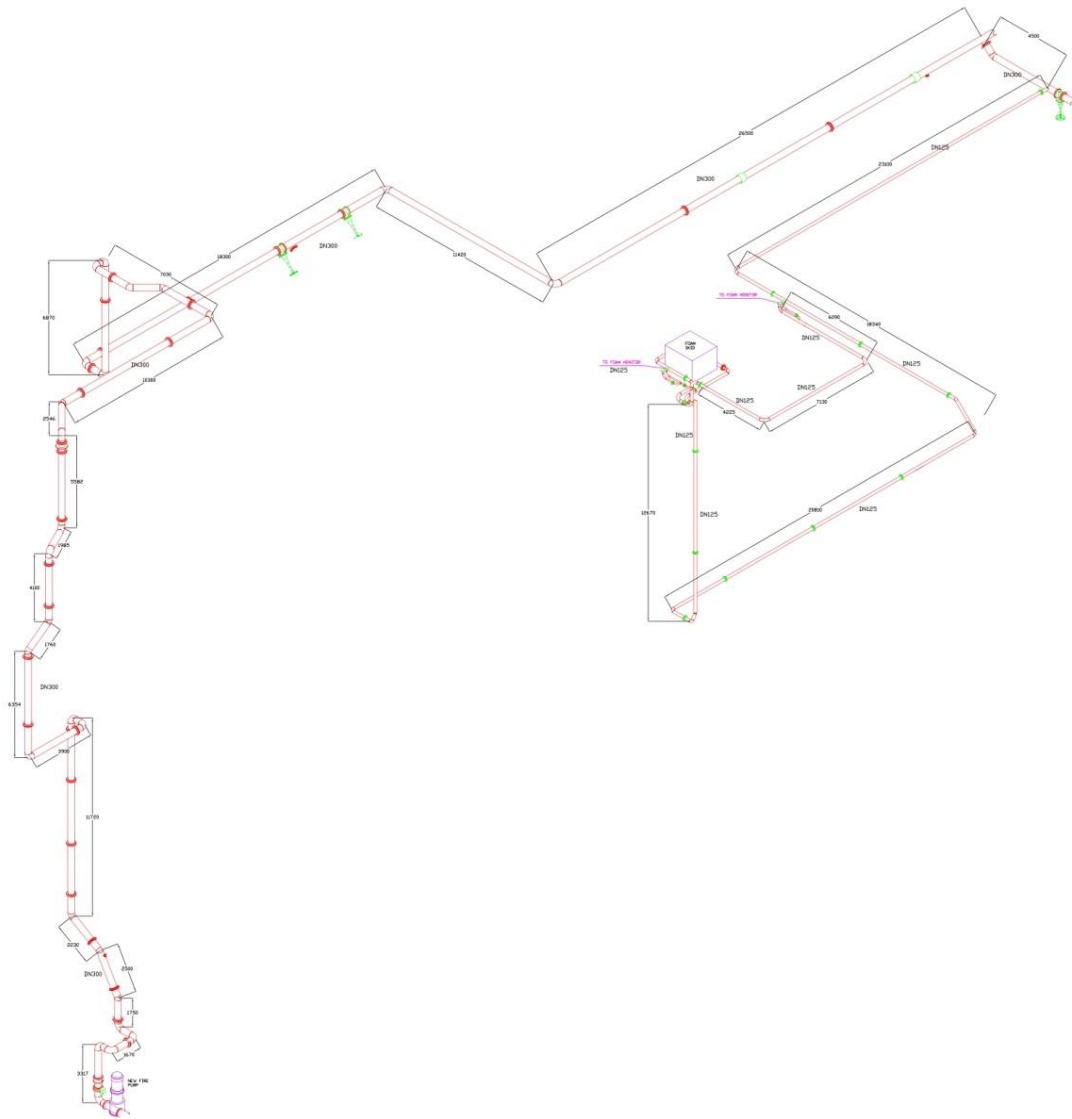
**NO.:** FSO UOTE 1

**SCALE:** AS SHOWN

**DATE:** 15/03/2012 **BY:** ... **CHK:** ...

**NO.:** 1P228 **REV.:** 7

## Anexo C - Isométrico do sistema de combate a incêndio do heliponto



# Anexo D - Plano de combate a incêndio

**FSD UOOTE 1  
FIRE AND SAFETY PLAN**

**OVERHEAD BARGE DECK**

**TRUSS DECK**

**COMBINE DECK**

**MAST DECK PLANT**

**STERN DECK ROOM**

**DECK 1**

**DECK 2**

**DECK 3**

**DECK 4**

**DECK 5**

**DECK 6**

**DECK 7**

**DECK 8**

**DECK 9**

**DECK 10**

**DECK 11**

**DECK 12**

**TANK DECK**

| DECK INDEX | DECK NO. | COMPARTMENT |
|------------|----------|-------------|
| 1          | 10       | A-10        |
| 2          | 11       | A-11        |
| 3          | 12       | A-12        |

**LEGEND:**

- FIRE LOCK
- CLOSURE LOCK

**COMPARTMENT INDEX**

| DECK | COMPARTMENT | DESCRIPTION |
|------|-------------|-------------|
| 10   | A-10        | ...         |
| 11   | A-11        | ...         |
| 12   | A-12        | ...         |

**GENERAL INFORMATION:**

**SHIP NAME:** UOOTE 1

**SHIP TYPE:** OIL TANKER

**NET TONNAGE:** 10,000

**GROSS TONNAGE:** 10,000

**LENGTH:** 140m

**BREADTH:** 30m

**DECK AREA:** 4,200 m²

**SAFETY EQUIPMENT:** 100 fire extinguishers, 20 fire hoses, 10 fire blankets, 5 fire extinguishers.

**COMPANY:** PETROBRAS

**TERMINAL:** Termar Pacific Oilshore Terminal Pte Ltd

**OPERATOR:** FSD UOOTE 1

**DATE:** 15/01/2023

**DRAWN BY:** CTI-ANESTAS-103268

**CHECKED BY:** FSD UOOTE 1

**SCALE:** 1:100

**REVISIONS:**

| NO. | DESCRIPTION        | DATE       |
|-----|--------------------|------------|
| 1   | Issue for approval | 15/01/2023 |
| 2   | Approved           | 16/01/2023 |

## Anexo E - Modelo em 3D da plataforma em formato CAD

