

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**PROJETO DE SISTEMA DE COMBATE A
INCÊNDIO DE UMA PLANTA DE
DISTRIBUIÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO A GRANEL**

Daniel Neves Chermaut da Costa
Danielle Jorge Peixoto de Sousa Mota
Guilherme Brandão Matos

Prof. Orientador: Alexandre Silva de Lima
Coorientador: Alexandre Ferreira Gomes

**Rio de Janeiro,
Dezembro de 2017**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**PROJETO DE SISTEMA DE COMBATE A
INCÊNDIO DE UMA PLANTA DE
DISTRIBUIÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO A GRANEL**

Daniel Neves Chermaut da Costa
Danielle Jorge Peixoto de Sousa Mota
Guilherme Brandão Matos

Projeto final apresentado em cumprimento às
normas do Departamento de Educação Superior
do CEFET/RJ, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Prof. Orientador: Alexandre Silva de Lima
Coorientador: Alexandre Ferreira Gomes

**Rio de Janeiro,
Dezembro de 2017**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

C837 Costa, Daniel Neves Chermaut da
Projeto de sistema de combate a incêndio de uma planta de distribuição de gás liquefeito de petróleo a granel / Daniel Neves Chermaut da Costa, Danielle Jorge Peixoto de Sousa Mota, Guilherme Brandão Matos.—2017.
xv, 106f. + anexos : il. (algumas color.) , grafs. , tabs. ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2017.

Bibliografia : f. 104-106

Orientador : Alexandre Silva de Lima

Coorientador : Alexandre Ferreira Gomes

1. Engenharia mecânica. 2. Incêndio – Extinção. 3. Petróleo. 4. Gás natural liquefeito. I. Mota, Danielle Jorge Peixoto de Sousa. II. Matos, Guilherme Brandão. III. Lima, Alexandre Silva de (Orient.). IV. Gomes, Alexandre Ferreira (Coorient.). V. Título.

CDD 621

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e irmã que tanto me apoiaram e a minha noiva pela paciência e cumplicidade que possibilitaram a conquista de minha formação.

Daniel Neves Chermaut da costa

Dedico este trabalho aos meus pais José Arnaldo Mota e Zarmavete Mota, meu irmão Douglas Mota e meu noivo Guilherme Matos por todo apoio que me forneceram durante todo o tempo de faculdade.

Danielle Jorge Peixoto de Sousa Mota

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e meus pais e noiva por me apoiarem nos momentos difíceis durante o curso.

Guilherme Brandão Matos

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente às nossas famílias, que influenciaram diretamente em nossa formação de caráter, por todo incentivo nos momentos difíceis, pelo investimento em nosso futuro.

Dedicamos também esta conquista aos nossos amigos, que durante todos esses anos estiveram ao nosso lado, nos proporcionando momentos de felicidade mediante as dificuldades da faculdade.

Agradecemos também ao nosso orientador Alexandre S. de Lima e coorientador Alexandre F. Gomes por toda paciência e apoio durante a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A necessidade de obtenção de formas mais sofisticadas de fogo resultou em uma grande expansão do uso de derivados do petróleo. Entre esses derivados se destaca o GLP que tem grande penetração em todo o país.

Por se tratar de um gás altamente inflamável, sua manipulação exige a criação de sistemas que tem por objetivo garantir a segurança de todos que trabalham com esse gás e seu entorno.

Dessa forma, este trabalho trata do dimensionamento de um sistema de prevenção e combate a incêndio, fixo e móvel, em uma empresa fictícia de distribuição de GLP. Neste projeto, foram discutidos os conceitos e normas aplicadas no dimensionamento do sistema visando sua máxima eficiência com o menor custo.

Palavras-chave: fogo, petróleo, GLP, prevenção.

ABSTRACT

The demand for more sophisticated forms of fire has resulted in a major expansion of the petroleum products use. Amongst these derivatives stands out the LPG that has great acceptance throughout Brazil.

As a highly flammable gas, its manipulation requires the development of systems which main goal is to guarantee the safety of all who work with this gas and its environment.

Thus, this work's attempt is to consider the design of, not only fixed but also mobile, fire prevention and fire fighting systems in a fictitious LPG distribution company. In the course of the project, the concepts and patterns applied in the development of the systems will be discussed, aiming at maximum efficiency with the lowest cost.

Key-words: fire, petroleum, LPG, prevention.

SUMÁRIO

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Motivação	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Organização do Trabalho	3
Capítulo 2	4
Gás Liquefeito de Petróleo	4
2.1. Características	4
2.2. Gás Liquefeito de Petróleo x Gás Natural	6
2.3. Cenário Brasileiro	7
2.4. Distribuição.....	9
2.5. Unidade Granel	12
Capítulo 3	14
Conceitos Básicos.....	14
3.1. Fogo	14
3.2. Combustível	15
3.2.1. Ponto de Fulgor (Flash Point).....	15
3.2.2. Ponto de Combustão (Fire Point)	15
3.2.3. Ponto de Auto Ignição	16
3.3. Incêndio	16
3.3.1. Classe de Incêndio	17
3.3.1.1. Classe A.....	17
3.3.1.2. Classe B.....	18
3.3.1.3. Classe C.....	19
3.3.1.4. Classe D.....	19
3.3.2. Dinâmica do Incêndio.....	20
3.3.2.1. Fase Inicial	20
3.3.2.2. Fase Crescente.....	21
3.3.2.3. Fase Totalmente Desenvolvida	21
3.3.2.4. Fase Final	21
3.3.3. Carga de Incêndio	22
3.4. BLEVE.....	22

3.5.	Formas de Transferência de Calor.....	23
3.5.1.	Condução.....	24
3.5.2.	Convecção.....	26
3.5.3.	Radiação.....	28
3.6.	Métodos de Cálculo de Perda de Carga.....	29
3.6.1.	Método de Moody Rouse.....	30
3.6.2.	Método de Hazem Williams.....	31
3.7.	Bombas Centrífugas.....	33
3.7.1.	Componentes Bombas Centrífugas.....	34
3.7.1.1.	Rotor.....	34
3.7.1.2.	Carcaça.....	34
3.7.1.3.	Eixo.....	34
3.7.1.4.	Mancais.....	35
3.7.1.5.	Voluta.....	35
3.7.1.6.	Selo mecânico.....	35
3.7.1.7.	Bocal de Sucção.....	35
3.7.1.8.	Bocal de Descarga.....	36
3.7.	Proteção Contra Incêndio.....	36
3.7.1.	Sistemas Móveis.....	36
3.7.2.	Sistemas Fixos.....	39
3.8.	Brigada de Incêndio.....	42
3.9.	Plano de Emergência Contra Incêndio.....	44
Capítulo 4	45
Desastres	45
4.1.	1966 – Refinaria de Feyzin – França.....	45
4.2.	1972 – Refinarias de Duque de Caxias (REDUC) – Brasil.....	47
4.3.	1982 – Instalação de Armazenamento e Distribuição de GLP - México.....	49
Capítulo 5	52
Premissas de Projeto	52
5.1.	Cenário hipotético.....	52
5.2.	Planta Base.....	53
5.3.	Logística.....	54
5.3.1.	VSM Estado Atual.....	55
5.3.2.	VSM Estado Futuro.....	56

5.4. Análise de Custos.....	57
Capítulo 6	60
Dimensionamento e Análise de Resultados.....	60
6.1. Pressão Requerida.....	61
6.2. Definição do Diâmetro.....	61
6.3. Altura Manométrica.....	63
6.4. Curva do Sistema.....	64
6.5. Perdas de Cargas.....	65
6.5.1. Primeira Condição.....	65
6.5.2. Segunda Condição:.....	70
6.5.3. Terceira Condição:.....	74
6.5.4. Quarta Condição:.....	77
6.5.5. Conclusão.....	81
6.6. Cálculo da Potência do Motor da Bomba.....	82
6.7. Definição de Reservatório.....	84
Capítulo 7.....	85
Seleção de Equipamentos e Materiais.....	85
7.1. Bomba Hidráulica.....	85
7.2. Motor Diesel e Elétrico.....	87
7.3. Bomba Jockey.....	88
7.4. Canhão Monitor.....	91
7.5. Rede.....	92
7.5.1. Layout.....	92
7.5.2. Tubos.....	95
7.5.3. Acessórios.....	96
7.6. Sistemas Móveis.....	97
7.6.1. Seleção de Extintores.....	97
7.6.2. Disposição.....	100
Capítulo 8.....	102
Considerações Finais.....	102
Referências Bibliográficas.....	104
ANEXO A.....	107
ANEXO B.....	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Chama de GLP. Fonte: http://www.supragas.com.br	4
FIGURA 2: Matriz energética brasileira. Fonte: Balanço Energético Nacional 2016.....	8
FIGURA 3: Divisão entre as distribuidoras de GLP. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.	9
FIGURA 4: Vasilhames transportáveis de GLP. Fonte: http://www.ultragaz.com.br	10
FIGURA 5: Carrossel de envase de P13. Fonte: Própria.	10
FIGURA 6: Sistema estacionário sendo abastecido. Fonte: http://propangas.com.br	11
FIGURA 7: Auto tanque (Bobtail). Fonte: http://www.nacionalgas.com.br	11
FIGURA 8: Tanques estacionários de 60 toneladas. Fonte: Própria.	12
FIGURA 9: Abastecimento dos autotanques. Fonte: http://www.nacionalgas.com.br	13
FIGURA 10: Tetraedro do fogo. Fonte: http://slideplayer.com.br	14
FIGURA 11: Classe A. Fonte: http://diariodoepi.com	17
FIGURA 12: Classe B. Fonte: http://diariodoepi.com	18
FIGURA 13: Classe C. Fonte: http://diariodoepi.com	19
FIGURA 14: Classe D. Fonte: http://diariodoepi.com	19
FIGURA 15: Fases do Incêndio. Fonte: Própria.	20
FIGURA 16: Desenvolvimento do BLEVE. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do distrito federal, 2006.	23
FIGURA 17: Formas De Transferência De Calor. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2006.	24
FIGURA 18: Condução de calor. Fonte: http://refrigere.no.comunidades.net	24
FIGURA 19: Convecção em um incêndio. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do distrito federal, 2006.	26
FIGURA 20: Transferência de calor por radiação em uma vizinhança. Fonte: Incropera.	29
FIGURA 21: Diagrama de Moody. Fonte: http://www.ebah.com.br	31
FIGURA 22: Componentes da bomba. Fonte: http://slideplayer.com.br/slide/1771588/	33
FIGURA 23: Extintores. Fonte: http://www.azaextintores.com.br/	36
FIGURA 24: Teste de Capacidade Extintora Classe A. Fonte: ABNT NBR 12693.....	38
FIGURA 25: Teste de Capacidade Extintora Classe B. Fonte: ABNT NBR 12693.....	39
FIGURA 26: Nebulização de tanques GLP. Fonte: https://www.youtube.com	40
FIGURA 27: Esguicho agulheta, esguicho VR, chave de mangueira e conexões de engate rápido. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do CBM do DF, 2006.....	41

FIGURA 28: Exemplo de válvula dilúvio. Fonte: http://www.sipec.com.br	41
FIGURA 29: Exemplo de canhão monitor. Fonte: Catálogo SECUR.	42
FIGURA 30: Exemplos de Registro de Recalque. Fonte: ABNT NBR 13714.....	42
FIGURA 31: Esfera em chamas. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	45
FIGURA 32: Esferas após o incêndio. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	46
FIGURA 33: Tubulações após o incêndio. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	46
FIGURA 34: Parque de armazenamento após o incêndio. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	48
FIGURA 35: Tampão da esfera arremessada pela explosão. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	49
FIGURA 36: Parque de armazenamento em chamas. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	50
FIGURA 37: Raio de destruição. Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com.br	51
FIGURA 38: Planta de situação. Fonte Própria.	53
FIGURA 39: VSM Estado Atual. Fonte: Própria.....	55
FIGURA 40: VSM Estado Futuro. Fonte: Própria.....	57
FIGURA 41: Isométrico Rede de Combate a Incêndio. Fonte: Própria.....	60
FIGURA 42: Altura geométrica. Fonte: https://www.slideshare.net	64
FIGURA 43: Corte do P60000 e H-2, desenho PF - GERAL – 01. Fonte: Própria.....	65
FIGURA 44: Corte do H-3, desenho PF - GERAL – 01. Fonte: Própria.....	70
FIGURA 45: Corte do Canhão Monitor, desenho PF - GERAL – 01. Fonte: Própria.....	77
FIGURA 46: Bomba Centrífuga KSB Meganorm. Fonte: Catálogo da KSB.	85
FIGURA 47: Diagrama de Características Meganorm. Fonte: Catálogo da KSB.	86
FIGURA 48: Curva característica bomba. Fonte: Catálogo da KSB.	87
FIGURA 49: Representação das motos bombas. Fonte: Catálogo JVL Bombas.....	87
FIGURA 50: Funcionamento do tanque de pressurização. Fonte: Catálogo Jacuzzi.....	89
FIGURA 51: Instalação do sistema Yellow Jet. Fonte: Catálogo Jacuzzi.	89
FIGURA 52: Dimensões do tanque YJ135. Fonte: Catálogo Jacuzzi.	90
FIGURA 53: Canhão Monitor modelo CMF-1250-4. Fonte: Catálogo SECUR.	91
FIGURA 54: Modelo de instalação do hidrante. Fonte: Própria.	93
FIGURA 55: Trecho enterrado da rede. Fonte: Própria.	93
FIGURA 56: Linhas de alimentação. Fonte: Própria.	94
FIGURA 57: Agentes extintores das Classes de Incêndio. Fonte: Telmo Beltrano.....	97
FIGURA 58: Áreas de Risco Fonte: Própria.	99

FIGURA 59: Capacidades extintoras e distâncias mínimas. Fonte: Telmo Beltrano.	99
FIGURA 60: Classificação dos extintores e carga comercial. Fonte: Telmo Brentano.	100
FIGURA 61: Disposição dos extintores na Unidade. Fonte: Própria.	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Poder calorífico de combustíveis. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.....	5
TABELA 2: Comparativo entre GLP e GN. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.	7
TABELA 3: Ponto de fulgor dos Componentes GLP. Fonte: FISPQ GLP.....	15
TABELA 4: Coeficiente convectivo para algumas condições ambientais. Fonte: Principles of Fire Behavior, J. G.Quintiere.	27
TABELA 5: Coeficiente de atrito "C" de Hanzen-Williams.....	32
TABELA 6: Nebulização do P-60000 utilizando a bomba diesel ou elétrica.	66
TABELA 7: Parâmetros Primeira Condição.	68
TABELA 8: Utilização do hidrante mais crítico através do trecho de 6". Fonte: Própria.	70
TABELA 9: Parâmetros Segunda Condição.	72
TABELA 10: Utilização do hidrante mais crítico através do trecho de 4".	74
TABELA 11: Parâmetros Terceira Condição.....	76
TABELA 12: Utilização do canhão monitor através do trecho de 6".	78
TABELA 13: Parâmetros Quarta Condição.	80
TABELA 14: Resultados encontrados para a primeira condição.....	82
TABELA 15: Resultados encontrados para a segunda condição.	83
TABELA 16: Resultados encontrados para a terceira condição.	83
TABELA 17: Resultados encontrados para a quarta condição.	83
TABELA 18: Vazões Requeridas Pela NBR 15186.	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo.

GN – Gás Natural.

GNV – Gás Natural Veicular.

MERCAPTANS – Composto químico que adiciona o odor característico ao GLP e GN.

SINDIGAS – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo.

ANP – Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

ASTM – American Society for Testing and Materials.

DIN – Deutsches Institut Fur Normung.

BS – British Stabdards.

UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

AFNOR – Association Française de Normalisation.

JSA – Japanese Standards Association.

FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos.

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.

NBR – Norma Brasileira.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NFPA – Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio.

PQS – Pó Químico Seco.

CBPMESP – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

VR – Vazão Regulável.

REDUC – Refinaria de Duque de Caxias.

PEMEX – Multi-estatal Petróleos Mexicanos.

VSM – Mapeamento de Fluxo de Valor.

CAPEX – Capital Expenditure.

LI – Licença Ambiental de Instalação.

LO – Licença Ambiental de Operação.

AVCB – Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros.

CCI – Curva Característica de Instalação.

CCB – Curva Característica da Bomba.

CV – Cavalo Vapor.

CM – Classe Média.

Capítulo 1

Introdução

A obtenção do fogo foi a maior conquista do ser humano, sendo de vital importância para seu desenvolvimento. Através do poder do fogo o homem foi capaz de moldar a natureza a seu proveito e benefício. O fogo permitiu ao homem se adaptar aos diferentes ambientes, utilizando-o para proteção, geração de calor e geração de luz além de permitir cozinhar os alimentos aumentando a variedade e disponibilidade de nutrientes. Desde então, tem se estudado a obtenção de formas mais sofisticadas de combustíveis para que possamos usar o poder do fogo de maneira mais ampla e eficiente.

Dentro dessa premissa, os derivados de petróleo tem tido desde 1858, ano de início de sua exploração, um papel fundamental em diversos setores da indústria e do comércio além de uma profunda participação no dia a dia das pessoas, com destaque para o GLP, que oferece uma opção de fácil acesso em qualquer região do mundo. Com a possibilidade de ser armazenado e transportado através de vasilhames de diferentes tamanhos, o GLP ganhou espaço nos territórios de diferentes países a exemplo do Brasil que em aproximadamente 80 anos passou a estar presente em 100% dos municípios.

Porém, com o uso de combustíveis, o risco na manipulação do fogo teve um aumento considerável, visto isso se faz necessário instalar sistemas que visam controlar e combater possíveis incêndios que possam vir a ocorrer. Esses sistemas devem atuar de forma que venham a extinguir o fogo no início de sua propagação, evitando que o mesmo se torne um incêndio ou que venha a controlar uma situação de incêndio até que as autoridades competentes possam atuar em conjunto. Para cada tipo de edificação ou instalação há um sistema particular que deve possuir as condições estipuladas por norma para garantir a segurança de todos a sua volta.

Nos últimos anos, foram presenciados inúmeros casos de incêndio de pequeno a grande porte envolvendo locais onde se manipula combustíveis e em muitos desses casos a inexistência ou ineficiência dos sistemas de segurança resultaram em feridos e mortos. Portanto, o correto dimensionamento de um sistema de combate a incêndio é indispensável e de vital importância para a manipulação de combustíveis.

1.1. Motivação

Conforme os registros de acidentes nas empresas foram aumentando ao longo dos anos, se fez necessário ter um grande investimento por partes destas em programas de segurança e prevenção contra acidentes. Atualmente, órgãos regulamentadores de empresas, praticam um rígido controle para que seja implementado junto dos projetos, sistemas que possam vir a diminuir ou evitar o número de ocorrências.

No caso do ramo industrial, há uma enorme precaução em relação a casos de incêndio em plantas que envolvem a manipulação de gases inflamáveis. Além da preocupação com seus funcionários, existe a preocupação com seu patrimônio, e também com o entorno das instalações.

O desenvolvimento de um sistema de combate e prevenção de incêndio representa um desafio técnico e orçamentário, pois apesar de ser uma exigência o mesmo não é considerado um investimento e devido a esse fato o dimensionamento deverá atender a eficiência exigida por norma com o menor custo possível. Dessa forma fica a questão, como dimensionar um sistema eficiente com um custo justificável?

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo dimensionar uma rede de combate a incêndio para uma unidade fictícia de manipulação de GLP, aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia mecânica e experiências profissionais.

A execução deste trabalho seguiu a seguinte ordem:

- Pesquisa bibliográfica
- Dimensionamento
- Considerações finais

1.3. Organização do Trabalho

No capítulo 1 serão abordados as motivações e objetivos deste projeto.

No capítulo 2 serão abordadas as características do Gás Liquefeito de Petróleo, assim como suas propriedades, seu papel no cenário brasileiro e como é feita sua distribuição.

No capítulo 3 serão apresentadas as revisões bibliográficas pertinentes ao assunto abordado.

No capítulo 4 serão exemplificados desastres decorrentes da ausência ou ineficácia de um sistema de incêndio.

No capítulo 5 serão definidas as premissas para execução do projeto.

No capítulo 6 será feito o dimensionamento do sistema de incêndio e a escolha da bomba para atender a esse sistema.

No capítulo 7 serão listados os equipamentos e materiais escolhidos para o sistema.

No capítulo 8 conclui-se o trabalho.

Capítulo 2

Gás Liquefeito de Petróleo

2.1. Características



Figura 1: Chama de GLP. Fonte: <http://www.supragas.com.br>.

O GLP é uma mistura de gases de hidrocarbonetos condensáveis de baixo peso molecular, destacando-se o propano e o butano, extraído através do processamento do gás natural ou refino do petróleo. É incolor desde que tenha baixo teor de enxofre e inodoro, o que faz necessária a adição de um composto a base de enxofre (mercaptans) que lhe confere o odor característico que permite a fácil identificação de vazamentos. Sua relação entre volume gasoso e líquido é de aproximadamente 250 vezes com o mesmo transitando facilmente entre os dois estados.

Considerando as condições climáticas e a composição, o GLP se mantém no estado líquido com a pressão variando entre 3 e 15 kgf/cm². Seu armazenamento requer recipientes que suportem os esforços de trabalho com segurança, para isso os recipientes devem atender a norma brasileira NBR 8460 – Recipiente Transportável de Aço para Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) que determina que esses recipientes suportem a pressão de 1500 kPa ou 15 kgf/cm².

O GLP possui um poder calorífico entorno de 11.000 kcal/kg, o que o torna um combustível mais eficiente que os outros combustíveis comumente usados incluindo carvão, Gás Natural, Diesel, Petróleo, óleos combustíveis e álcool derivados da biomassa conforme mostrado na Tabela 1. A especificação do GLP garante a disponibilidade de um combustível que apresenta queima limpa sem deixar resíduos no equipamento em que é utilizado ou no produto aquecido gerando uma quantidade menor de resíduos (fuligem). O resultado direto dessa eficiência é a redução nas emissões de gases do efeito estufa, cerca de 1,5 toneladas de gás carbônico por ano, pois para gerar uma mesma quantidade de energia necessitamos queimar uma menor quantidade de GLP.

Tabela 1: Poder calorífico de combustíveis. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.

Combustível	kcal / kg
GLP	11.000
Querosene	10.400
Óleo Diesel	10.100
Gás Natural	9.930
Óleo Combustível	9.590
Gasolina	9.400
Carvão Mineral	6.800
Etanol	6.300
Lenha (20% de Umidade)	2.500 - 3.000

No entanto, algumas questões de segurança e informações devem ser observadas ao se trabalhar com GLP.

- É mais pesado do que o ar e em caso de vazamento tende a se concentrar em pontos mais baixos, como bueiros, canalizações e valas, o que não facilita sua dispersão;
- É um produto não tóxico, porém asfixiante podendo provocar náusea, irritações no sistema respiratório e tonturas levando até a perda dos sentidos, dependendo da concentração no ambiente e da quantidade inalada;
- É um produto com alta capacidade de inflamabilidade necessitando de apenas 2% de concentração no ambiente para que se possa iniciar a combustão, desde que se tenha uma fonte de ignição;

- Em caso de vazamento o Gás pode causar queimaduras na pele ou lesão nos olhos em caso de contato direto, isso se deve à rápida absorção de calor do líquido pela vaporização sob pressão atmosférica;
- O aumento de temperatura ambiente pode gerar expansão do líquido, por esse motivo o preenchimento dos recipientes não devem ultrapassar 85% da capacidade de armazenamento total;
- O GLP é um excelente solvente de derivados de petróleo e borrachas em geral, por esse motivos são usadas juntas e materiais específicos para vedação de tubulações e válvulas utilizadas nas instalações que operam com esse combustível;
- No combate a incêndios causados pela combustão do GLP, devem-se empregar extintores de água em neblina, pó químico ou CO₂ , não sendo recomendável a extinção do fogo sem antes estancar o vazamento, devendo-se manter o recipiente resfriado com água durante e após o processo de extinção; e
- Em caso de vazamento, ao encontrar uma fonte de ignição o gás se expande causando uma explosão em milésimos de segundos atingindo mais de 1000°C criando um enorme deslocamento de ar, esse fenômeno se chama FLASH, e é a principal causa de fatalidade em acidentes com GLP.

As informações apresentadas acima são de importância vital para o desenvolvimento de projetos que envolvam operação com esse gás e seus respectivos e sistemas de segurança.

2.2. Gás Liquefeito de Petróleo x Gás Natural

Nas regiões metropolitanas estão normalmente dispostos dois tipos de combustíveis gasosos para comercialização. O GLP e o GN dividem o mercado e apresentam duas abordagens diferentes de fornecimento. Na Tabela 2 estão as principais diferenças entre os dois combustíveis para aplicação residencial.

Tabela 2: Comparativo entre GLP e GN. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.

Combustível:	GLP	GN
Composição Principal:	Propano + Butano	Metano + Propano + Etano
Pressão de Trabalho:	15 kgf/cm ²	0,35 kgf/cm ²
Condição de Trabalho:	Variação de pressão (queda)	Pressão constante
Transporte:	Vasilhames Transportáveis	Dutos
Densidade (média):	2,50 kg/m ³	0,630 kg/m ³
Poder Calorífico:	11.000 kcal/kg	9930 kcal/kg
Inflamabilidade:	1,5 a 9,6 %	5 a 15 %

Pode-se destacar também a diferença no custo da operação com os dois combustíveis. Em uma análise geral, o custo do GN é mais elevado que o GLP. Um botijão com 13kg de GLP custa em torno de R\$ 60,00 e tem uma duração de 3 meses em uma casa com 4 pessoas, resultando em um custo médio de R\$ 20,00 por mês. Para o GN o valor mínimo mensal seria de R\$ 29,00 (valores de referência setembro de 2017).

Outro ponto a destacar é que o GLP tem uma chama mais instável devido à pressão variável de trabalho, enquanto no GN a pressão é constante. Porém, essa instabilidade da chama não causa perdas perceptíveis.

2.3. Cenário Brasileiro

O GLP tem um papel fundamental para a sociedade brasileira. Presente no país desde década de 1930, sua primeira aparição no país deu-se como combustível para acionar os motores de dirigíveis, porém seu uso para esse fim foi suspenso após um trágico acidente com o LZ-129 (dirigível que explodiu no ar em Nova Jersey-EUA) que resultou no fim da era dos Zeppelins. Em agosto de 1937, Ernesto Igel, imigrante austríaco radicado no Brasil, criou uma empresa para distribuição de gás engarrafado. Seu suprimento inicial foi o estoque restante do gás (propano) utilizado pelos Zeppelins. Desde então o GLP ganhou grande destaque no dia a dia da população brasileira, isso se deve ao fato de estar ligado diretamente a cocção de alimentos o que lhe conferiu seu nome popular "gás de cozinha". Calcula-se que se tenha 99

milhões de vasilhames em circulação no país com uma média de 1,5 milhão de vasilhames entregues a consumidores todos os dias (SINDIGAS).

O GLP é de importância social e econômica promovendo o progresso e a integração de todas as regiões do país com um alcance maior que a energia elétrica ou água encanada. Porém, apesar do potencial deste combustível, o GLP representa apenas 3,1% da matriz energética do país como apresentado na Figura 2 e essa porcentagem se mantém desde 2014 devido à falta de políticas de incentivo e barreiras legais que regem a forma como é utilizado o GLP no país como a Lei 8.176/91. Essa lei restringe o uso do GLP em motores a combustão interna de qualquer tipo, caldeiras, saunas e aquecimento de piscinas, setores que já possuem ampla utilização em países Europeus.

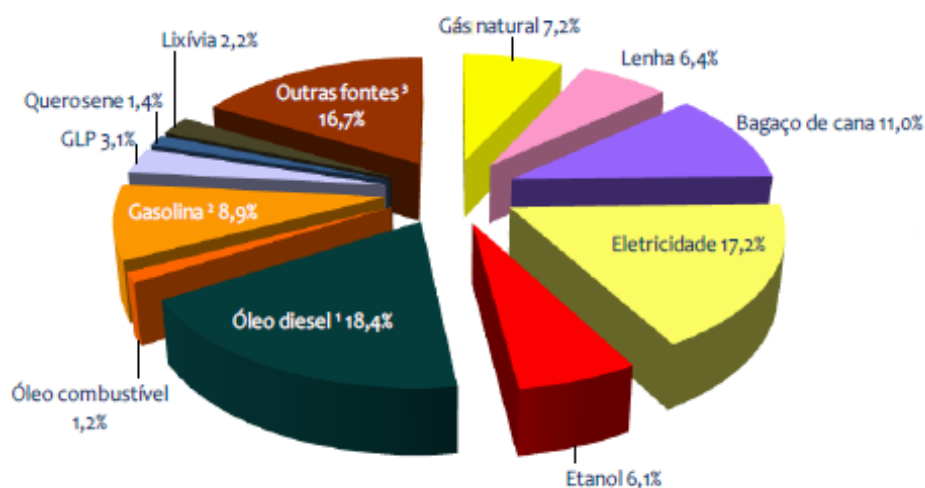


Figura 2: Matriz energética brasileira. Fonte: Balanço Energético Nacional 2016.

Com a crescente preocupação mundial em torno das emissões de gases que geram o efeito estufa, estuda-se rever a Lei 8.176/91. Esta Lei foi desenhada há 25 anos em um momento que a estrutura de extração, refino e distribuição não permitia atender todas as demandas sem que isso gerasse um impacto direto no consumo mais comum e necessário, a cocção de alimentos. A revisão dessa lei irá impulsionar o mercado o que irá trazer mais investimentos, mais empregos diretos e indiretos e mais possibilidades de negocio aumentando mais ainda a penetração desse combustível além de incentivar o uso de um combustível menos poluente e que tem um menor impacto ao meio ambiente.

O Brasil demanda cerca de 13,249 milhões de m³ de GLP, dos quais 24% são importados (Diário do Comércio e da Indústria e Serviços 2015). Para distribuir esse montante, o mercado conta com 20 empresas distribuidoras (ANP 2016) que dividem o

mercado conforme apresentado na Figura 3. Atualmente o Brasil está muito próximo de atingir a autossuficiência, em GLP, com uma estrutura de refino e distribuição que permitirá nos próximos anos atender integralmente a necessidade atual do mercado, isso irá dar espaço a novas possibilidades de uso além de criar novas oportunidades para a substituição de eletrodomésticos.

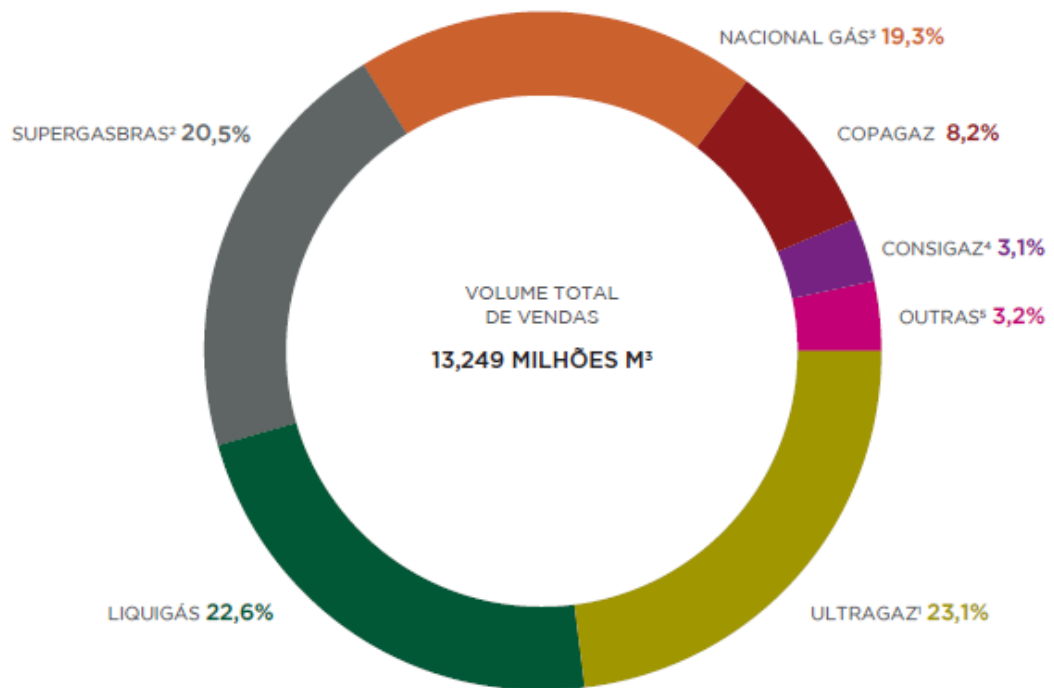


Figura 3: Divisão entre as distribuidoras de GLP. Fonte: Anuário Estatístico ANP 2016.

2.4. Distribuição.

Presente hoje em 100% dos municípios brasileiros, o GLP deve a sua versatilidade aos meios de armazenamento e sua logística de distribuição e transporte. São comumente comercializados seis tipos de vasilhames: P2, P5, P8, P13, P20 e P45 conforme apresentado na Figura 4. Essa nomenclatura representa a capacidade dos vasilhames em kg a exemplo do P13, popularmente conhecido como botijão de cozinha, que possui 13 kg de GLP. Esses vasilhames são destinados aos clientes residenciais ou comerciais de pequeno e médio porte, para clientes industriais com maior necessidade de quantidade e vazão são manufaturados

vasilhames conforme solicitação do cliente. A comercialização do GLP no Brasil deve seguir o que estabelece a Resolução ANP nº 18/2004.



Figura 4: Vasilhames transportáveis de GLP. Fonte: <http://www.ultragaz.com.br>.

Para a recarga dos vasilhames convencionais as distribuidoras dispõem de Unidades de Envase que possuem equipamentos adaptados a cada tipo de vasilhame a exemplo da Figura 5 que apresenta um carrossel de envase de P13. Nessas Unidades os vasilhames passam por processos de verificação de qualidade onde são analisadas as condições de cada vasilhame (amassados, furos ou partes danificadas), sua validade e seus itens de segurança. Realizadas todas as verificações e devidamente aprovados os vasilhames serão recarregados, pintados e lacrados.



Figura 5: Carrossel de envase de P13. Fonte: Própria.

Para clientes com maior necessidade volumétrica é necessária a instalação de um sistema de armazenamento e fornecimento estacionário no ponto de consumo conforme Figura 6. A capacidade desses sistemas parte de 125 kg e são abastecidos através de carretas tanque ou caminhões conhecidos como Bobtail.



Figura 6: Sistema estacionário sendo abastecido. Fonte: <http://propangas.com.br>.

Para manter o fluxo logístico dessa área de fornecimento, os distribuidores dispõem de Unidades Granel, com grande capacidade de armazenamento (dimensionada segunda a necessidade regional de abastecimento) e equipadas com maquinário para recarregar os auto tanques a exemplo do caminhão apresentado na Figura 7.



Figura 7: Auto tanque (Bobtail). Fonte: <http://www.nacionalgas.com.br>.

2.5. Unidade Granel

O Mercado Granel caracteriza-se pela distribuição de GLP através de caminhões-tanque e de forma personalizada, de acordo com as necessidades de cada cliente.

Para isso é necessário à construção de uma Unidade de abastecimento de grande capacidade, capaz de abastecer esses caminhões-tanques de maneira rápida, segura e a um preço competitivo. Essas Unidades são construídas, normalmente, em regiões que não possuem refinarias próximas e que necessitam de um grande volume de abastecimento e sua construção obedece a NBR 15186.

Utilizam-se tanques estacionários, a exemplo da Figura 8, de capacidades variadas conforme necessidade de abastecimento da região para o armazenamento do GLP.



Figura 8: Tanques estacionários de 60 toneladas. Fonte: Própria.

Esses tanques devem ser projetados e construídos segundo especificações estrangeiras (a exemplo, ASTM – American Society for Testing and Materials, DIN – Deutsches Institut Fur Normung, BS – British Standards, UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, AFNOR – Association Française de Normalisation, JSA– Japanese Standards Association) e devem passar por averiguações e testes conforme especificados na NR 13 - Caldeiras e Vasos de Pressão.

Os dutos, válvulas, e demais acessórios de também seguem a NBR 15186 e devem respeitar a Portaria N° 170 que determina que a operação desses conjuntos só deva entrar em operação com a prévia e expressa autorização da ANP.

Demais equipamentos como bombas GLP, compressores GLP, compressores de ar comprimido, etc., seguem recomendações comerciais para as diferentes capacidades de trabalho.

Por fim, as operações de carregamento e manobra dos equipamentos, apresentado na Figura 9, são estipuladas seguindo normas de segurança e instrução de trabalho de cada distribuidora.



Figura 9: Abastecimento dos autotanques. Fonte: <http://www.nacionalgas.com.br>.

Capítulo 3

Conceitos Básicos

3.1. Fogo

Chama-se de fogo o resultado de um processo termoquímico muito exotérmico de oxidação, é uma reação que desprende calor e luz, que emite radiação eletromagnética nas faixas do infravermelho. Três elementos básicos são responsáveis por sua formação, o combustível, a fonte de ignição e o comburente.

O principal alimento do fogo é o combustível que se encontra dividido em quatro estados físicos que são classificados como sólido (madeira, papelão, etc.), líquido (álcool, gasolina, etc.), gasoso (GLP, GN, etc.) e metais (magnésio, sódio, etc.).

As fontes de ignição provêm do que está ao redor, que gera calor suficiente para iniciar um efeito em cadeia de combustão. Por exemplo, centelhas geradas por energia estática, por atrito, por eletricidade ou ainda brasas.

O Comburente é o ativador da chama, ou seja, que dá vida às chamas como o oxigênio.

Os três elementos unidos formam o tetraedro do fogo que está representado na Figura 10, onde temos 4 triângulos sendo eles o combustível, calor, comburente e efeito em cadeia.



Figura 10: Tetraedro do fogo. Fonte: <http://slideplayer.com.br>.

3.2. Combustível

Pode-se chamar de combustível toda substância que além de queimar, mantém a combustão e a propagação do fogo. Pode ser sólido, líquido ou gasoso e cada um possui características próprias como Ponto de Fulgor, Ponto de combustão e Ponto de Auto Ignição.

3.2.1. Ponto de Fulgor (Flash Point)

É a menor temperatura na qual a substância libera uma quantidade de vapor suficiente para formar uma mistura inflamável. Porém nesta temperatura a queima não se sustenta ocorrendo apenas um rápido flash.

Como o GLP é uma mistura de gases, na Tabela 3 será apresentado o ponto de fulgor dos principais constituintes.

Tabela 3: Ponto de fulgor dos Componentes GLP. Fonte: FISPQ GLP.

Constituinte	Ponto de Fulgor
Propano	-104°C
Propeno	-108°C
n-Butano	-60°C
Buteno - 1	-79°C

3.2.2. Ponto de Combustão (Fire Point)

Também conhecido como temperatura de queima sustentada, é a temperatura mínima em que os vapores desprendidos entram em combustão e mantem a queima. Normalmente essa temperatura é ligeiramente superior a temperatura de Fulgor.

3.2.3. Ponto de Auto Ignição

É a temperatura necessária para que a substância entre em combustão espontaneamente. No caso do GLP esse ponto se encontra entre 405°C e 466°C dependendo das proporções da mistura, verificar-se que a temperatura é bem elevada o que torna difícil sua ocorrência em condições normais de utilização e ambiente.

3.3. Incêndio

O incêndio é uma incidência de fogo não controlado que se origina onde há fontes de calor e matérias combustíveis de tal forma que ocorre decomposição do material pelo calor liberando gases que podem se inflamar.

Considerando-se que diferentes materiais combustíveis necessitam receber diferentes níveis de energia térmica para que ocorra a ignição é necessário que as perdas de calor sejam menores que a soma de calor proveniente da fonte externa e do calor gerado no processo de combustão. Neste sentido, se a fonte de calor for pequena, ou a massa do material a ser ignizado for grande, ou, ainda, a sua temperatura de ignição for muito alta, somente irão ocorrer danos locais sem a evolução do incêndio.

Porém, os gases possuem uma característica diferente das demais materiais combustíveis, sua ignição se dá de forma explosiva denominada de Flash e se o vazamento não for contido, o material continuará a queimar desenvolvendo calor e produtos de decomposição. A temperatura subirá progressivamente e através de convecção, radiação e condução, aumentando as proporções do incêndio.

O tempo gasto para o incêndio alcançar o ponto de Inflamação generalizada é relativamente curto e depende, essencialmente, dos materiais disponíveis no ambiente de origem, embora as circunstâncias em que o fogo comece a se desenvolver exerçam grande influência.

A possibilidade de um foco de incêndio extinguir ou evoluir para um grande incêndio depende basicamente dos seguintes fatores:

1. Quantidade, volume e espaçamento dos materiais combustíveis no local;

2. Tamanho e situação das fontes de combustão;
3. Área;
4. Velocidade e direção do vento;
5. A forma e dimensão do local.

Ao atingir o estado de incêndio o mesmo poderá se propagar para outros setores ou reservatórios próximos aumentando os riscos e a gravidade.

3.3.1. Classe de Incêndio

Mesmo que se tenham as mesmas reações químicas na combustão de diferentes materiais, faz-se necessário classificar os incêndios conforme o material combustível predominante. Conhecer essas classes permite não só na adoção da melhor técnica para combate como também uma primeira resposta mais eficiente.

3.3.1.1. Classe A

A Classe A é representada pela Figura 11 e se refere à combustão de combustíveis sólidos comuns, como madeira, papel, borracha, pneu, plástico, etc.



Figura 11: Classe A. Fonte: <http://diariodoepi.com>.

A queima desse combustível se dá volumetricamente (largura, comprimento e profundidade) e entre os produtos de sua decomposição estão a cinza e o carvão. O método de extinção mais eficiente para essa classe é o resfriamento, com a utilização de água, apesar de alguns pós para extinção de incêndio de alta capacidade extintora e espumas também conseguirem o mesmo efeito.

3.3.1.2. Classe B

A Classe B é representada pela Figura 12 e se refere a queima de líquidos e gases inflamáveis.



Figura 12: Classe B. Fonte: <http://diariodoepi.com>.

Como exemplos gerais estão a gasolina, álcool, diesel, querosene, tintas, solventes, resinas, óleos, GLP, GN, GNV, etc. Sua queima não deixa resíduos e acontece superficialmente. Entre os métodos de extinção mais empregados estão a espuma e o pó químico.

Para incêndios envolvendo gases, a melhor prática é retirar ou controlar o material combustível, isso, pois a combustão dos gases se dá de maneira muito rápida não permitindo que se tenha uma primeira resposta do agente extintor.

3.3.1.3. Classe C.

A Classe C é representada pela Figura 13 e se refere a queima de equipamentos que se encontram energizados e apresenta risco pela condutividade elétrica.



Figura 13: Classe C. Fonte: <http://diariodoepi.com>.

Para o combate dessa classe de incêndio, deve-se primeiro verificar se há possibilidade de se cortar o fornecimento de energia, pois nesse caso o incêndio passaria a classe A ou B. Caso não seja possível, se faz uso de agente extintor que não seja condutor elétrico e se não estiver disponível tal agente, deve-se avaliar o risco, calcular distâncias e escolher o agente com baixa condutividade, isso para fontes de baixa tensão (até 600 volts).

3.3.1.4. Classe D.

A Classe D é representada pela Figura 14 e se refere a queima de metais combustíveis, em sua maioria, alcalinos também chamados de matérias pirofóricas.



Figura 14: Classe D. Fonte: <http://diariodoepi.com>.

3.3.2. Dinâmica do Incêndio

A dinâmica do incêndio é o comportamento do incêndio quanto sua programação em um ambiente, confinado ou não, com quatro fases bem definidas, independente do tipo de material combustível consumido. Conhecer a fase em que se encontra o incêndio permite que se estabeleça a tática e as ferramentas necessárias para o combate.

As fases são descritas como inicial, crescente, totalmente desenvolvida e final. A progressão pode ser vista na Figura 15.

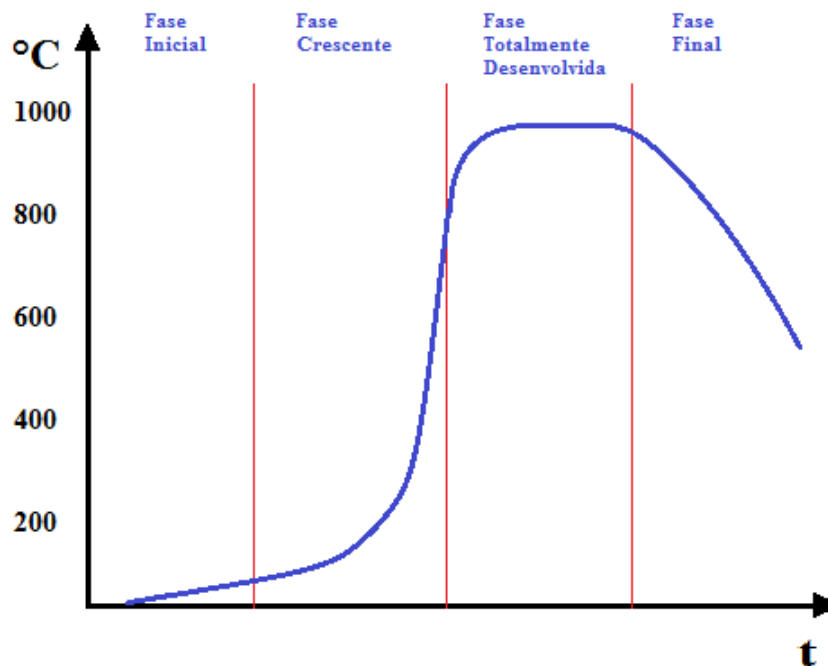


Figura 15: Fases do Incêndio. Fonte: Própria.

3.3.2.1. Fase Inicial

Fase após a ignição inicial. É o momento em que há combustível e oxigênio em abundância, com temperatura relativamente baixa e abrange a eclosão do incêndio restrito ao foco inicial.

3.3.2.2. Fase Crescente.

É a incubação do incêndio onde a propagação dependerá da quantidade e combustível. No início dessa fase as temperatura ainda são relativamente baixas, porém, a partir de certo momento segue-se um aumento exponencial na quantidade de calor liberada em um curto período de tempo. No final dessa fase, todos os materiais próximos estarão no seu ponto de ignição.

A variação de temperatura nessa fase é de 50°C para 800°C, aproximadamente.

3.3.2.3. Fase Totalmente Desenvolvida

Comumente chamada de fase de queima livre ou estável e é nesta fase que o incêndio se torna mais forte, consumindo mais oxigênio e combustível até atingir temperaturas acima de 800°C. Nesta fase, em ambientes abertos, parte da massa gasosa irá se dispersar ficando o incêndio dependente da quantidade de combustível disponível.

Todo incêndio é controlado pela quantidade de combustível ou oxigênio. Em ambientes abertos, esse controle deverá ser feito pela quantidade de combustível, extinguindo sua existência no ambiente e na proximidade do sinistro.

3.3.2.4. Fase Final

Fase decrescente do incêndio, seu início ocorre quando o oxigênio ou o combustível (ou ainda os dois) foram consumidos, dependendo do ambiente. Em ambientes abertos, essa fase dá início com o fim do combustível.

As chamas irão se extinguir restando apenas brasas e há uma diminuição progressiva da temperatura.

3.3.3. Carga de Incêndio

Utilizada para indicar a possível gravidade de um incêndio e classificar a área de risco determinando assim o nível da exigência das medias de segurança. É uma quantificação do material combustível disponível no ambiente onde pode ocorrer o sinistro e é expresso MJ/m².

Segundo a CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), uma base de distribuição a granel de GLP é atendido pela divisão: M-2 e pelo CNAE: 4682-6/00, com uma capacidade de energia 4000 MJ/m².

3.4. BLEVE

O BLEVE é um acrônimo para a expressão em língua inglesa Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (explosão do vapor de expansão de um líquido sob pressão), utilizado por bombeiros para se referirem a um tipo de explosão que pode ocorrer quando um recipiente contendo um líquido pressurizado se rompe durante um incêndio .

Ainda não há uma termo em português para descrever esse fenômeno. A Figura 16 apresenta um esquema de como o BLEVE ocorre.

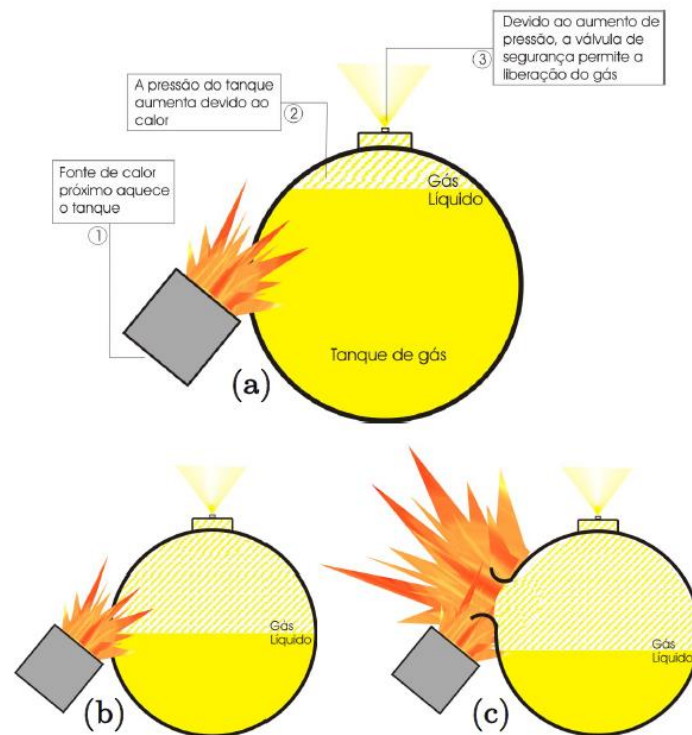


Figura 16: Desenvolvimento do BLEVE. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do distrito federal, 2006.

As paredes do tanque são resfriadas inicialmente pelo líquido que está dentro dele (Figura 16a). Este efeito de resfriamento desaparece à medida que o líquido diminui em decorrência da sua evaporação (Figura 16b). Quando o nível do líquido está abaixo da fonte de calor (Figura 16c), a parede do recipiente torna-se enfraquecida pela ação do calor e do aumento da pressão interna, forçando a estrutura e levando à ruptura (Figura 16c).

3.5. Formas de Transferência de Calor.

Como o calor é a energia que pode causar, propagar e intensificar incêndios, conhecer como é transmitido de um corpo ou de uma área para outra é essencial para saber como controlar um incêndio.

Existem três formas básicas de transferência de calor: condução, convecção e radiação representadas na Figura 17.

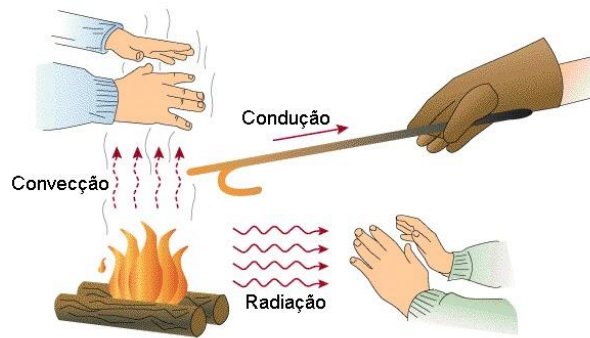


Figura 17: Formas De Transferência De Calor. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2006.

3.5.1. Condução

É um mecanismo físico que atua a nível atômico e molecular. Pode ser vista como uma interação entre as partículas onde há transferência de energia de partículas mais energéticas para as menos energéticas.

Pode-se exemplificar esse mecanismo com uma barra de metal onde são presas esferas com cera, quando aquecido uma de suas extremidades, o mecanismo de condução transporta o calor da extremidade mais quente para a mais fria derretendo a cera liberando sucessivamente as esferas conforme se pode visualizar na Figura 18.

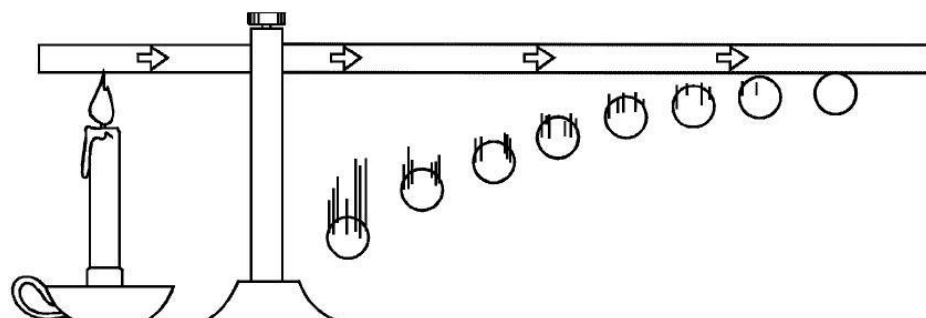


Figura 18: Experimento de condução de calor. Fonte: <http://refrigere.no.comunidades.net>.

Nesse processo, ocorre a transferência de calor, tanto pela agitação das moléculas quanto pelo movimento dos elétrons livres no metal. A quantidade de calor se movendo através da barra metálica será diretamente proporcional ao tempo de exposição ao calor, à sua

seção transversal e à diferença de temperaturas entre as suas extremidades e inversamente proporcional ao seu comprimento, ou seja, quanto maior a diferença de temperatura entre as extremidades, maior será a transferência de calor.

Em um incêndio, quanto mais intensas forem as chamas, mais calor tende a ser dissipado para os materiais próximos, agravando o sinistro, logo, quanto mais tempo exposto, mais calor fluirá pela barra. Dessa forma, o tempo resposta em um incêndio é fundamental para um socorro eficiente.

Desenvolvida a partir de fenômenos observados, a lei de Fourier, estabelece que haja variação da temperatura linearmente por toda a barra, ou seja, de uma extremidade a outra. Sendo assim, o fluxo de calor através da barra é proporcional à área de seção transversal da barra e à diferença de temperatura entre as duas extremidades é inversamente proporcional ao comprimento da barra. Dito isso, Equação 3.1 apresenta a taxa de transferência de calor.

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$

Onde:

q = taxa de transferência de calor

k = condutividade térmica

A = área de seção transversal

dt/dx = gradiente de temperatura

O sinal de menos é necessário porque o calor é sempre transferido no sentido da diminuição das temperaturas.

A lei de Fourier pode ser escrita como apresentado na Equação 3.2 que representa o fluxo térmico normal à seção transversal da barra.

$$q'' = \frac{q}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (3.2)$$

Onde:

q'' = fluxo térmico

Uma propriedade importante é a condutividade térmica (k) que quantifica a habilidade dos materiais de conduzir energia térmica. Estruturas feitas com materiais de alta condutividade térmica conduzem energia térmica de forma mais rápida e eficiente que estruturas análogas feitas, contudo de materiais com baixa condutividade térmica. Desta

maneira, materiais com alta condutividade térmica são utilizados em dissipadores térmicos e materiais de baixa condutividade térmica são utilizados na confecção de objetos que visam a prover isolamentos térmicos. A condutividade térmica é uma característica específica de cada material, e depende fortemente tanto da pureza como da própria temperatura na qual esse se encontra, especialmente em baixas temperaturas. Em geral, a condução de energia térmica nos materiais, aumenta à medida que a temperatura aumenta.

3.5.2. Convecção

É a transferência de energia entre uma superfície e um fluido em movimento sobre essa superfície. Esse modo de transferência de calor abrange dois mecanismos a transferência de energia pelo movimento global do fluido (advecção) e pelo movimento aleatório das moléculas do fluido (difusão).

Quando o fluido é aquecido, sua agitação molecular aumenta, elevando o número de colisões entre as moléculas. Com isso, as moléculas mais externas são empurradas para fora e alcançam o espaço ao redor, expandindo-se. Nesse processo de expansão, o fluido se torna menos denso e, portanto, mais leve que o ar, fazendo com que ele suba, atingindo as áreas mais altas. Esse fenômeno cria uma dinâmica do movimento do ar onde o ar quente sobe e o ar frio é arrastado para o ponto de maior temperatura, conforme apresentado na Figura 19.

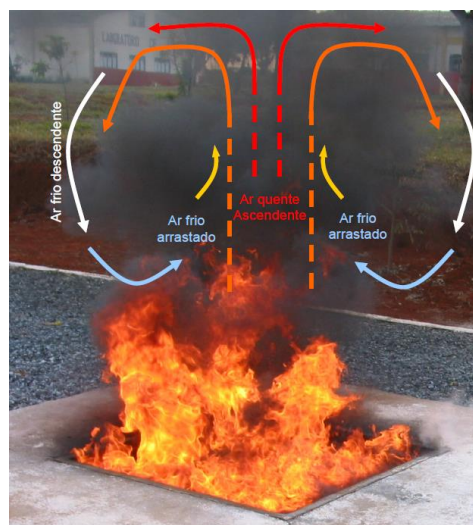


Figura 19: Convecção em um incêndio. Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do distrito federal, 2006.

Esse movimento do fluido associado com o fato de que, em determinado instante, um grande numero de moléculas irá movimentar coletivamente, contribui para a transferência de calor.

A lei do resfriamento de Newton, fornece as Equações 3.3 e 3.4 que representam a taxa de transferência de calor e o fluxo de calor por convecção respectivamente, independente da natureza específica do processo de transferência de calor por convecção.

$$q = A_s h (T_s - T_\infty) \quad (3.3)$$

$$q'' = h (T_s - T_\infty)' \quad (3.4)$$

Onde:

h = coeficiente de transferência de calor por convecção.

T_s = temperatura da superfície.

T_∞ = temperatura do fluido.

Serão adotadas soluções empíricas para situações típicas presentes nos incêndios, devido ao fato de que, para soluções reais, o coeficiente convectivo “ h ” necessita ser calculado empregando processamento computacional de métodos numéricos específicos, isso pois, o mesmo está em função da geometria da superfície e das condições de escoamento.

A Tabela 4 apresenta o coeficiente convectivo para algumas condições ambientais.

Tabela 4: Coeficiente convectivo para algumas condições ambientais. Fonte: Principles of Fire Behavior, J. G. Quintiere.

Condição do Fluido	h (W/m ² °C)
Fluxo normal de ar para cima	5 - 10
Chama superficial turbulenta de líquido inflamável	-20
Vento com velocidade de 2m/s	-10
Vento com velocidade de 35m/s	-75

3.5.3. Radiação

É a energia emitida por qualquer matéria, sólida, líquida ou gasosa que se encontra a uma temperatura não nula. Pode ser atribuída a mudanças nas configurações eletrônicas dos átomos ou moléculas que geram ondas eletromagnéticas que transporta a energia sem necessidade de um meio material. Essas ondas podem ser refletidas ou absorvidas por qualquer superfície e abrange desde os raios ultravioletas a infravermelhos.

Em uma situação de incêndio, a radiação irá incidir em todas as direções. Os materiais expostos às ondas irão absorver o calor fornecido elevando assim a temperatura. Dependendo a intensidade da radiação pode-se causar pirólise ou, até mesmo, atingir o ponto de ignição do material aumentando assim a extensão do incêndio. Outro fator que influi na propagação de um incêndio por radiação é a distancia da fonte de calor e os outros materiais.

Para calcular a taxa de radiação deve-se primeiro calcular o fluxo térmico emitido pela superfície através da Equação 3.5 conhecida como a Lei de Stefan-Boltzmann.

$$E = \varepsilon\sigma T_s^4 \quad (3.5)$$

Onde ε é a propriedade radiante da superfície conhecida como emissividade com valores na faixa de $0 \leq \varepsilon \leq 1$, T_s é a temperatura absoluta e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$).

A Lei de resfriamento de Newton fornece a Equação 3.6 para calcular a taxa de calor irradiado da superfície de uma chama por unidade de área.

$$q'' = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{viz}^4) \quad (3.6)$$

Em uma situação de incêndio, a transferência total de calor de uma superfície em chama para os materiais próximos pode ser calculada pela Equação 3.7.

$$q = q_{conv} + q_{rad} = hA(T_s + T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{viz}^4) \quad (3.7)$$

Pode-se ver essa condição na Figura 20 onde a transferência de calor ocorre simultaneamente por convecção e radiação para a vizinhança.

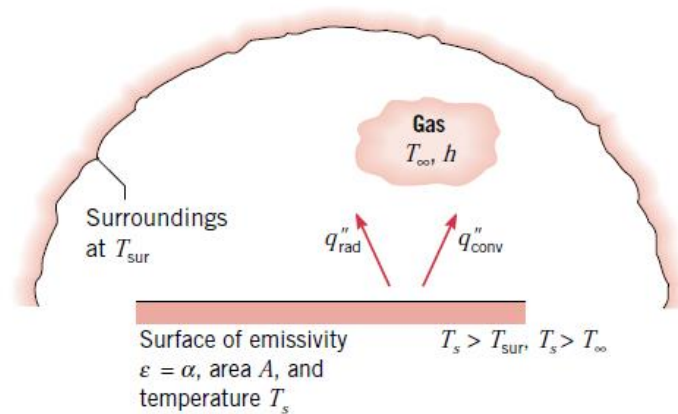


Figura 20: Transferência de calor por radiação em uma vizinhança. Fonte: Incropera.

3.6. Métodos de Cálculo de Perda de Carga

O escoamento interno de fluido através de tubulações sofre influência das paredes, dissipando energia devido ao atrito, este evento ocorre, pois as partículas em contato com a parede adquirem a velocidade da parede, ou seja, velocidade nula, e passam a influir nas partículas vizinhas através da viscosidade e da turbulência, dissipando energia.

As perdas de carga dividiram-se em perda de carga localizada e perda de carga distribuída. Essa divisão ocorre em função das diferenças nos tipos de perda de carga, podendo ser definida em perda de carga distribuída, ao longo de parede de dutos retilíneos, e cargas localizadas, causada pelas peças necessárias para a montagem da tubulação, como válvulas, curvas, reduções, etc.

Ao longo dos anos, muitos métodos foram utilizados para chegar numa aproximação concreta de como as perdas de carga influenciam no rendimento requerido em seus sistemas. Após várias experiências realizadas para o desenvolvimento de fórmulas, destacaram-se os métodos de Moody Rouse e Hazen Williams.

As perdas de carga em geral são expressas pela Equação 3.8:

$$h = \frac{\Delta P}{\gamma} = k \frac{v^2}{2g} \quad (3.8)$$

Onde:

h = Perda de carga [m];

K = Coeficiente de perda de carga;

v = Velocidade média do escoamento no duto [m/s];

g = Aceleração da gravidade [m/s²];

3.6.1. Método de Moody Rouse

Ao analisar-se o perfil de escoamento do fluido ao longo de uma seção da tubulação, é possível através do número de Reynolds (Equação 3.9) determinar se este é laminar ou turbulento.

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad (3.9)$$

Onde:

ρ = densidade do fluido.

v = velocidade do fluido.

D = diâmetro.

μ = viscosidade dinâmica.

A viscosidade é dentre as propriedades do fluido, a mais importante na dissipação de energia. Ela é proporcional à perda de carga, além de sua relação com as forças de inércia, fornecendo assim o número de Reynolds, que está diretamente ligado ao regime do escoamento.

O número de Reynolds tem como referência para o limite de transição entre o escoamento laminar e turbulento, em tubulações de seção circular o valor adimensional de 2400, para regimes com Re menores que este valor, o regime é laminar, em caso de ser superior, o regime é turbulento.

O ábaco no qual o Diagrama de Moody (Figura 21) nos traz informações obtêm-se o valor de f através do valor de e/D (rugosidade relativa do material / diâmetro do material) e do número de Reynolds encontrado pela Equação 3.10. Assim, com todas as informações obtidas, é possível utilizar esta equação para calcular a perda de carga.

$$h = \frac{\Delta P}{\gamma} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3.10)$$

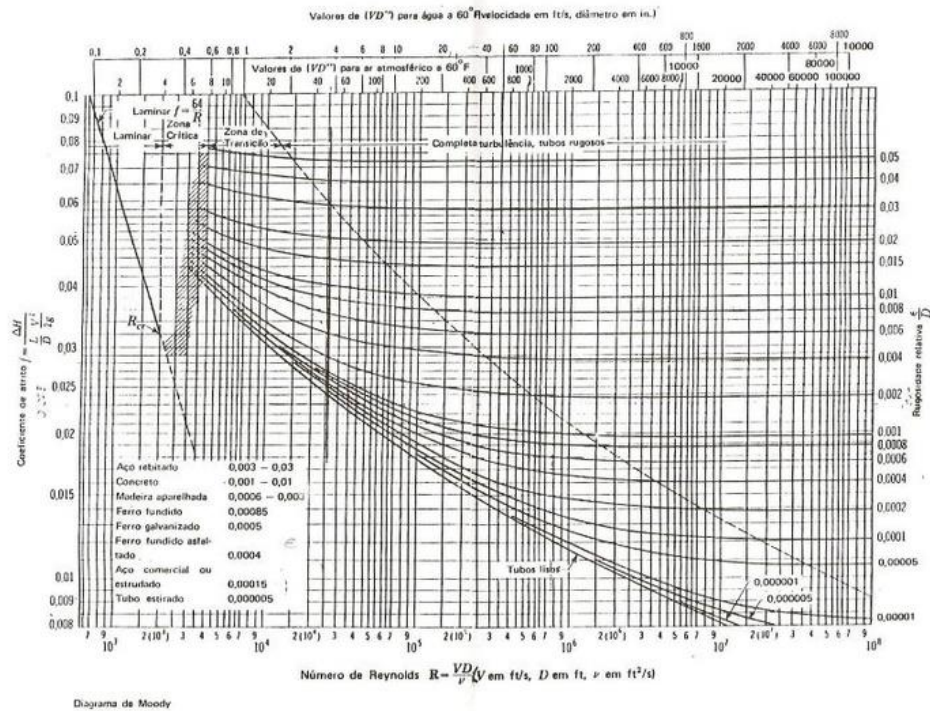


Figura 21: Diagrama de Moody. Fonte: <http://www.ebah.com.br>.

3.6.2. Método de Hazem Williams

Há tempos, pesquisadores procuram estabelecer leis e equações que possam ajudar na determinação dessas perdas de carga. Alguns destes conseguiram credibilidade na aplicação de suas equações.

Para Brentano (2011), para determinar perda de carga distribuída em uma canalização a equação exponencial mais utilizada, com simplicidade de uso e de bons resultados é a equação de Hazen-Williams (Equação 3.11), a mesma também é recomendada pelas Normas Brasileiras (NBR) 10897: 2007 e 13.714: 2010 e pela norma americana, Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio (NFPA) 13:2007.

Segundo Hazen Williams apud Brentano, 2011:

$$J = \frac{10,65 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \quad (3.11)$$

Onde:

J = Perda de carga unitária (mca/m)

Q = Vazão (m³/s);

C = Coeficiente de rugosidade das paredes internas;

d = Diâmetro interno da tubulação (m);

O coeficiente de atrito C (Tabela 5) é constante para determinado tipo de rugosidade das paredes de tubulações e não depende da velocidade do escoamento da água. Quanto mais lisa for a superfície interna da parede da canalização, maior será o valor do coeficiente e consequentemente menor a perda de carga.

Tabela 5: Coeficiente de atrito "C" de Hazen-Williams.

Material da Canalização	Coeficiente de atrito "C"
Ferro fundido sem revestimento interno	100
Ferro fundido com revestimento de cimento	140
Ferro fundido com revestimento de asfalto	140
Ferro fundido com revestimento de epóxi	140
Aço preto (sistema de canalização seca)	100
Aço preto (sistema de canalização molhada)	120
Aço galvanizado	120
Cobre	150
PVC	150
Mangueira de incêndio	140

O método utilizado é dos comprimentos virtuais ou equivalentes onde cada peça ou conexão equivale a uma perda de carga igual a que produziria o comprimento da tubulação de mesmo diâmetro, após encontrar todas as perdas de carga equivalente para cada peça ou

conexão, soma-se o comprimento equivalente com o comprimento real, que será utilizado como se tivéssemos apenas o comprimento das tubulações.

3.7. Bombas Centrífugas

É um tipo de bomba em que o método de transferência de energia mecânica para o fluido é feito pela forma de energia cinética. Assim, transforma a energia cinética em energia potencial, de pressão, executando assim, sua principal característica. Esta transformação é realizada pelo movimento rotacional de um rotor inserido no corpo da bomba (carcaça).

Segundo Brentano (2011), considera-se mais indicadas para combate a incêndio, as bombas centrífugas puras ou de escoamento radial, pois são compactas, confiáveis, seguras de fácil manutenção e podem ser acionadas tanto por motores elétricos como por motores de combustão interna.

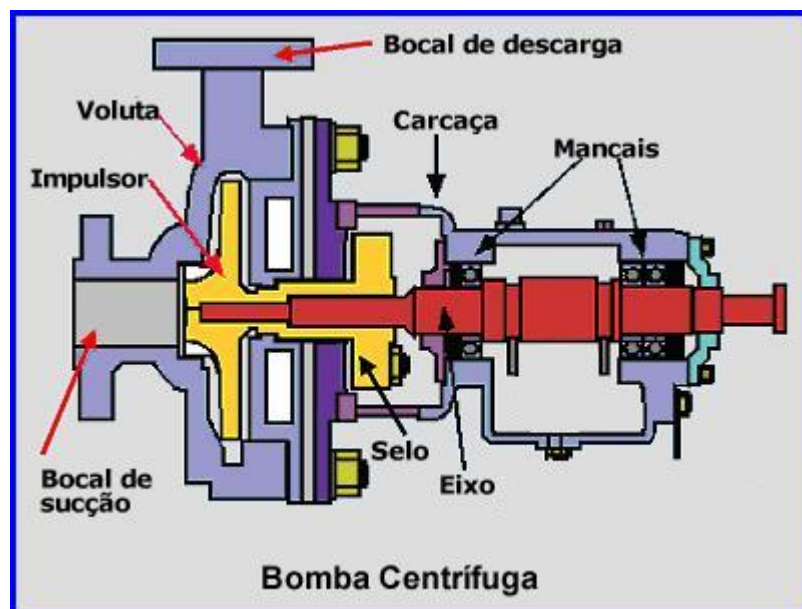


Figura 22: Componentes de uma bomba centrífuga. Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1771588/>.

3.7.1. Componentes Bombas Centrífugas

3.7.1.1. Rotor

O rotor é o componente giratório conforme mencionado acima, dotado de pás que tem a função de transformar a energia mecânica de que é dotado em energia de velocidade e energia de pressão.

3.7.1.2. Carcaça

A carcaça é o componente responsável pela contenção do fluido bombeado bem como, sob certo aspecto, provê oportunidade para a conversão de energia cinética do fluido em energia de pressão, passo fundamental para o bombeamento.

A carcaça em voluta é o tipo mais usual, sendo utilizada predominantemente em bombas de simples estágio. A voluta tem por função primordial coletar o fluido que sai na periferia do impelidor e orientar seu caminho até a saída a bomba.

3.7.1.3. Eixo

A função básica do eixo é transmitir o torque na partida e durante a operação, assim como suportar o impelidor e outras partes rotativas, devendo trabalhar sempre com deflexão menor que a folga mínima entre as partes rotativas e estacionárias. Assim sendo, no seu projeto, é levada em consideração a deflexão máxima permissível, o vão ou balanço, a localização das cargas, rotação, o torque a ser transmitido, as características do material e a velocidade crítica resultante.

3.7.1.4. Mancais

Os mancais têm por função manter o correto alinhamento do conjunto rotativo em relação às partes estacionárias, sob a ação de cargas radiais e axiais. Fundamentalmente, os mancais destinados a adequar o posicionamento axial é função dos mancais axiais. Na realidade, em várias aplicações, os mancais axiais atuam com ambas as funções.

3.7.1.5. Voluta

É responsável pela contenção do fluido bombeado bem como provê oportunidade para a conversão da energia cinética contida no fluído em energia de pressão, passo fundamental para o bombeamento.

3.7.1.6. Selo mecânico

São constituídos de superfícies polidas que são mantidas em contato através de molas. Evitam o vazamento do fluido bombeado para o meio externo da bomba.

3.7.1.7. Bocal de Sucção

Componente por onde o fluido entra na bomba. A pressão manométrica neste bocal pode ser superior ou inferior a atmosférica.

3.7.1.8. Bocal de Descarga

Componente de descarga do fluido ou saída da bomba, é por onde o sistema é alimentado.

3.7. Proteção Contra Incêndio

Conforme apresentado anteriormente, o incêndio se propaga em virtude da transmissão de calor e a melhor forma de extinguir sua existência ou propagação é quebrar o ciclo de fogo (Tetraedro do Fogo). Quebra-se esse ciclo retirando um dos lados desse tetraedro.

Em uma situação de incêndio, a primeira ação seria retirar a fonte de combustível isolando a área do evento de outras áreas com combustível ou cortando o fornecimento de combustível. A segunda ação é o combate propriamente dito e pode atuar em dois lados do tetraedro separadamente ou ao mesmo tempo. A primeira vertente é a retirada de calor (resfriar) da área do evento, se faz isso utilizando água. A segunda vertente retira o comburente (abafamento) da área com o emprego de agentes químicos (PQS) ou espuma. Vale ressaltar que as duas vertentes possuem sistemas fixos e móveis, porém, por questão de loja e custo, os sistemas fixos são comumente projetados para utilizar água e se necessário são incorporados sistemas móveis com agentes químicos.

3.7.1. Sistemas Móveis.



Figura 23: Extintores. Fonte: <http://www.azaextintores.com.br/>

São aparelhos portáteis compostos por recipiente e acessórios (mangueira, manômetros, entre outros) conforme apresentado na Figura 23, que contem um agente extintor. São utilizados para auxiliar no combate de princípios de incêndio e necessitam de treinamento básico para sua operação por serem de fácil manejo.

Seu uso deve estar de acordo com a norma da ABNT NBR 12693, que divide os extintores em dois grupos (Portáteis e Sobre Rodas) e estabelece o escopo para projeto de utilização desses equipamentos. A seleção dos extintores deve ser determinada com atenção ao foco e tamanho do fogo esperado, tipo de construção e sua ocupação, risco a ser protegido, condições de temperatura ambiente e outros fatores.

Outros pontos que devem ser considerados no emprego de extintores são:

- Eles devem estar presentes mesmo que o local esteja equipado com sistemas fixos de combate a incêndio;
- No mínimo 50% do número total de extintores devem ser constituídos de extintores transportáveis;
- Os extintores deve ter capacidade extintora mínima exigida para cada ambiente e devem obedecer ao risco de incêndio do ambiente;
- Os extintores sobre rodas são complementares aos extintores portáteis;
- A distancia máxima a ser percorrida definida por norma da ABNT NBR 12693 deve ser obedecida;
- Não pode ser utilizada a soma de capacidade dos extintores menores para atender as exigências mínimas.

Para se escolher o extintor correto a ser utilizado deve-se conhecer a carga de incêndio para definir o tipo de risco e assim encontrar dados como distância percorrida e capacidade extintora.

A capacidade extintora define o tamanho do fogo e a classe de incêndio que os extintores devem combater e é definida por ensaio prático normalizado realizado por cada fabricante.

Para extintores Classe A o ensaio segue a norma da ABNT NBR 9443 onde os testes são realizados em engradados de maneira, sob condições laboratoriais, conforme Figura 24.

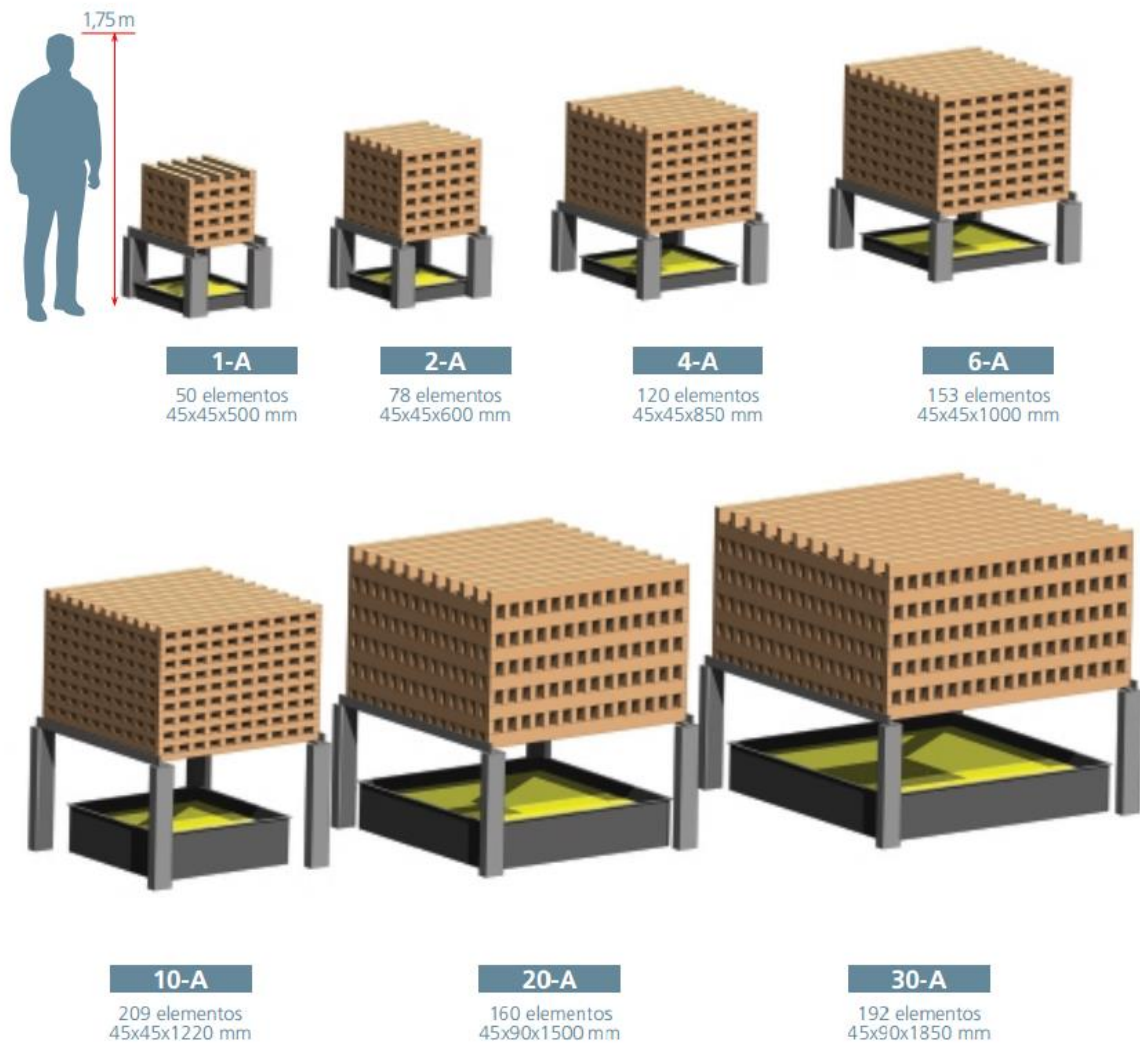


Figura 24: Teste de Capacidade Extintora Classe A. Fonte: ABNT NBR 12693.

Para extintores de Classe B o ensaio segue a norma da ABNT NBR 9444 com testes realizados em cubas quadradas, sob condições laboratoriais, contendo n-heptano conforme Figura 25.

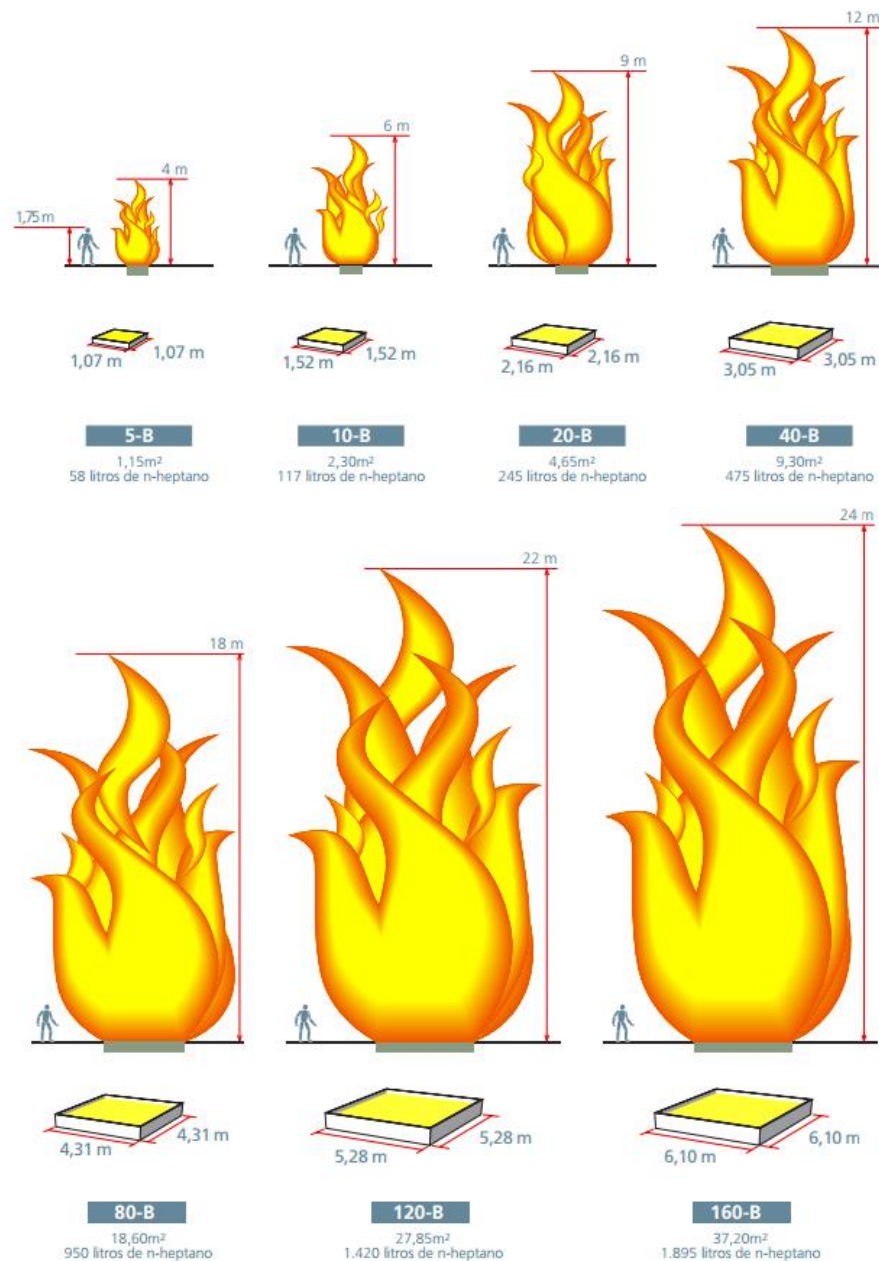


Figura 25: Teste de Capacidade Extintora Classe B. Fonte: ABNT NBR 12693.

3.7.2. Sistemas Fixos

São sistemas que atuam quando o incêndio atinge proporções que os sistemas móveis não possuem mais efetividade. Esses sistemas podem ser manuais ou automáticos dependendo de sua aplicação.



Figura 26: Sistema de nebulização de tanques GLP. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=vyE8KODiSV0>.

Os sistemas fixos podem ser do tipo hidrantes, mangotinhos, chuveiros automáticos, sistemas de aplicação de gás FM 200, CO₂ ou espuma entre outros. Esses sistemas são projetados para combater incêndios em produtos específicos ou condições específicas reguladas por normas.

A instalação de sistemas fixos de combate a incêndios não pode substituir totalmente a utilização dos extintores, isto é, independente do tipo de sistema fixo projetado, deve-se também prever a instalação dos extintores (CBPMESP, 2001). Para a operação desses sistemas é necessário uma equipe de Brigada para acionar, operar e desligar quando necessário.

Sistemas de hidrantes são mais amplamente utilizados em setores industriais onde se faz necessário cobrir grandes áreas. Segundo a norma da ABNT NBR-13714, os hidrantes são pontos de tomadas de água com saídas simples ou duplas, com válvulas angulares com seus respectivos equipamentos.

Os hidrantes são compostos por abrigos, lances de mangueiras, esguichos Agulheta ou Vazão Regulável (VR) e chaves de mangueira (Figura 27). Todos os equipamentos deverão ser dotados de uniões de engate rápido, com objetivo de facilitar e agilizar as manobras de montagem e desmontagem do sistema (CBPMESP, 1997).



Figura 27: Esguicho agulheta, esguicho VR, chave de mangueira e conexões de engate rápido. . Fonte: Manual Básico de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do distrito federal, 2006.

Outro sistema empregado, principalmente na indústria de combustível, são os aspersores ou nebulização. Esse sistema é equipado com sprinklers abertos que dispersão a água quando aplicada pressão conforme demonstrado na Figura 26.

Para controle desse sistema faz-se necessário o emprego de válvulas dilúvio (Figura 28) que mantem a tubulação seca até o momento de sua abertura. Essas válvulas podem ser acionadas automaticamente ou através de comandos hidráulicos.



Figura 28: Exemplo de válvula dilúvio. Fonte: <http://www.sipec.com.br>.

Essas válvulas dilúvio também são utilizadas para o controle de acionamento do canhão monitor (Figura 29) fixo a rede de incêndio.



Figura 29: Exemplo de canhão monitor. Fonte: Catálogo SECUR.

Todo sistema deve possuir um sistema de abastecimento externo denominado registro de recalque (Figura 30), que poderá ser subterrâneo protegido com tampa metálica normalmente localizado no passeio em frente à localidade ou hidrante instalado próximo os limites da propriedade e de fácil acesso aos bombeiros. O recalque irá permitir aos bombeiros ampliar ou abastecer a reserva de água para combates longos.

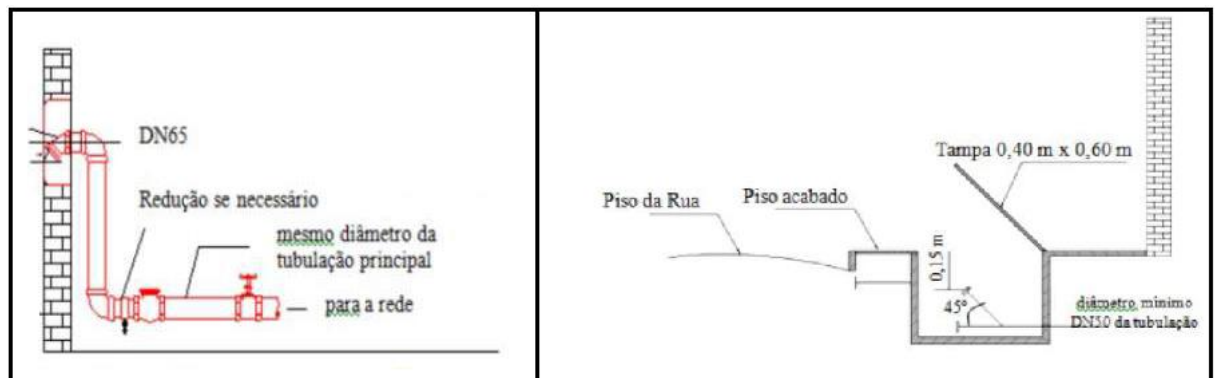


Figura 30: Exemplos de Registro de Recalque. Fonte: ABNT NBR 13714.

3.8. Brigada de Incêndio.

A brigada de incêndio é um grupo organizado de pessoas, preferencialmente voluntárias ou indicadas, treinadas e capacitadas para atuar na prevenção, no auxílio da saída com segurança das pessoas, na prestação dos primeiros socorros e no combate a um princípio de incêndio.

As principais funções de uma brigada de incêndio, nesta ordem de prioridade, são:

1. Orientar e ajudar na saída com segurança das pessoas que ocupam a planta;
2. Prestar os primeiros socorros;
3. Combater o foco de fogo para proteger a vida humana e a propriedade;
4. Avisar, receber e orientar o corpo de bombeiros para o acesso ao local do fogo.

A brigada deve ser organizada, como segue:

- Brigadistas: Membros da brigada de incêndio;
- Líder: Brigadista responsável pela coordenação e execução das ações de emergência em sua área de atuação;
- Chefe de brigada: Brigadista responsável pela coordenação e execução das ações de emergência de determinada edificação;
- Coordenador geral: Brigadista responsável pela coordenação e execução das ações de emergência de todas as edificações que compõem uma planta.

As atribuições dos brigadistas são:

- Exercer a prevenção de acordo com os planos existentes;
- Conhecer os riscos de incêndios da edificação;
- Conhecer as rotas de saída da edificação;
- Conhecer todas as instalações da edificação;
- Conhecer os locais de alarme de incêndio e o princípio de acionamento do sistema;
- Conhecer o princípio de funcionamento de todos os sistemas de combate a incêndios;
- Verificar as condições de operacionalidade dos equipamentos de combate a incêndios e de proteção individual;
- Promover medidas de segurança;
- Combater princípios de incêndio;
- Efetuar salvamento;
- Realizar inspeções periódicas;
- Atender as ocorrências de sinistros imediatamente a qualquer chamada;
- Agir de maneira rápida, enérgica, convincente em situações de emergência.

3.9. Plano de Emergência Contra Incêndio.

Para um combate eficaz é importante que a brigada de incêndio seja realmente atuante e haja treinamento para que os ocupantes saibam como proceder numa situação de emergência. Para isso, há a necessidade do estabelecimento de um plano para uma situação de emergência, com os ocupantes, brigada de incêndio e corpo de bombeiros atuando de forma conjunta para a desocupação segura e tranquila da base, bem como o combate rápido e efetivo ao foco de fogo. O fator tempo é fundamental numa emergência de incêndio, e ter um plano estabelecido para esta situação reduz enormemente o tempo efetivo de ação.

O plano de emergência contra incêndio é baseado na norma NBR 15219, que tem como objetivo, uniformizar as ações de combate através da adoção de padrões mínimos necessários. Ficando sob responsabilidade da empresa a adição de ações complementares de acordo com suas necessidades e/ou riscos envolvidos.

A elaboração do plano deve ser escrita por profissional habilitado, levando-se em consideração os seguintes fatores:

- Localização;
- Construção;
- Ocupação;
- População;
- Característica de funcionamento;
- Pessoas portadoras de deficiência;
- Outros riscos específicos inerentes à atividade;
- Recursos humanos;
- Equipamento de combate a incêndios existentes.

Após o levantamento técnico o profissional habilitado deve realizar uma análise de riscos com o objetivo de minimizar e/ou eliminar todos os riscos existentes. É importante considerar na elaboração do plano outras formas de proteção já existentes, como explosões, vazamentos, etc.

Capítulo 4

Desastres

Conhecer e entender como ocorreram os acidentes é importante para que se possam tomar ações que venham a mitigar a possibilidade de novos eventos. Há um grande número de acidentes industriais, comerciais e residências, porém, os casos apresentados adiante representam marcos no qual novos conhecimentos, sistemas e processos surgiram decorrentes de seus acontecimentos.

4.1. 1966 – Refinaria de Feyzin – França

A refinaria de Feyzin tinha capacidade de processamento de cerca de 2 milhões de toneladas de petróleo por ano. Trabalhavam em média 250 pessoas, os limites da refinaria ficava a 300 metros de áreas residências e a 43 metros de uma autoestrada.

No dia 4 de janeiro de 1966, ocorreu um vazamento de grandes proporções de GLP. O vapor resultante do vazamento se espalhou rapidamente e houve ignição iniciando o incêndio que resultou no BLEVE de duas esferas de 1200 m³ que afetaram a estrutura de mais 3 esferas que não explodiram mas romperam. A Figura 31 mostra a esfera em chamas.



Figura 31: Esfera de 1200m³ em chamas. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

A investigação do acidente indicou que durante um procedimento de rotina de retirada de amostras, uma série de manobras e ações erradas resultaram no vazamento descontrolado de gás que encontrou uma fonte de ignição, provavelmente um carro que transitava em uma estrada fora do perímetro da refinaria. O alarme foi acionado e os bombeiros prontamente iniciaram o combate ao incêndio, porém os mesmos não foram treinados para controlar um evento BLEVE. Enquanto resfriavam as esferas próximas, a esfera incendiada explodiu iniciando assim um efeito dominó que resultou na explosão de uma segunda esfera e no vazamento de outras três que foram afetadas pelo impacto da explosão.

O incêndio levou 48 horas para ser controlado resultando na morte de 15 pessoas e 81 feridos. A Figura 32 apresenta uma vista geral após a extinção das chamas e a Figura 33 mostra que os danos foram além das esferas.



Figura 32: Esferas após o incêndio. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

A Figura 33 mostra que os danos foram além das esferas, as tubulações foram severamente afetadas.



Figura 33: Tubulações após o incêndio. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

A partir deste evento algumas mudanças foram necessárias:

- Definição de uma nova classificação de hidrocarbonetos liquefeitos abrangendo os critérios de ignição, condições de armazenamento e manuseio;
- O efeito BLEVE passou a ser estudado e melhor compreendido o que resultou em melhores projetos para as estruturas de apoio das esferas;
- Revisão dos procedimentos operacionais e melhoria dos treinamentos;
- Definidas novas regras de projeto e procedimentos de combate a incêndio para instalações de armazenamento de hidrocarbonetos liquefeitos;
- Foram estabelecidas regras de localização e distancias a serem respeitadas;
- Definição de novas regras para equipamentos de armazenamento, incluindo uma linha de purga e válvulas de segurança.

4.2. 1972 – Refinarias de Duque de Caxias (REDUC) – Brasil

Em atividade desde 1961, a Refinaria de Duque de Caxias é a maior e mais complexa unidade de refino de petróleo do país, contando, hoje, com um portfólio de 55 produtos. Possui uma área total de 13 km² que abriga 43 unidades de processos.

Em seus anos de existência, a REDUC, viveu alguns acidentes, porém o maior de sua história aconteceu no dia 30 de março de 1972 onde um incêndio teve início em uma das esferas de armazenamento de GLP após um grande vazamento. Após quase oito horas de intenso combate a esfera, a qual o incêndio estava restrito, explodiu (BLEVE) gerando uma bola de fogo que alcançou aproximadamente 300 metros e afetou outras duas esferas que viriam a explodir nas próximas duas horas. A partir da terceira explosão o combate às chamas se tornou insustentável obrigando os bombeiros a abandonar o local devido à possibilidade de novas explosões.

O vazamento começou durante uma operação de rotina para drenagem de água. A água se acomoda no fundo dos reservatórios, assim para drenar é aberta uma válvula de fundo por onde a água flui. Essa operação termina no momento em que para de sair água e começa a sair gás. Porém, neste dia, o operador abriu a válvula de fundo e foi lancar, a água toda saiu e começou então a vazar gás. Percebendo o vazamento, o operador retornou e tentou fechar a

válvula, porém, devido à vaporização do gás a válvula congelou e o operador não conseguiu fechar a válvula.

Um ex-funcionário relatou que o gás encontrou ignição quando um vigilante passou de carro fumando dando início ao incêndio (versão não confirmada pela Petrobras). O vazamento iniciou às 17h do dia 29 e só encerrou quando todo o combustível foi consumido.

Foram confirmadas 42 mortes e aproximadamente 40 feridos, porém, ex-funcionários afirmaram que foram mais de 70 mortes e que a realidade do acidente foi encoberta pela ditadura vigente na época.

A Figura 34 mostra como ficou o parque de armazenamento após a extinção das chamas.



Figura 34: Parque de armazenamento após o incêndio. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

Esse evento só não teve proporções piores, pois o operador José Augusto V. Valente, subiu na esfera para abrir a válvula de segurança, evitando assim que a explosão fosse horizontal, o que poderia ter atingido outras áreas com outros combustíveis e residências.

Mesmo com esse ato heroico, a explosão ainda teve força o suficiente para arremessar projeteis a mais de 1 km. A Figura 35 mostra o tampão da esfera que foi arremessando a mais de 1 km do local da explosão.



Figura 35: Tampão da esfera arremessada pela explosão. Fonte: <http://inspecaoegipto.blogspot.com.br>.

Os bombeiros envolvidos no acidente relataram que o incêndio tomou uma proporção tão grande que a vazão de água do sistema de combate a incêndio não foi o suficiente para resfriar os outros reservatórios culminando assim nas duas explosões subsequentes.

A partir desse acidente algumas medidas foram tomadas:

- Refrigeração no topo da esfera com distribuidor tipo chapéu de bruxa e no terço inferior com sistema de chuveiros;
- Adoção de duplo bloqueio para as válvulas de fundo com sistema de steam-tracing para aquecê-las em caso de congelamento;
- Sistema de drenagem com tubulação fixa, com duas válvulas de bloqueio com comando à distância.
- Sistema de injeção de água pelo fundo dos tanques de armazenamento de combustíveis.

4.3. 1982 – Instalação de Armazenamento e Distribuição de GLP - México

No subúrbio da Cidade do México, em uma área conhecida como San Juan Ixhuatepec, mais conhecida como San Juanico, aconteceu o maior acidente já registrado com uma planta de armazenamento e distribuição de GP. O acidente foi tamanho que não se tem o

numero exato de mortos, estimado entre 500 e 600 pessoas, e feridos, estimado entre 5000 e 7000 pessoas.

Este terminal pertencente a multi-estatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) era abastecido por três refinarias e tinha uma capacidade de armazenamento de 48 tanques verticais de tamanhos variados e 6 esferas (quatro com capacidade de 1.600 m³ e duas com capacidade de 2.400 m³). No dia do acidente, estavam estocados 11000 m³ de GLP.

O inquérito desse acidente não apresentou informações conclusivas dado a forma e a destruição resultante. Durante um processo de bombeio, foi notada uma queda de pressão pela equipe da sala de controle e por um operador em uma estação de bombeio, porém os operadores não conseguiram identificar a causa da queda de pressão. Ao que tudo indica, uma tubulação de oito polegadas rompeu liberando o gás no ambiente. O bombeio continuou por mais 3 horas até que o gás encontrou uma fonte de ignição.

A primeira explosão foi registrada as 05h 44min 52s, e foi de tamanha violência que foi registrada pelo sismógrafo da Universidade do México. Após a primeira explosão, mais 12 explosões ocorreram dentro de um período de uma hora e meia. A Figura 36 mostra duas das seis esferas em chamas e alguns tanques verticais atingidos pelas explosões.



Figura 36: Parque de armazenamento em chamas. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

As explosões destruíram as instalações arremessando projéteis a um raio de 1200 metros, devastando parte do subúrbio de San Juanico. A 400 metros da área de armazenamento a destruição foi extrema, grande parte das residências foram incineradas e a outra parte foi destruída pelas ondas de impacto e projéteis arremessados, conforme se pode ver na Figura 37. Ao total, cinco quarteirões foram varridos pelo fogo.

Este acidente ocorreu e teve essa dimensão por uma série de fatores:

- Sabe-se que a tubulação colapsou, porém não se sabe se foi devido a efeitos de corrosão ou mau dimensionamento;
- Falha do plano de emergência local;
- Layout da instalação inadequado às normas. Distanciamento entre reservatórios, distanciamento entre os reservatórios de demais áreas;
- A unidade foi instalada, inicialmente, em uma área não povoada e durante os anos de sua existência as autoridades permitiram que essas áreas fossem ocupadas;
- Sistema de pulverização de água ineficaz;
- Sistema de alarmes e sistema de água foi destruído na primeira explosão. Evidenciando mais um problema de layout;
- Falta de um sistema eficaz de detecção de vazamento.

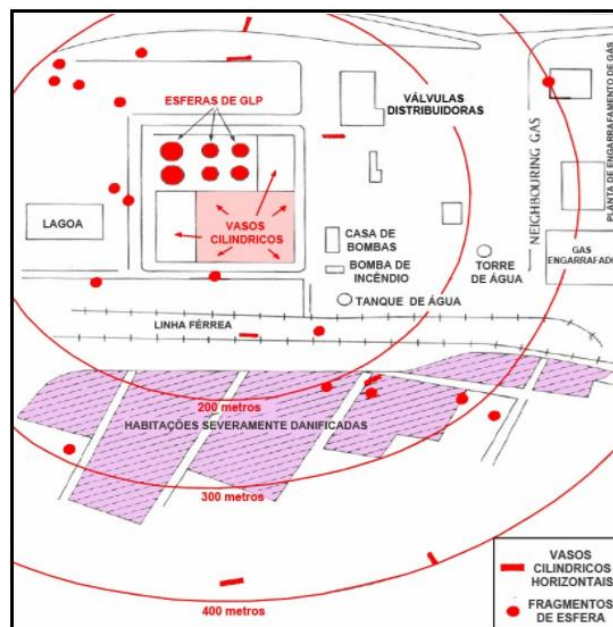


Figura 37: Raio de destruição da explosão. Fonte: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br>.

Diferente dos outros dois acidentes relatados nesse trabalho, este acidente não trouxe melhoras resultante de sua ocorrência. A análise desse acidente indica que as normas definidas não foram atendidas na instalação em questão. As normas foram definidas com o intuito de prevenir ou reduzir os impactos resultante de incêndios, essas normas foram definidas a partir de estudos e outros acidentes e a não atenção a suas definições podem gerar efeitos catastróficos.

Capítulo 5

Premissas de Projeto

A construção desse trabalho é baseado em um cenário hipotético que fornecerá os dados necessários para definição dos parâmetros do projeto, normas aplicadas e legislação.

5.1. Cenário hipotético

Uma empresa fictícia distribuidora de GLP, de nome DDG Gás, possui uma parcela do mercado de distribuição de GLP a granel na cidade A e região. Atualmente para abastecer essa demanda a empresa compra GLP a granel de uma congênere localizada na cidade B a 30 km de distancia. O deslocamento diário encarece o custo operacional da empresa além de impedir a aderência de novos clientes devido à capacidade de abastecimento disponível e a logística de abastecimento proposta pela congênere que só abastece os carros da DDG Gás após abastecer todos os seus próprios.

Com o objetivo de reduzir os custos operacionais, ampliar sua influencia na região para 300 toneladas mês e proporcionar um serviço de abastecimento mais eficiente aos clientes, a diretoria da DDG Gás decidiu reativar uma unidade avançada de distribuição a granel na cidade A que está fora de operação a mais de 10 anos.

Atualmente a unidade é utilizada como depósito de vasilhames transportáveis e garagem dos auto tanques utilizados para abastecer a região. Os vasilhames transportáveis serão diluídos nas filiais da região e a unidade será exclusivamente para distribuição a granel. Todo o sistema de combate a incêndio da unidade está desatualizado em relação às normas vigentes, para isso será necessário uma reforma completa visto que a norma da ABNT NBR 15186 estabelece que, em caso de reativação, todo o sistema de segurança seja atualizado ou refeito seguindo a norma vigente.

Portando, para reativação, deverá ser feito um novo projeto do sistema de combate a incêndio que englobe todos os requisitos necessários para garantir a segurança total da unidade.

5.2. Planta Base

A unidade possui 7200 m² e a distribuição do terreno esta representada na Figura 38 que apresenta a planta de situação.

Nos anexos desse trabalho está o desenho de situação da unidade com as informações específicas de cada ponto.

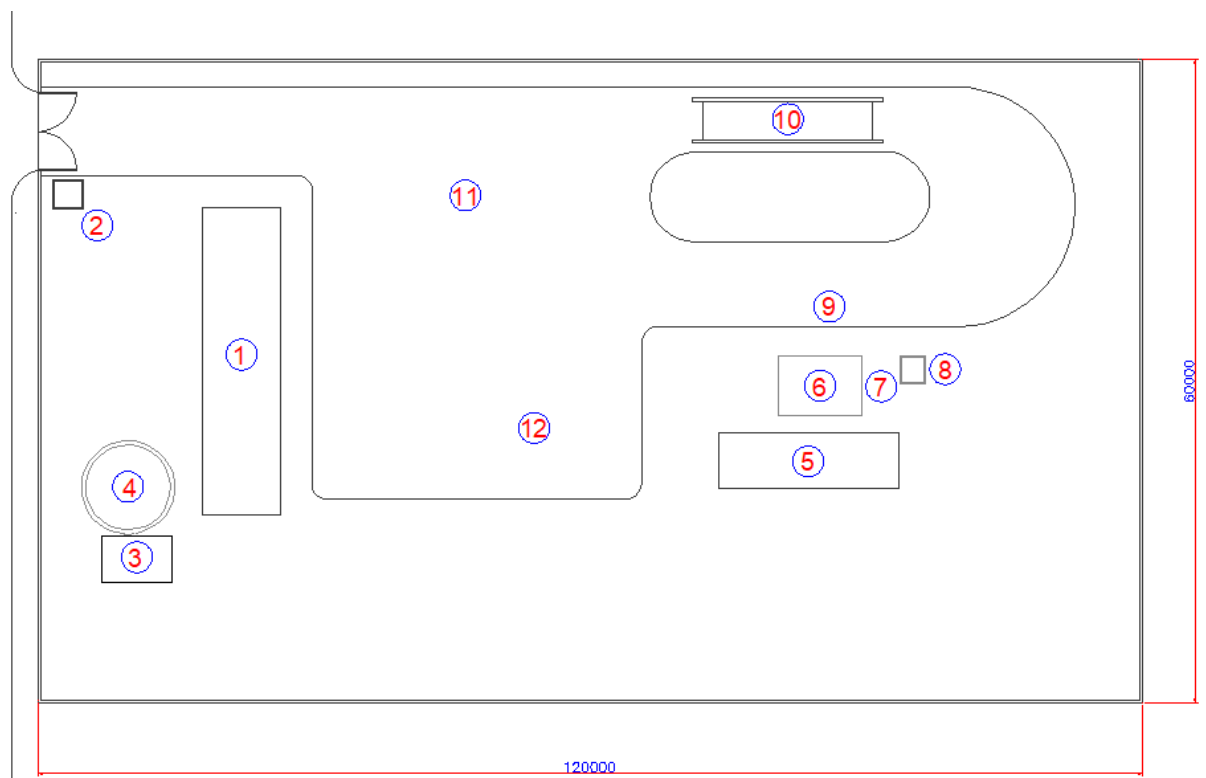


Figura 38: Planta de situação. Fonte Própria.

- Prédio para atividades administrativas (1);
- Portaria (2);
- Sistema de Combate a Incêndio (3 e 4);

- Sistema de manipulação e transferência de GLP (5, 6, 7, 8 e 9);
- Balança Rodoviária (10);
- Pátio de Manobras (11 e 12).

As adequações que envolvem construção civil não serão apresentadas nesse trabalho, serão apresentadas apenas as necessidades estabelecidas pelo dimensionamento do sistema segundo norma da ABNT NBR 15186.

5.3. Logística

O mercado de GLP possui duas características fundamentais que impactam diretamente nas estratégias de investimentos adotados pelas empresas do setor. A primeira é que a margem de lucro é muito baixa devido a sua matéria – prima ser responsável por mais de 70% do seu custo. A Segunda é que a concorrência entre as empresas faz com que atender o cliente de forma rápida, eficiente e com baixo custo seja a diferença entre lucro e prejuízo.

Dito isso, a melhoria dos processos logísticos tem importância fundamental em uma empresa que busca aumentar sua influencia em determinada região com o máximo de lucro. Para enxergar essas possibilidades de melhoria em seus processos logísticos e direcionar melhor seus investimentos e esforços, as empresas lançam mão de ferramentas administrativas como o Value Stream Mapping (VSM) ou Mapeamento de Fluxo de valor.

Essa ferramenta permite mapear toda a operação e identificar pontos de melhoria que agregam valor ao seu produto ou processo pela ótica do cliente e dessa forma ajudam a justificar com uma metodologia de análise os investimentos. Definir as estratégias a serem adotadas por essa ótica é de suma importância, visto que, segundo estudos feitos pelo Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (SINDIGÁS), o prazo de tolerância para entrega do produto é de 17 min, em média. Se a espera for maior o cliente compra de outro revendedor.

Como dito no item 5.1 deste capítulo, a empresa busca melhorar seus custos operacionais na região da cidade A com a possibilidade de ampliar sua influencia. Foi realizado o VSM do estado atual e futuro e identificado os pontos de ganhos e melhorias com o investimento que será realizado.

5.3.1. VSM Estado Atual

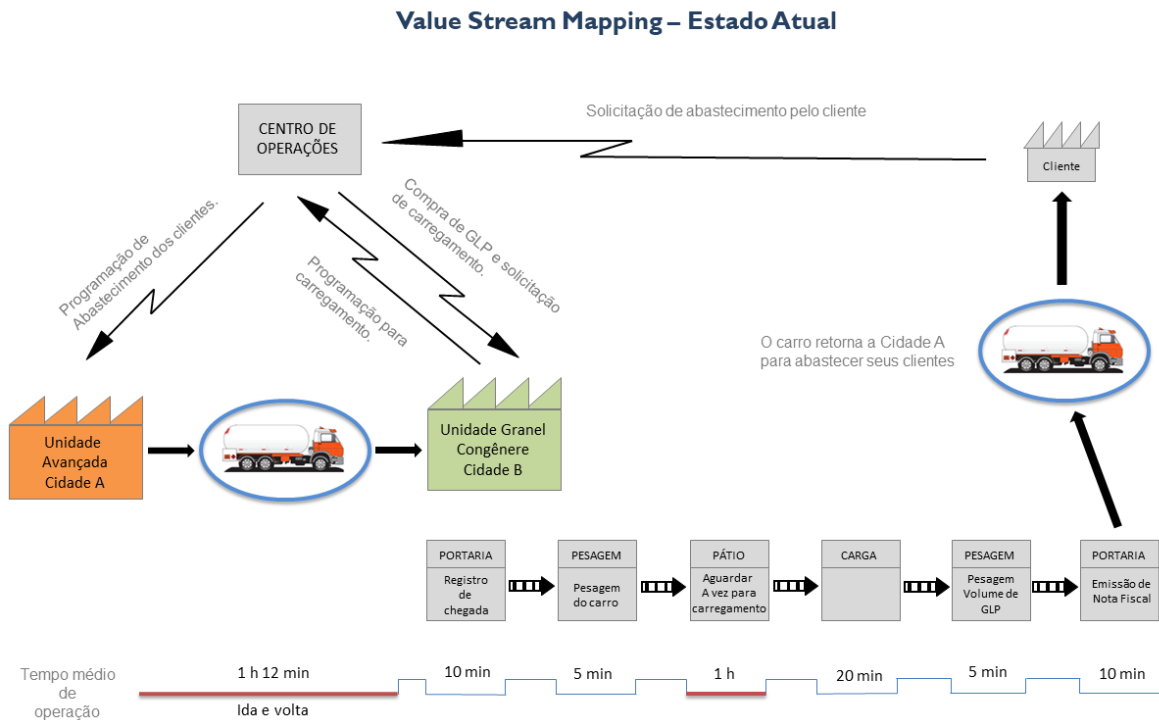


Figura 39: VSM Estado Atual. Fonte: Própria.

A Figura 39 está apresentando toda a operação que é realizada atualmente, desde o fluxo de informações entre cliente, central de operações, unidade avançada e congênere até os tempos de deslocamento e carregamento dos auto tanques.

O fluxo de informações ocorre no dia anterior ao abastecimento, assim o tempo para transito dessas informações não fica contabilizado no quadro geral.

O VSM da situação atual nos permite chegar as seguintes conclusões:

- O tempo de preparo de cada auto tanque é de 3 horas e 2 minutos considerando deslocamento e processo de carga. Ou seja, cada auto tanque só estará disponível para percorrer a sua rota após esse tempo.
- As pontos que mais impactam no tempo são os deslocamentos de ida e volta para a Cidade B para abastecimento e o tempo de espera para carregamento. A velocidade permitida do auto tanque é de 50 km/h e os carros só são carregados

após todos os carros da congênera serem carregados. Foi adotado que a congênera carrega pelo menos 3 carros antes de iniciar a carga dos carros da empresa DDG.

- Se a operação começa às 7 horas da manhã, isso significa que os auto tanques da DDG só irão iniciar suas rotas de abastecimento após as 10 horas o que, pela ótica do cliente, conforme apresentado acima, é um ponto negativo principalmente para restaurantes que necessitam iniciar suas atividades de cocção dos alimentos antes do horário do almoço.
- Além das rotas, cada carro se desloca 1320 km a mais por mês aumentando assim depreciação do equipamento.
- Matéria-prima mais cara para a empresa, redução da margem de lucro, devido à bitributação gerada pela compra em uma congênera e não direto do produtor.
- Absorção de novos clientes limitada a capacidade de revenda da congênera.

5.3.2. VSM Estado Futuro

O objetivo do estado futuro é desenhar um processo mais eficiente que traga melhorias nos pontos destacados no item anterior. Assim, na nova logística, os problemas devem ser sanados ou mitigados ao ponto que não sejam tão significativas.

Dessa forma a Figura 40 apresenta o estado futuro com as seguintes melhorias:

- Redução de 72% no tempo de liberação dos auto tanques para as rotas de abastecimento, o tempo passou a ser de apenas 50 min.
- O deslocamento dos auto tanques fica limitado apenas as rotas, aumentando assim a vida útil do equipamento e custos com manutenção.
- Iniciando no mesmo horário que a situação anterior, os clientes passam a ser atendidos a partir das 8 horas.
- Possibilidade de absorção de novos clientes. Logística descongelada.
- Redução média de 16% do custo de matéria-prima. Com a reativação da unidade a empresa passaria a bastecer a unidade através de carretas de 40 toneladas enviadas de sua cede a 200 km de distancia. Dessa forma o custo empregado seria o valor do transporte mais o valor de compra do GLP direto do fornecedor. Os valores

praticados pelo mercado variam de região para região e cliente para cliente e de empresa para empresa, porém a média de variação fica em torno de 16%.

- Melhor controle do processo, visto que nessa situação todo o processo está sobre responsabilidade e gerenciamento da empresa não envolvendo decisões de terceiros.

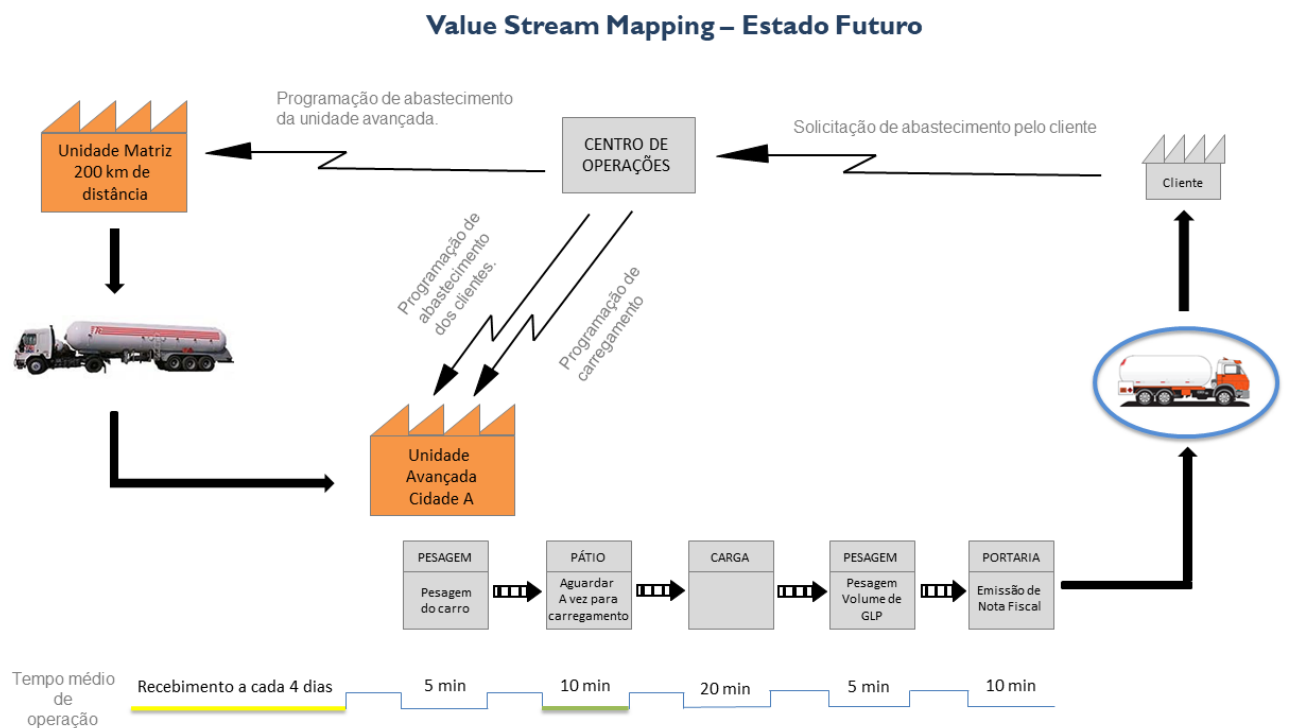


Figura 40: VSM Estado Futuro. Fonte: Própria

5.4. Análise de Custos

O projeto apresentado neste trabalho será tratado como Capital Expenditure (CAPEX) que representa um investimento em bens de capital. Para dar início ao projeto deverá ser feita uma estimativa de custo do projeto, essa estimativa será a base para aprovação e abertura do CAPEX.

A estimativa pode ser feita com foco em orçamentos solicitados, similaridade com outros projetos ou experiência dos envolvidos. No caso desse trabalho foram utilizadas cotações e a pesquisa feita com profissionais da área.

Um projeto dessa dimensão pode envolver mais de três empresas de áreas diferentes para sua concretização. Dessa forma, para uma melhor estimativa o projeto foi estratificado em três partes principais.

1. Projeto Mecânico

- O projeto pode ser confeccionado por uma equipe de projetistas da empresa, caso a mesma possua, ou pode-se contratar uma empresa especializada em projetos mecânicos.
- Atualmente as empresas preferem terceirizar esse processo devido ao melhor custo benefício. Dessa forma, será adotado que foi realizado a contratação de uma empresa para realizar a confecção do Projeto Mecânico.

Custo estimado: R\$ 35.000,00

2. Contratação de Mão-de-obra (Empreiteira)

- Para execução da obra será necessário profissionais capacitados que tenham todos os treinamento e registros em processos de soldagem, tratamento e pintura de tubulações. Novamente, é preferível contratar uma empreiteira que possua todos os profissionais necessários para a execução da obra.

Custo estimado: R\$ 200.000,00

3. Consumíveis e Equipamentos.

- Nos desenhos de técnicos do sistema estão informados os materiais consumíveis e equipamentos necessários para construção do mesmo.

○ Consumíveis

Na compra dos consumíveis, a empresa pode ter duas abordagens.

- Dar abertura ao processo de orçamento e comprar todo o material;

- Negociar com a empresa executante (empreiteira) um contrato de fornecimento de material.

Para esse projeto, definiu-se que executar um contrato de fornecimento de material com a empreiteira.

Custos estimando: R\$ 130.000,00

- Equipamentos
 - Segundo o dimensionamento realizado, faz-se a seleção dos equipamentos definindo suas especificações técnicas.
 - O processo de aquisição dos equipamentos pode seguir a mesma abordagem utilizada para compra dos consumíveis. Para esse projeto, assume-se que a empresa fará a aquisição.

Custo Estimado: R\$ 60.000,00

Custo Estimando Total do Projeto: R\$ 425.000,00

Capítulo 6

Dimensionamento e Análise de Resultados

A fim de realizar um projeto sobre o dimensionamento da rede de incêndio numa base de envasamento de GLP, fez-se necessário uma análise da norma ABNT NBR 15186 em conjunto com estudos em relação às instalações industriais que seriam aplicadas em uma situação conforme descrito anteriormente.

Conforme mencionado acima, a importância de uma interpretação da norma regente se faz necessária, pois com ela determinamos alguns pré-requisitos que são fundamentais para compreensão e execução do dimensionamento eficaz da tubulação de incêndio. A norma ABNT NBR 15186 exige que o dimensionamento do sistema seja feito em cima da análise da situação mais crítica de solicitação do sistema, porém não é considerado a simultaneidade de eventos, ou seja, deverá ser considerado o combate de apenas um foco de incêndio.

No caso, a região que seria a mais crítica em caso de incêndio é a do tanque P60000, utilizado para fazer o armazenamento de GLP. Para atender tal, haveria a necessidade de uso do Hidrante 3, Canhão monitor, e anel de sprinklers para controle do ocorrido, pelo período de 1 hora conforme a norma ABNT NBR 15186.

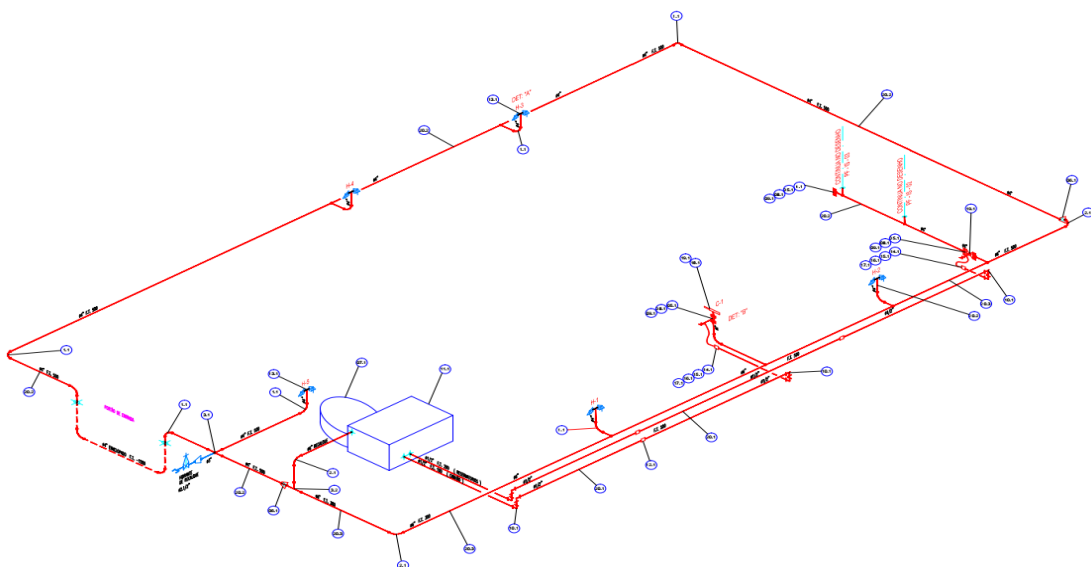


Figura 41: Isométrico Rede de Combate a Incêndio. Fonte: Própria.

Após obter todos os dados para operação da rede de incêndio, realizou-se o estudo para conhecimento de qual bomba deveria ser utilizada para abastecimento do anel de combate a incêndio (Figura 41), e também qual o a capacidade do reservatório que deve estar disponível para tal. Abaixo a descrição de todo o processo de dimensionamento da rede de incêndio.

6.1. Pressão Requerida

Os dados de pressão requerida são fundamentais para começarmos a entender e obtermos parâmetros para realização do cálculo de dimensionamento da rede de incêndio. Conforme a NBR15186, a pressão de operação da rede deve ser de no mínimo 4 Kgf/ cm², e no máximo 14 Kgf/cm². Fora de operação a rede deve ser mantida a 1 Kgf/cm².

6.2. Definição do Diâmetro

Uma determinação definitiva do diâmetro de uma tubulação depende do critério de análise utilizado. Se para determinada vazão de operação fixarmos o valor da velocidade será possível ter o valor estimado do diâmetro de tubulação adequado. De acordo com NBR 13714, é determinado que velocidade média do fluido na tubulação de sucção seja inferior a 4 m/s e no restante da tubulação a 5 m/s. Dessa forma, foi estipulado que a velocidade de projeto é de 3,5 m/s e através do processo de tentativa e erro fixou a vazão da bomba em 165m³/h ou 0,045833 m³/s. Utilizando estes valores de vazão e velocidade foram obtidos os resultados abaixo:

Através da manipulação e simplificação da equação da continuidade (Equação 6.1), obtêm-se a Equação 6.2, da qual é possível calcular diretamente o diâmetro da tubulação.

$$Q = V \times A \quad (6.1)$$

$$Q = V \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$D = 1128 \times \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (6.2)$$

$$D = 1128 \times \sqrt{\frac{0,045833}{3,5}}$$

$$D = 0,129 \text{ m}$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

V = Velocidade Média (m/s);

A = Área (m²);

Convertendo para polegadas, unidade adotada para o diâmetro de tubulações, encontra-se:

$$D \cong 5,08''$$

O diâmetro calculado através da equação acima deve ser aproximado para o diâmetro comercial imediatamente superior, no caso, 6". Para comprovar a eficácia desta escolha, isola-se V da Equação 6.1 para calcular diretamente a velocidade utilizando o valor de diâmetro encontrado, sendo necessário que o valor obtido seja inferior a 5m/s conforme determinação da norma ABNT NBR 15186.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$V = \frac{0,045833}{\frac{\pi(0,1554)^2}{4}}$$

$$V = 2,42 \text{ m/s}$$

Como a velocidade encontrada está abaixo do limite estipulado pela norma ABNT NBR 15186 o diâmetro da tubulação utilizado será de 6".

6.3. Altura Manométrica

É definida como a perda de carga ao longo da trajetória do fluxo somada com a altura geométrica da instalação, sendo esta, considerada a soma das alturas de sucção e recalque, ilustradas na Figura 42. É a quantidade de energia hidráulica que a bomba deverá fornecer à água, assim, vencendo as perdas de carga.

A altura manométrica é descrita pela seguinte Equação 6.3 abaixo:

$$H_m = H_g + H_f \quad (6.3)$$

Sendo:

H_m = Altura manométrica;

H_g = Altura geométrica;

H_f = Perda de carga;

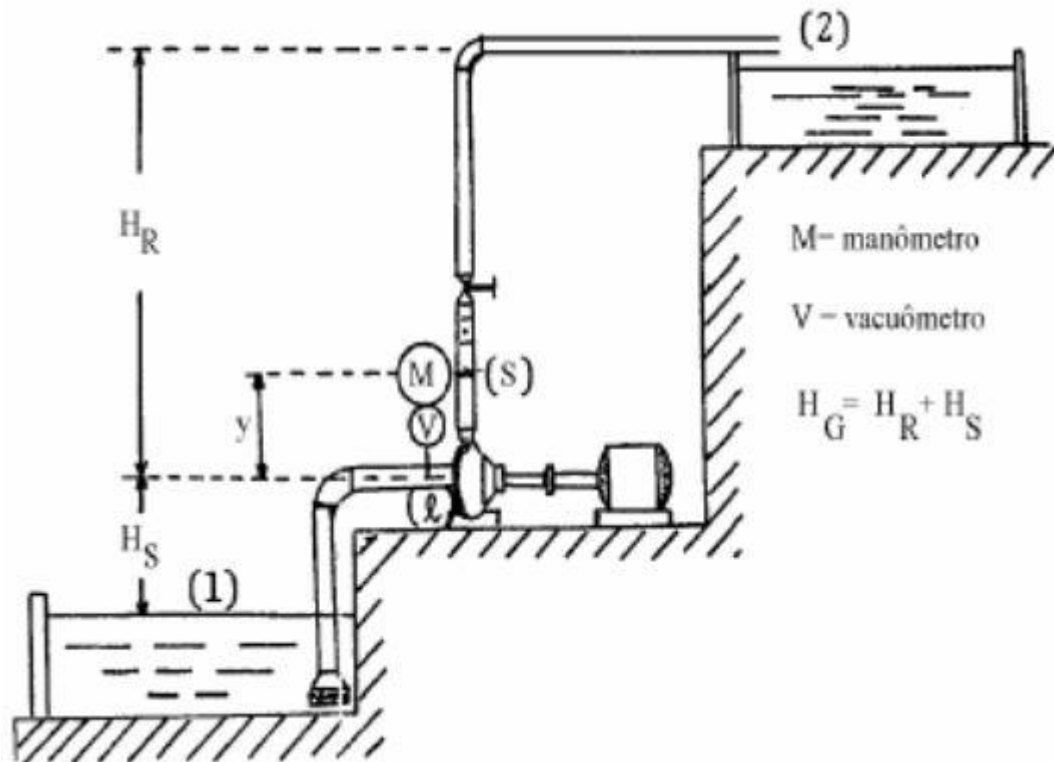


Figura 42: Altura geométrica. Fonte: <https://www.slideshare.net>.

6.4. Curva do Sistema

A curva do sistema é fundamental para o procedimento de seleção da bomba que será utilizada, também conhecida como curva da tubulação, esta curva ao se encontrar com a curva de característica da bomba, determina o ponto de trabalho da bomba que é a representação geométrica da disponibilidade do sistema no ponto analisado. Obtêm-se a curva do sistema através da Equação 6.4 abaixo:

$$H_m = H_g + K \times Q^{1,852} \quad (6.4)$$

Sendo:

K = Fator de Conversão (adimensional)

Q = Vazão (m³/s)

6.5. Perdas de Cargas

Conforme mencionado anteriormente, no caso de tubulações com diâmetro maior que 50mm, utiliza-se o método de Hazen-Williams, e para o cálculo de perda de carga localizada foi utilizado método de comprimento equivalente (conforme tabela de comprimentos no ANEXO A), onde os comprimentos equivalentes foram achados em relação aos componentes da linha e as somas com o comprimento da tubulação, achando a perda de carga total.

Para realizar o estudo de perda de carga no sistema da rede de incêndio, foram analisadas quatro condições distintas de operação. Os pontos analisados são considerados os mais críticos do sistema, dessa forma possibilita-se comprovar que o sistema como um todo será eficaz para um combate de uma ocorrência de incêndio. O dimensionamento da bomba utilizada para alimentar o anel da rede de incêndio da base em questão, é realizado por um estudo que envolve o resultado encontrado oriundo da perda de carga, a altura manométrica e a vazão requerida em cada uma das quatro situações citadas anteriormente.

6.5.1. Primeira Condição

Para a primeira condição foi adotado uma ocorrência no tanque P60000 e para essa situação será necessário utilizar a nebulização do tanque e o hidrante H-2 apresentados na Figura 43.

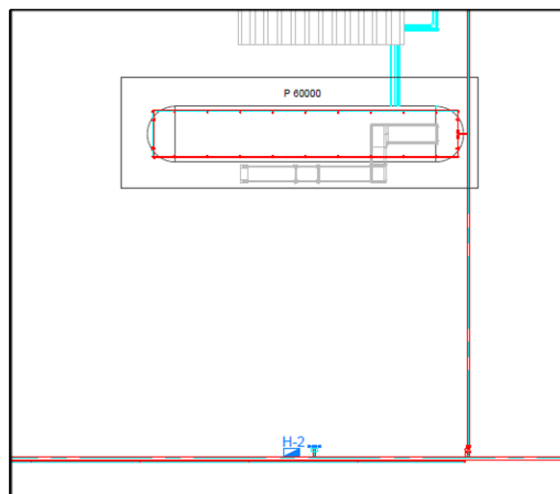


Figura 43: Corte do P60000 e H-2, desenho PF - GERAL – 01. Fonte: Própria.

Tabela 6: Nebulização do P-60000 utilizando a bomba diesel ou elétrica.

Nebulização do P-60000 utilizando uma diesel ou elétrica															
	TRECHO 1 ø06"			TRECHO 2 ø6"			TRECHO 3 ø6"			TRECHO 4 ø4"			TRECHO 5 ø2.1/2"		
	Sucção			Casa de Bombas			Recalque (Anel)			Nebulização			Nebulização		
	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL
Saída normal de tanque	3	1	3			0			0			0			0
Curva 90°	3	4	12	3	3	9	3	1	3			0			0
Teê saída lateral	3,4	1	3,4	3,4	1	3,4			0	6,7	2	13,4	4,3	2	8,6
Redução	3	1	3			0			0			0	1	2	2
Válvula gaveta	2	1	2	2	1	2			0			0			0
Expansão/ Reducao			0	2,3	1	2,3			0			0			0
Válvula dilúvio			0			0			0	10	1	10			0
Comprimento Equivalente			23,4			16,7			3			23,4			10,6
Perímetro tubulação em metros			7			16			100,245			18			4
Comprimento Equivalente Total			30,4			32,7			103,245			41,4			14,6
Vazão Teórica	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	98,4	m³/h	Q=	98,4	m³/h
Vazão Teórica	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,027333355	m³/s	Q=	0,027333355	m³/s
Diâmetro Tubulação	ø=	155,4	mm	ø=	155,4	mm	ø=	155,4	mm	ø=	105,3	mm	ø=	68,8	mm
Diâmetro Tubulação	ø=	0,1554	m	ø=	0,1554	m	ø=	0,1554	m	ø=	0,1053	m	ø=	0,0688	m
Coefficiente C (Hazen Williams)	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-
Perda de Carga	J=	0,0438	m/m	J=	0,0438	m/m	J=	0,0438	m/m	J=	0,1121	m/m	J=	0,8906	m/m
Perda de Carga Total	H _f =	1,332164201	m	H _f =	1,43295294	m	H _f =	4,524318848	m	H _f =	4,640026111	m	H _f =	13,00299551	m
Perdas de Cargas Totais	Σ=	24,93245761													

Conforme Figura 42:

Em (1)

Altura de sucção (H_s) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 0 kgf/cm²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Em (2)

Altura de recalque (H_r) = 4 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 4 kgf/cm² = 40000kgf/m²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Altura geométrica, ou altura estática, pode ser representada pela Equação 6.5 abaixo:

$$HG = (H_s + H_r) \quad (6.5)$$

Ou pela Equação 6.6:

$$HG = \left(\frac{P_r - P_s}{\gamma} \right) + (H_r - H_s) \quad (6.6)$$

Onde:

P_r = Pressão manométrica de recalque;

P_s = Pressão manométrica de sucção;

γ = Peso específico do fluido;

H_r = Altura de recalque;

H_s = Altura de sucção.

Empregando os respectivos valores na equação 6.6, obtém-se o resultado abaixo:

$$HG = \left(\frac{40000 - 0}{1000} \right) + (4 - 2)$$

$$HG = 42 \text{ m}$$

Altura Manométrica de Instalação

$$Hm = HG + Hf \quad (6.7)$$

Onde,

$Hf = 24,9 \text{ m}$

$$Hm = 42 + 24,9$$

$$Hm = 66,9 \text{ m}$$

Coefficiente K

$$K = \frac{Hf}{Q^{1,852}}$$

$$K = 0,0026 \text{ m}$$

Equação da CCI (Equação 6.4)

$$Hm = Hg + K \times Q^{1,825}$$

Na Tabela 7 abaixo foram determinando pontos de vazão e calculado o Hm correspondente a cada ponto. Os valores de HB e de rendimento, foram fornecidos pelo fabricante da bomba.

Tabela 7: Parâmetros Primeira Condição.

Q [m ³ /h]	HB [m]	Nb [%]	CCI [m]
0	74,4		42,0
25	74,2		42,8
50	74	47	44,7
75	73,8	58	47,8
100	72,9	65	51,9
125	70,8	70	56,9
150	67,2	71,5	62,9
175	63		69,8
200	57		77,6

Através dos dados de vazão e Hm é possível traçar a curva de CCI (Curva Característica de Instalação), destacada em vermelho no gráfico abaixo. A curva azul, representa a CCB (Curva Característica da Bomba), ela é resultado dos dados de vazão e HB. O ponto onde as duas curvas se cruzam no Gráfico 1, é chamado de ponto de operação e através dele determina-se a vazão de operação da bomba para a condição proposta, permitindo-se avaliar se a mesma está de acordo com a mínima necessária para o total funcionamento do equipamento de combate.

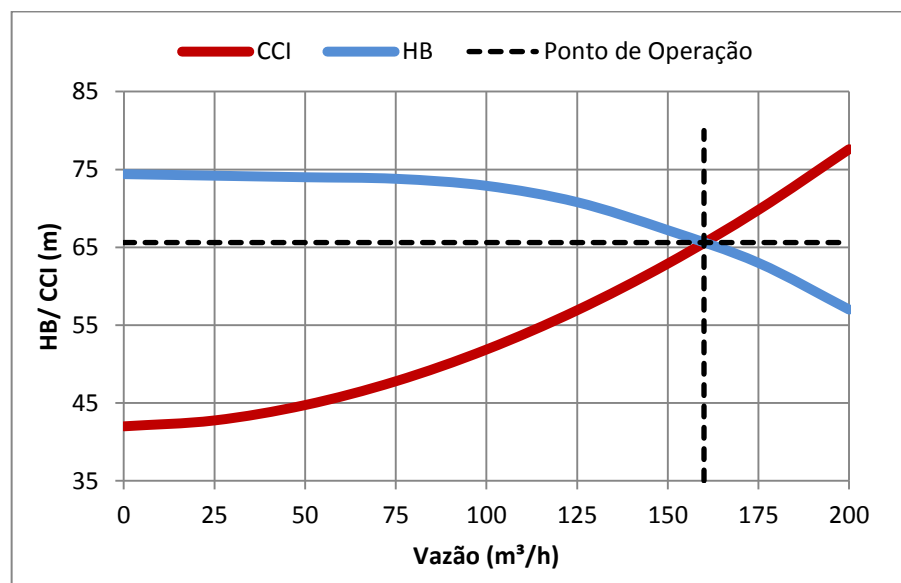


Gráfico 1: Ponto de operação primeira condição.

Do gráfico tem-se o ponto de operação, onde:

$$HB = 65,6 \text{ m}$$

$$Q = 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

O Gráfico 2 abaixo é gerado a partir dos dados de vazão e rendimento da Tabela 7, representa a curva de rendimento da bomba para determinadas vazões. Dessa curva é possível ver em qual vazão a bomba possui o maior rendimento, possibilitando estudar o comportamento da mesma e assim calcular sua eficiência.

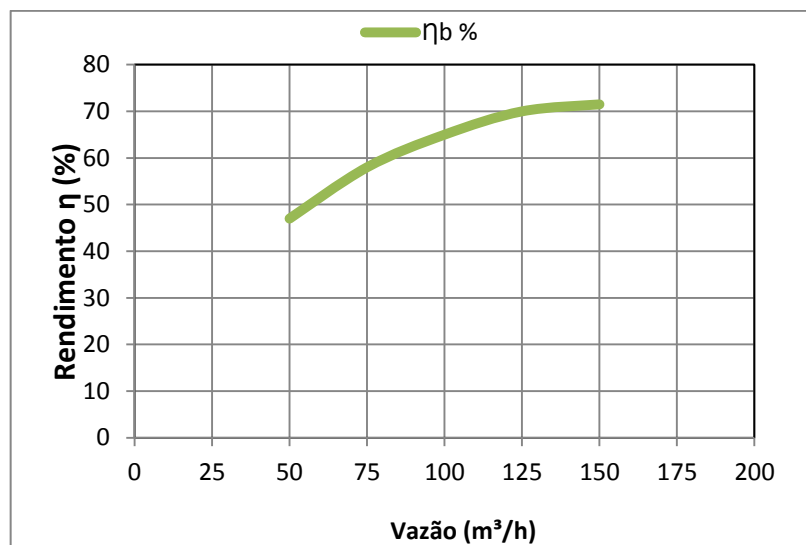


Gráfico 2: Rendimento x Vazão para primeira condição.

Para as demais condições propostas para encontrar o ponto de trabalho da bomba, foram traçadas as mesmas curvas utilizando os mesmos valores de vazão, HB e rendimento, modificando apenas os valores de Hm, pois variam de acordo com as perdas de cargas encontradas na respectiva condição.

Conforme Figura 42:

Em (1)

Altura de sucção (H_s) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 0 kgf/cm²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Em (2)

Altura de recalque (H_r) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 4 kgf/cm² = 40000kgf/m²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Altura geométrica, ou altura estática, pode ser representada pela equação 6.8 abaixo:

$$HG = (H_s + H_r) \quad (6.8)$$

Ou pela equação 6.6:

$$HG = \left(\frac{P_r - P_s}{\gamma} \right) + (H_r - H_s)$$

Onde:

P_r = Pressão manométrica de recalque;

P_s = Pressão manométrica de sucção;

γ = Peso específico do fluido;

H_r = Altura de recalque;

H_s = Altura de sucção.

Empregando os respectivos valores na equação 6.6, obtém-se o resultado abaixo:

$$HG = \left(\frac{40000 - 0}{1000} \right) + (2 - 2)$$

$$HG = 40 \text{ m}$$

Altura Manométrica de Instalação pela equação 6.7.

$$Hm = HG + Hf$$

Onde,

$$Hf = 33,6 \text{ m}$$

$$Hm = 40 + 33,6$$

$$Hm = 73,6 \text{ m}$$

Coefficiente K

$$K = \frac{Hf}{Q^{1,852}} = 0,00306299$$

$$K = 0,00306299$$

Equação 6.4 da CCI

$$Hm = Hg + K \times Q^{1,852}$$

Tabela 9: Parâmetros Segunda Condição.

Q [m³/h]	HB [m]	Nb [%]	CCI [m]
0	74,4		40,0
25	74,2		41,0
50	74	47	43,7
75	73,8	58	47,8
100	72,9	65	53,3
125	70,8	70	60,1
150	67,2	71,5	68,1
175	63		77,4
200	57		87,9

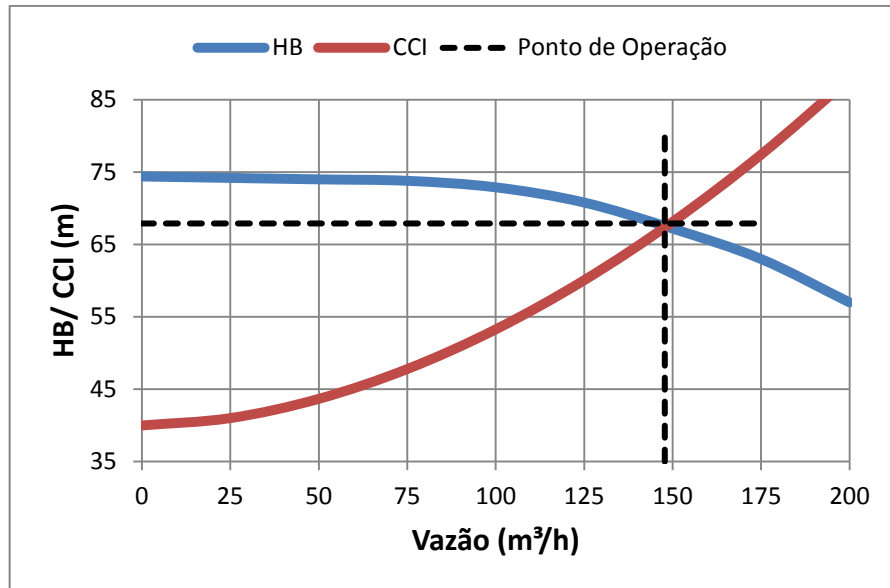


Gráfico 3: Ponto de operação segunda condição.

Do gráfico tem-se o ponto de operação, onde:

$$HB = 67,9 \text{ m}$$

$$Q = 147,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

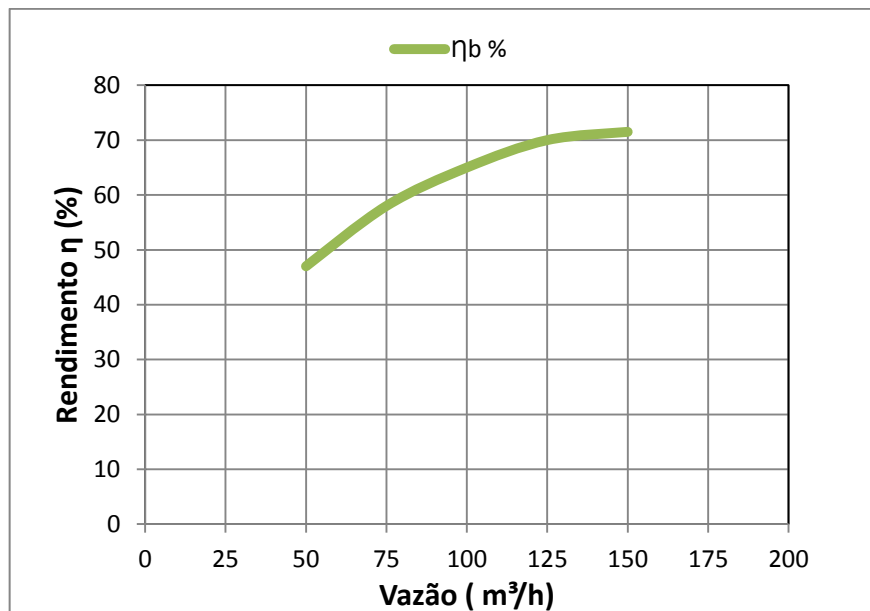


Gráfico 4: Rendimento x Vazão para segunda condição.

6.5.3. Terceira Condição:

Para terceira condição foi analisada uma ocorrência que necessitasse da utilização do hidrante mais distante o H-3, porém, com esse sendo alimentado pela tubulação de 4".

Tabela 10: Utilização do hidrante mais crítico através do trecho de 4".

Utilização do hidrante mais crítico H-3 através do trecho 4"															
	TRECHO 1 ø06" Sucção			TRECHO 2 ø6" Casa de Bombas			TRECHO 3 ø4" Recalque (Anel)			TRECHO 4 ø4" Recalque (Anel)			TRECHO 5 ø4" Hidrante		
	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL
Saída normal de tanque	3	1	3			0			0			0			0
Curva 90°	3	4	12	3	3	9	2	4	8	2	1	2	2	1	2
Tê saída lateral	3,4	1	3,4	3,4	1	3,4	2,1	1	2,1	2,1	1	2,1			0
Redução	3	1	3			0			0			0			0
Válvula gaveta	2	1	2	2	1	2			0			0			0
Expansão rápida			0	2,3	1	2,3			0			0			0
Válvula hidrante			0			0			0			0	15	1	15
Tê para hidrante			0			0			0			0	6,7	1	6,7
Comprimento Equivalente			23,4			16,7			10,1			4,1			23,7
Perímetro tubulação em metros			7			16			53			83			2
Comprimento Equivalente Total			30,4			32,7			63,1			87,1			25,7
Vazão Teórica	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	60	m³/h
Vazão Teórica	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,04583337	m³/s	Q=	0,01666668	m³/s
Diâmetro Tubulação	ø=	155,4	mm	ø=	155,4	mm	ø=	105,3	mm	ø=	105,3	mm	ø=	105,3	mm
Diâmetro Tubulação	ø=	0,1554	m	ø=	0,1554	m	ø=	0,1053	m	ø=	0,1053	m	ø=	0,1053	m
Coefficiente C (Hazen Williams)	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-
Perda de Carga	J=	0,0438	m/m	J=	0,0438	m/m	J=	0,2916	m/m	J=	0,2916	m/m	J=	0,0449	m/m
Perda de Carga Total	H _f =	1,332164201	m	H _f =	1,43295294	m	H _f =	18,40152463	m	H _f =	25,40051973	m	H _f =	1,153432244	m
Perdas de Cargas Totais	Σ=	47,72059375	m												

Conforme Figura 42:

Em (1)

Altura de sucção (H_s) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 0 kgf/cm²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Em (2)

Altura de recalque (H_r) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 4 kgf/cm² = 40000kgf/m²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Altura geométrica, ou altura estática, pode ser representada pela equação 6.8 abaixo:

$$HG = (Hs + Hr)$$

Ou pela equação 6.6:

$$HG = \left(\frac{Pr - Ps}{\gamma} \right) + (Hr - Hs)$$

Onde:

Pr = Pressão manométrica de recalque;

Ps = Pressão manométrica de sucção;

γ = Peso específico do fluido;

Hr = Altura de recalque;

Hs = Altura de sucção.

Empregando os respectivos valores na equação y, obtém-se o resultado abaixo:

$$HG = \left(\frac{40000 - 0}{1000} \right) + (2 - 2)$$

$$HG = 40 \text{ m}$$

Altura Manométrica de Instalação (Equação 6.7)

$$Hm = HG + Hf$$

Onde,

Hf = 47,7 m

$$Hm = 40 + 47,7$$

$$Hm = 87,7 \text{ m}$$

Coeficiente K

$$K = \frac{Hf}{Q^{1,852}} = 0,00373$$

$$K = 0,00373$$

Equação 6.4 da CCI

$$Hm = Hg + K x Q^{1,852}$$

Tabela 11: Parâmetros Terceira Condição.

Q [m³/h]	HB [m]	Nb [%]	CCI [m]
0	74,4		40,0
25	74,2		41,4
50	74	47	45,2
75	73,8	58	51,1
100	72,9	65	58,9
125	70,8	70	68,5
150	67,2	71,5	80
175	63		93,2
200	57		108,1

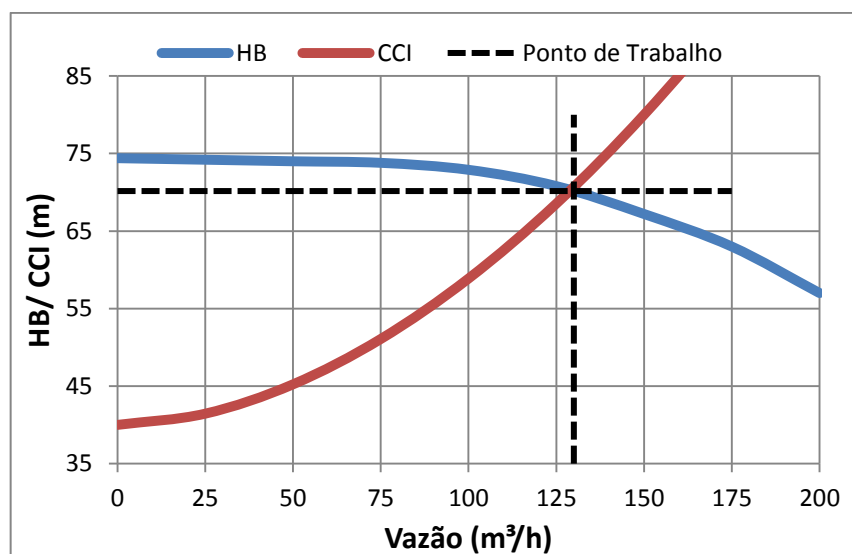


Gráfico 5: Ponto de operação terceira condição.

Do gráfico tem-se o ponto de operação, onde:

HB = 70,2 m

Q = 130 m³/h

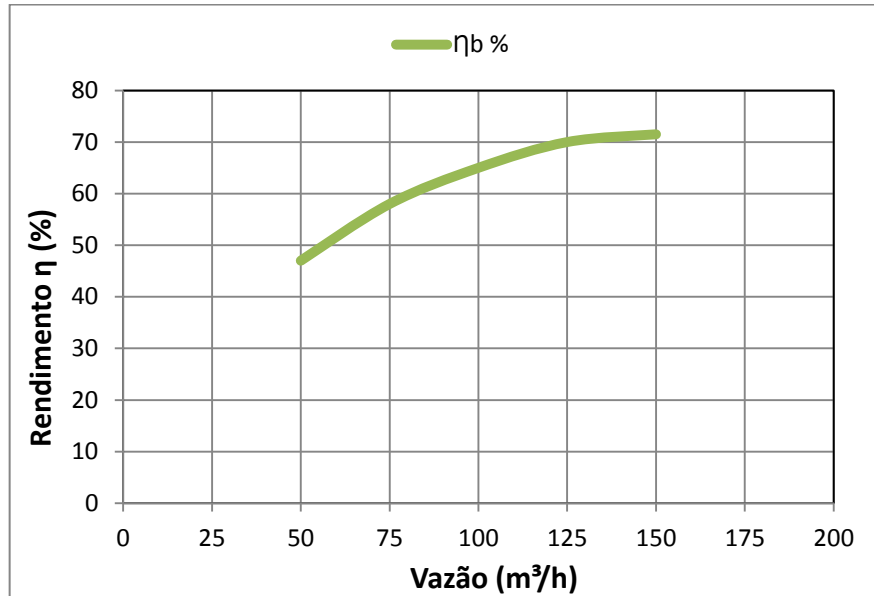


Gráfico 6: Rendimento x Vazão para terceira condição.

6.5.4. Quarta Condição:

Para a quarta condição, foi analisada uma ocorrência que necessitasse da utilização do canhão monitor apresentado na Figura 45.

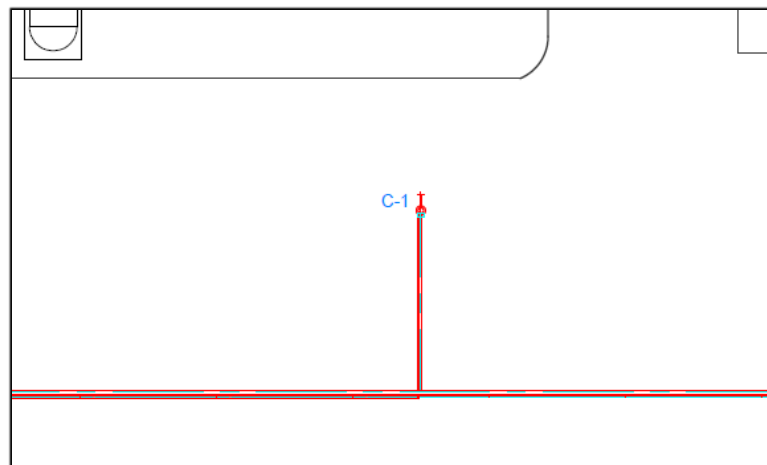


Figura 45: Corte do Canhão Monitor, desenho PF - GERAL - 01. Fonte: Própria

Tabela 12: Utilização do canhão monitor através do trecho de 6".

Utilização do canhão monitor através do trecho de 6"												
	TRECHO 1 ø6" Sucção			TRECHO 2 ø6" Casa de Bombas			TRECHO 3 ø6" Recalque (Anel)			TRECHO 4 ø4" Canhão		
	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL	UNIT	QTD	TOTAL
Saída normal de tanque	3	1	3			0			0			0
Curva 90°	3	4	12	3	3	9	3	1	3	2	1	2
Teê saída lateral	3,4	1	3,4	3,4	1	3,4	10	1	10			0
Redução	3	1	3			0			0			0
Válvula gaveta	2	1	2	2	1	2			0			0
Expansão/ Redução			0	2,3	1	2,3			0			0
Válvula dilúvio			0			0			0	10	1	10
Comprimento Equivalente			23,4			16,7			13			12
Perímetro tubulação em metros			7			16			68			2
Comprimento Equivalente Total			30,4			32,7			81			14
Vazão Teórica	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	165	m³/h	Q=	120	m³/h
Vazão Teórica	Q=	0,04583	m³/s	Q=	0,04583	m³/s	Q=	0,04583	m³/s	Q=	0,03333	m³/s
Diâmetro Tubulação	ø=	155,4	mm	ø=	155,4	mm	ø=	155,4	mm	ø=	105,3	mm
Diâmetro Tubulação	ø=	0,1554	m	ø=	0,1554	m	ø=	0,1554	m	ø=	0,1053	m
Coefficiente C (Hazen Williams)	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-	C=	120	-
Perda de Carga	J=	0,0438	m/m	J=	0,0438	m/m	J=	0,0438	m/m	J=	0,1618	m/m
Perda de Carga Total	H _f =	1,33216	m	H _f =	1,43295	m	H _f =	3,54952	m	H _f =	2,26513	m
Perdas de Cargas Totais	Σ=	8,57976	m									

Conforme Figura 42:

Em (1)

Altura de sucção (H_s) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 0 kgf/cm²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Em (2)

Altura de recalque (H_r) = 2 m

Pressão Atmosférica = 1000kgf/m²

Pressão Manométrica = 4 kgf/cm² = 40000kgf/m²

Peso específico do fluido = 1000 kgf/m³

Altura geométrica, ou altura estática, pode ser representada pela equação 6.8 abaixo:

$$HG = (H_s + H_r)$$

Ou pela equação 6.6:

$$HG = \left(\frac{Pr - Ps}{\gamma} \right) + (Hr - Hs)$$

Onde:

Pr = Pressão manométrica de recalque;

Ps = Pressão manométrica de sucção;

γ = Peso específico do fluido;

Hr = Altura de recalque;

Hs = Altura de sucção.

Empregando os respectivos valores na equação y, obtém-se o resultado abaixo:

$$HG = \left(\frac{40000 - 0}{1000} \right) + (2 - 2)$$

$$HG = 40 \text{ m}$$

Altura Manométrica de Instalação (Equação 6.7)

$$Hm = HG + Hf$$

Onde,

Hf = 8,65 m

$$Hm = 40 + 8,6$$

$$Hm = 48,6 \text{ m}$$

Coefficiente K

$$K = \frac{Hf}{Q^{1,852}} = 0,00067$$

$$K = 0,00067$$

Equação 6.4 da CCI

$$Hm = Hg + K \times Q^{1,852}$$

Tabela 13: Parâmetros Quarta Condição.

Q [m³/h]	HB [m]	Nb [%]	CCI [m]
0	74,4		40,0
25	74,2		40,3
50	74		40,9
75	73,8	48	42,0
100	72,9	58	43,4
125	70,8	64	45,1
150	67,2	68	47,2
175	63	72	49,6
200	57		52,3
225	52		55,2

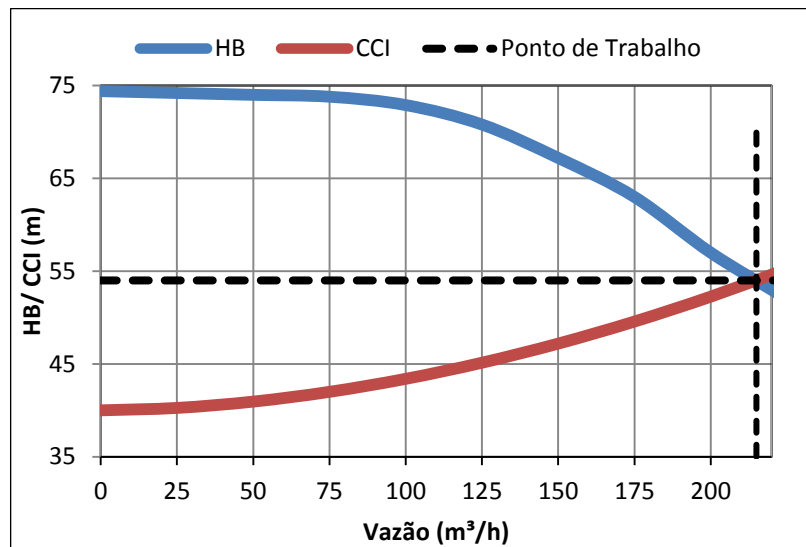


Gráfico 7: Ponto de operação quarta condição.

Do gráfico tem-se o ponto de operação, onde:

HB = 54 m

Q = 215 m³/h

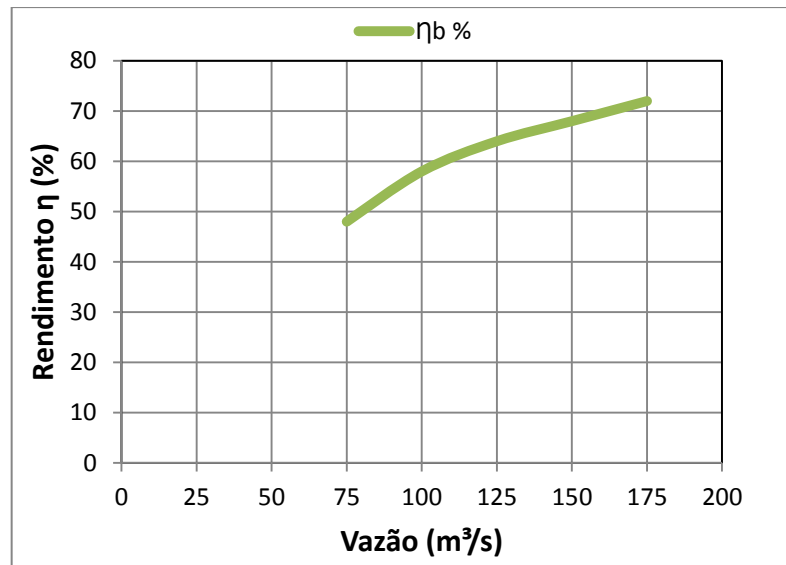


Gráfico 8: Rendimento x Vazão para quarta condição.

6.5.5. Conclusão

Conforme os dados apresentados através de gráficos com as curvas de operação da bomba selecionada, e os cálculos de perda de carga e vazão, é possível determinar se a bomba selecionada atende a requisição que o elemento em questão dos quatro casos necessitam.

Na 1º condição, demonstra a possibilidade de utilização da nebulização com um hidrante, pois:

$$60 + 98,4 = 158,4 \text{ m}^3/\text{h} < 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Na 2º condição, demonstra a possibilidade de utilização do hidrante mais crítico através do trecho de 6", pois:

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \ll 147,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Na 3ª condição, demonstra a possibilidade de utilização do hidrante mais crítico através do trecho de 4", pois:

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \ll 130 \text{ m}^3/\text{h}$$

Na 4ª condição, demonstra que o sistema atende a utilização do canhão monitor através do trecho de 6", pois conforme o Gráfico 7, a curva da bomba é maior que a de operação, ou seja, garante o funcionamento do componente.

6.6. Cálculo da Potência do Motor da Bomba

$$Nb = \frac{\gamma \times Q \times Hm}{75 \times \eta} \quad (6.9)$$

Onde:

γ = Peso específico da água [Kgf / m³];

Q = Vazão [m³/s];

Hm = Altura manométrica [m];

η = Rendimento [%];

Tabela 14: Resultados encontrados para a primeira condição.

Potência 1ª Condição		
Peso específico do fluido	1000	Kgf/m ³
Vazão	160	m ³ /h
Carga Manométrica da Bomba Hb	65,6	m
Rendimento da Bomba	71,5	%
Nb	54,4	CV
Rendimento do motor	10	%
N do motor da Bomba	59,8	CV

Tabela 15: Resultados encontrados para a segunda condição.

Potência 2ª Condição		
Peso específico do fluido	1000	Kgf/m ³
Vazão	147,8	m ³ /h
Carga Manométrica da Bomba Hb	67,9	m
Rendimento da Bomba	71	%
Nb	52,4	CV
Rendimento do motor	10	%
N do motor da Bomba	57,6	CV

Tabela 16: Resultados encontrados para a terceira condição.

Potência 3ª Condição		
Peso específico do fluido	1000	Kgf/m ³
Vazão	130	m ³ /h
Carga Manométrica da Bomba Hb	70,2	m
Rendimento da Bomba	71	%
Nb	47,6	CV
Rendimento do motor	10	%
N do motor da Bomba	52,4	CV

Tabela 17: Resultados encontrados para a quarta condição.

Potência 4ª Condição		
Peso específico do fluido	1000	Kgf/m ³
Vazão	215	m ³ /h
Carga Manométrica da Bomba Hb	54	m
Rendimento da Bomba	71,5	%
Nb	60,1	CV
Rendimento do motor	10	%
N do motor da Bomba	66,2	CV

6.7. Definição de Reservatório

A capacidade volumétrica do reservatório que a planta necessita possuir disponível para atender os requisitos previstos pela NBR 15186, que diz que em caso de uma ocorrência de incêndio no caso crítico, o sistema de incêndio deve fornecer água para o resfriamento do tanque por 1 hora, não deixando a situação se agravar até a chegada da brigada para combater o sinistro.

Tem-se então, que:

Tabela 18: Vazões Requeridas Pela NBR 15186.

Componentes do Sistema de Incêndio	Vazão
Nebulização	98,4 m ³ /h
Hidrante	60 m ³ /h
Canhão Monitor	120 m ³ /h

Logo, tem-se pela soma das vazões 278,4 m³/h, ou seja, considerando que o reservatório deve garantir o abastecimento mínimo para esta planta, temos que esse reservatório será de 278.400 Litros..

Capítulo 7

Seleção de Equipamentos e Materiais.

Com o dimensionamento finalizado, inicia-se a seleção dos equipamentos e matérias necessários a execução do projeto. Este capítulo irá apresentar as escolhas realizadas para o projeto e suas justificativas.

7.1. Bomba Hidráulica

Selecionou-se a bomba centrífuga KSB Meganorm pois a mesma é indicada para o bombeamento de água e de líquidos limpos ou turvos nas seguintes aplicações:

- Abastecimento de água;
- Drenagem;
- Irrigação;
- Indústria de açúcar e álcool;
- Ar condicionado;
- Instalações prediais;
- Combate a incêndios.



Figura 46: Bomba Centrífuga KSB Meganorm. Fonte: Catálogo da KSB.

Para a seleção de qual bomba KSB Meganorm é indicada para suprir as demandas do sistema de combate a incêndio proposto neste trabalho foi necessário primeiramente selecionar a família de bombas de acordo com a altura manométrica do sistema e a vazão requerida como demonstrado na Figura 47.

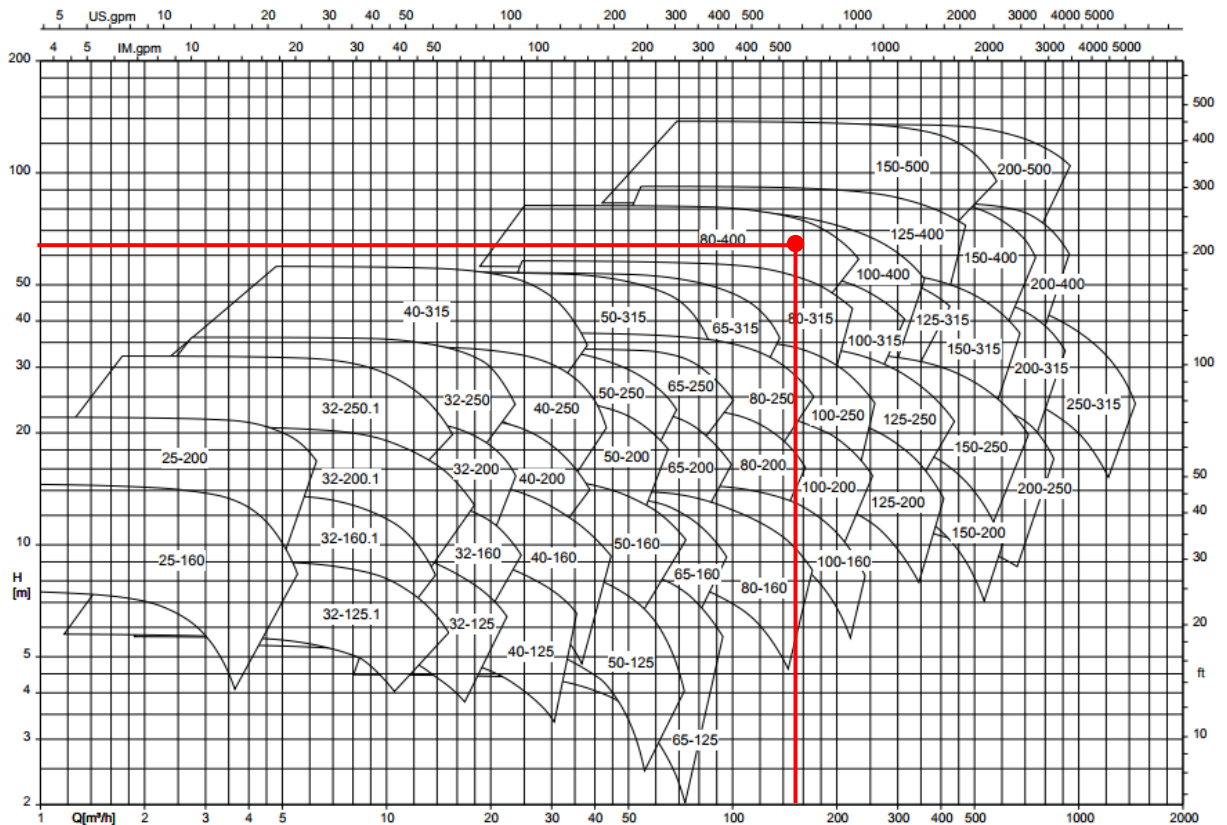


Figura 47: Diagrama de Características Meganorm. Fonte: Catálogo da KSB.

Após a seleção da família de bombas é possível, através das suas curvas características, selecionar a curva da bomba que será utilizada e consequentemente os valores de HB correspondentes para aos pontos de vazão estudados no item 6.5 do Capítulo 6.

A curva selecionada está destacada na Figura 48.

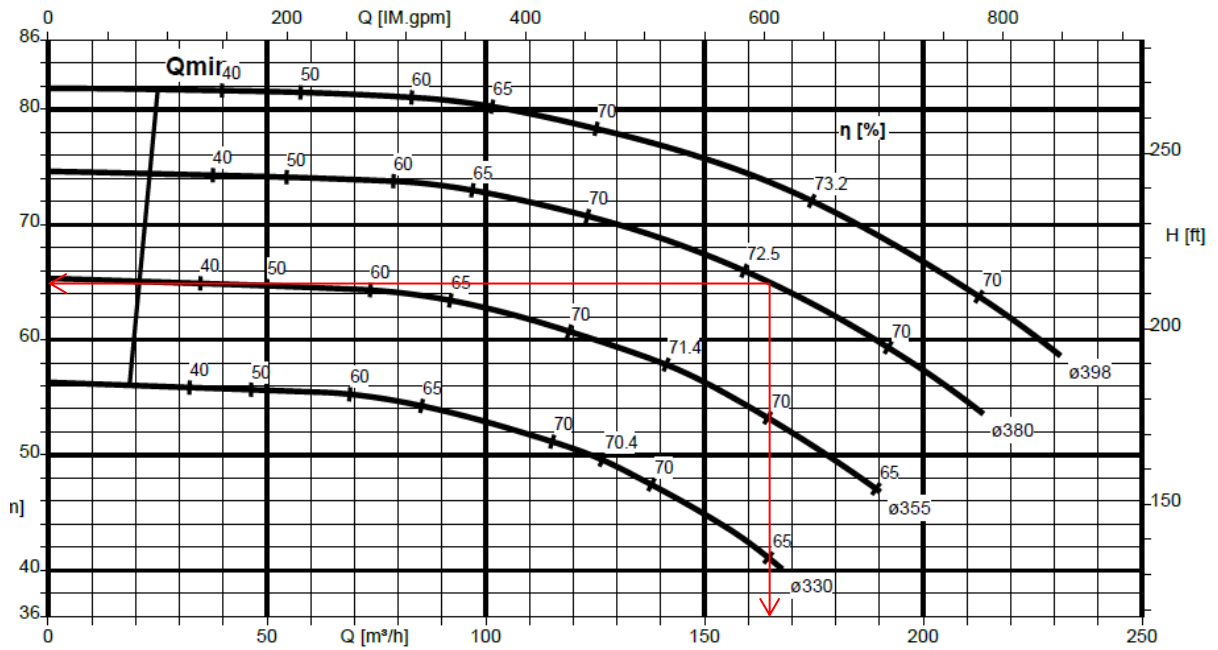


Figura 48: Curva característica bomba. Fonte: Catálogo da KSB.

7.2. Motor Diesel e Elétrico.

A norma da ABNT NBR 15186 estabelece que a alimentação do sistema (casa de bombas) possua dois conjuntos moto bomba, uma bomba (principal) movida por um motor elétrico com capacidade para abastecer todo o sistema e uma segunda bomba (backup) com mesma capacidade movida a um motor de combustão interna, conforme Figura 49.



Figura 49: Representação das motos bombas. Fonte: Catálogo JVL Bombas.

Os dois conjuntos deverão ser montados em um chassi de base rígida, construída em perfis de aço soldado com furação para fixação direta no piso. Os motores deverão ser acoplados as bombas por meio de acoplamento torcional flexível com elementos de plug-in flexível, composto por pinos individuais (luva elástica tipo Pinoflex) com capacidade para transferir a potência necessária para a operação da bomba. Deverá ser instalados próximo aos dois motores, painéis de comando para acionamento e desligamento manual.

No item 6.7 deste trabalho foram calculadas as potências para cada condição crítica do sistema. A quarta condição se mostrou mais crítica e definiu que a potência mínima para atender o sistema é de 65 cv medidos no eixo, dito isso, deverá ser adquirido motor de mesma capacidade ou acima. Vale ressaltar que toda a construção e disposição da casa de bombas são estabelecidas pela norma da ABNT NBR 13714.

O conjunto elétrico deve possuir acionamento automático e sua partida deve-se dar pela simples abertura de qualquer hidrante da instalação e seu desligamento deve ser por comando manual. Sua alimentação deve estar separada do consumo geral de forma a permitir que mesmo com o desligamento geral da unidade a bomba ainda esteja em funcionamento.

O conjunto a diesel deve possuir acionamento manual, dispor de um controlador de rotação, ter reserva de combustível para 6 horas ininterruptas.

7.3. Bomba Jockey

Quando fora de operação, toda a linha de incêndio deve ficar permanentemente pressurizada com no mínimo 99 kPa (1,0 kgf/cm²). Porém a dilatação térmica e a presença eventual de pequenos vazamentos podem gerar queda de pressão, dessa forma, para manter a linha pressurizada, faz-se necessário instalar um sistema de pressurização de linha capaz de manter a linha permanentemente pressurizada. Esse sistema é conhecido como bomba Jockey.

O sistema possui uma bomba auxiliar que pressuriza todo o sistema e o tanque. Dentro do tanque existe uma bolsa de expansão flexível que ao encher de água e comprime o ar existente no cilindro. Dessa forma, a pressão existente dentro do tanque pulmão compensa a perda de pressão do sistema até o momento que seja necessário que a bomba auxiliar

pressurize novamente. O acionamento desse sistema se da por chaves pressostáticas e sua operação esta representada na Figura 50.

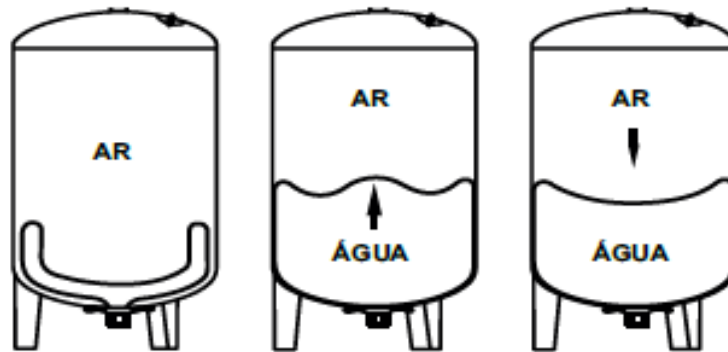


Figura 50: Funcionamento do tanque de pressurização. Fonte: Catálogo Jacuzzi.

O tanque possui uma válvula por onde pode se ajustar a pré-carga do sistema. Esse sistema reduz a frequência com que a bomba auxiliar é acionada e dessa forma garante mais longevidade ao mesmo.

O esquema de instalação desse sistema está representado na Figura 51.

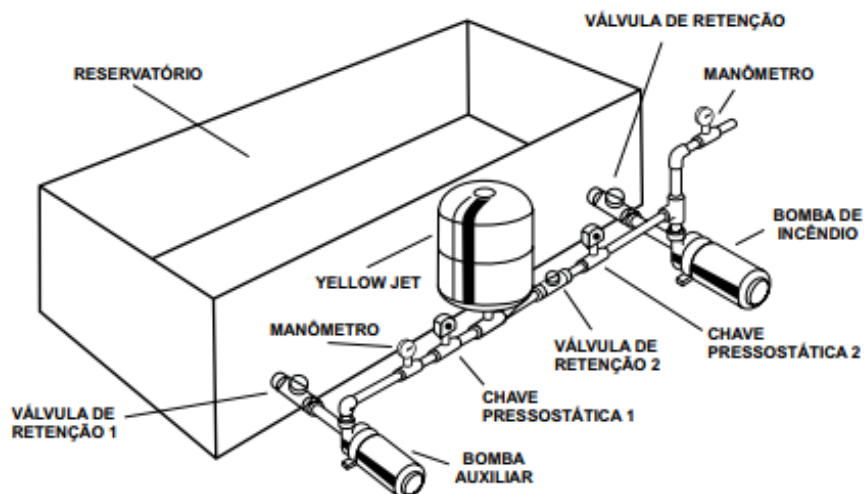


Figura 51: Instalação do sistema Yellow Jet. Fonte: Catálogo Jacuzzi.

Outra função do sistema de pressurização de linha é garantir o acionamento automático da bomba principal quando algum ponto de consumo (ex: hidrante) do sistema for aberto. Com a abertura de algum hidrante, a bomba do sistema não será capaz de manter a pressão na rede o que irá resultar no acionamento da bomba de incêndio via chave pressostática.

A partir do catálogo de seleção de equipamento, foi selecionada a seguinte configuração:

- Tanque YJ135

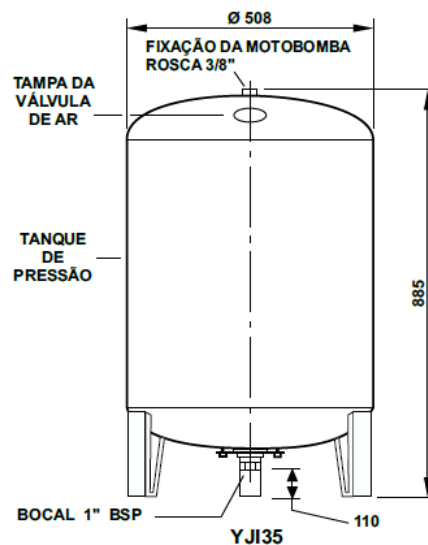


Figura 52: Dimensões do tanque YJ135. Fonte: Catálogo Jacuzzi.

- Moto bomba 15MB2 de 1,5 cv.
- Faixa de operação
 - Pressão de operação: 21 mca
 - Pressão de ligar: 14 mca
 - Pressão de desligar: 28 mca
 - Pressão de pré-carga: 13 mca
 - Frequência máxima de partidas por hora: 40

7.4. Canhão Monitor

Segundo o item 7.2.8 da NBR 15186, os sistemas deve possuir canhões-monitores com uma vazão de no mínimo 2 000 L/min, um giro horizontal de 360° e um curso vertical de 80° para cima e 15° para baixo da horizontal. Para efeito de projeto, deve ser considerado o alcance máximo, na horizontal, de 45 m, quando em jato.

Para atender essa descrição foi selecionado o canhão monitor do modelo CMF-1250-4 conforme Figura 53.



Figura 53: Canhão Monitor modelo CMF-1250-4. Fonte: Catálogo SECUR.

Especificação Técnica:

Material: Corpo em Bronze fundido ASTM B-62;

- Conexão de entrada: flangeada de Ø 4", padrão ANSI Classe 150 FP;
- Conexão de saída: rosca Ø 2.1/2" 7,5 fios NH;
- Vazão máxima de 1250 gpm (4730 lpm);
- Passagem totalmente livre Ø 3";
- Dotado de volante para acionamento dos movimentos verticais (90° acima e 60° abaixo da horizontal);
- Engrenagem helicoidal em aço inoxidável e com engraxadeira para lubrificação;
- Movimento horizontal de 360°, com travamento em qualquer posição;
- Manômetro com caixa em aço inoxidável, glicerinado e com dupla escala: 0 a 300 psi (0 a 21 kgf/cm²);

- As partes moveis giram sobre rolamentos de aço inox;
- Pintura na cor vermelha a base de poliuretana resistente a luz solar;
- Peso 22,6 kg.

7.5. Rede

No item 6.2 deste trabalho, foi definido o diâmetro da tubulação a ser usada na linha de recalque do sistema e a tubulação para atender o ponto mais crítico do sistema. Dessa forma, serão discutidas neste item as escolhas de layout, tubulação e demais itens necessário à construção da rede.

7.5.1. Layout

A norma ABNT NBR 15186 estabelece que a rede de incêndio seja em formato de anel e deve ser dimensionado para a maior vazão e o maior volume de água para o risco com maior exigência.

A rede deverá ter hidrantes dispostos de forma a cobrir toda a área classificada. Esses hidrantes conforme exigido pela norma ABNT NBR 15186 deverão ter coluna de 4 pol de diâmetro, com duas saídas de 2.1/2 pol conforme demonstrado na Figura 54. Deverá ser construído, a uma distância máxima de 1,5 m de cada hidrante, um abrigo contendo quatro mangueiras de incêndio com 15 m de comprimento cada.

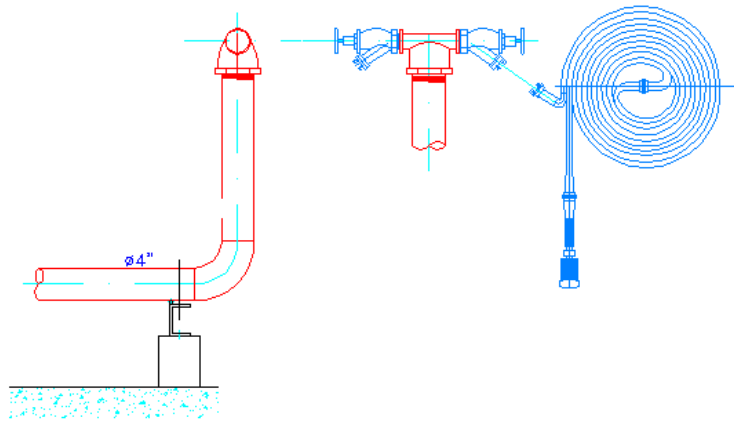


Figura 54: Modelo de instalação do hidrante. Fonte: Própria.

Para facilitar a inspeção e manutenção, recomenda-se que as linhas sejam todas aéreas, porém, nas áreas de acesso a unidade a tubulação deverá ser enterrada (tubulação envelopada) ou deverá ser construído um pipe rack. Foi escolhido enterrar a tubulação, conforme Figura 55, por ter um melhor custo benefício. A tubulação deverá ser protegida por fita anticorrosiva de polietileno composta de um filme laminado, recoberto por adesivo betuminoso tecnicamente formulado e protegido por um laminado antiaderente. Deverá possuir alta rigidez dielétrica, excepcionais propriedades de adesão e coesão, bem como resistência a ação de ácidos, álcalis, fungos e bactérias.

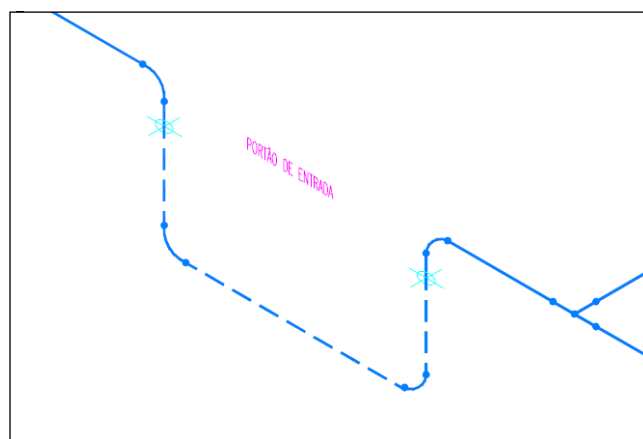


Figura 55: Trecho enterrado da rede. Fonte: Própria.

Para uma melhor análise da rede, a mesma foi dividida em duas linhas conforme Figura 56. A linha primária é onde estão os pontos de maior consumo (Canhão Monitor e Nebulização P60.000). A linha secundária é onde se encontra o hidrante mais desfavorável.

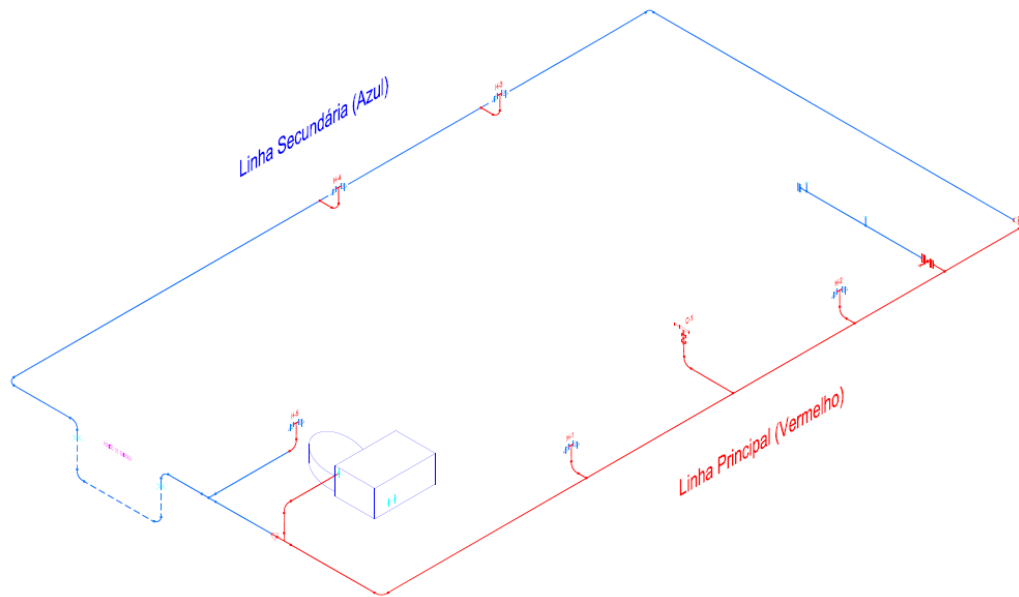


Figura 56: Linhas de alimentação. Fonte: Própria.

No cap. 6 foi definido que o diâmetro de tubulação para alimentar a linha principal seria de 6 pol e foi provado no item 6.5.1 e 6.5.4 que esse diâmetro atende os pontos de maior consumo.

Devido ao fato de a linha secundária possuir apenas pontos de baixo consumo ($60\text{m}^3/\text{h}$), foi analisado a possibilidade de redução no diâmetro da tubulação. Para que essa redução seja possível alguns parâmetros deveriam ser respeitados são eles:

- A velocidade na tubulação não pode ultrapassar 5m/s .

Calculando com a Equação 6.1 e pela maior disponibilidade calculada, alimentada pelo trecho de 6 pol.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$V = \frac{0,041055}{\frac{\pi(0,1053)^2}{4}}$$

$$V = 4,71 \text{ m/s}$$

- Ter disponibilidade de vazão no hidrante mais crítico.

Fato provado nos itens 6.5.2 e 6.5.3 do cap. 6

O benefício dessa alteração é o custo. A tubulação de 4 pol é em média 53% mais barata do que a tubulação de 6 pol. Outro benefício é o ganho na velocidade de instalação.

7.5.2. Tubos

A norma ABNT NBR 5580 apresenta as especificações de aço-carbono para uso comum na condução de fluidos.

Para definir o tubo foram adotados os seguintes parâmetros:

- Pressão;
A pressão mínima de operação seja 4 kgf/cm²;
Quando fora de operação o sistema deverá ter pressão mínima de 1 kgf/cm² e;
A pressão máxima que o sistema pode atingir é de 14 kgf/cm²
- Adotou-se a temperatura ambiente ou inferior a 60°C;
- Material com boa soldabilidade;
- Boa qualidade mecânica;

Com os parâmetros de projeto é possível encontrar uma gama de tubos que poderiam ser utilizados, porém, dentre todos os tubos disponíveis é necessário escolher o tubo que além de atender todos os parâmetros de projeto, também possua um bom custo benefício e seja de fácil acesso (pronta entrega).

Dessa forma, os tubos com costura são considerados tubos populares por ser facilmente encontrado e possuir baixo custo em relação a outros tubos. Sendo assim os tubos escolhidos para montagem do sistema são.

- TUBO COM COSTURA Ø 1" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;
- TUBO COM COSTURA Ø 3/4" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;
- TUBO COM COSTURA Ø 1.1/2" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;

- TUBO COM COSTURA Ø 2.1/2" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;
- TUBO COM COSTURA Ø 1/2" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;
- TUBO COM COSTURA Ø 2" NBR 5580 CM GALVANIZADO ROSCA NAS PONTAS ;
- TUBO COM COSTURA Ø 4" NBR 5580 CM PRETO PONTA LISA ;
- TUBO COM COSTURA Ø 6" NBR 5580 CM PRETO PONTA LISA .

Nos desenhos técnicos PF – IF – 01, PF – IF – 02, PF – IF – 03 e PF – IF – 04 que se encontram no anexo desse trabalho, estão indicados onde foram utilizados cada tubulação.

7.5.3. Acessórios

Constam nos desenhos técnicos PF – IF – 01, PF – IF – 02, PF – IF – 03 e PF – IF – 04 do projeto todos os acessórios utilizados na construção do sistema assim como sua posição de instalação no mesmo.

Por se tratar de um sistema de baixa pressão os acessórios foram escolhidos de forma a garantir o menor custo com a máxima eficiência. Dessa forma os principais parâmetros adotados foram:

- Tubulação galvanizada para maior resistência a corrosão;
- Schedule 40, como a tubulação não sofre grandes variações de pressão e possui resistência a corrosão pode-se utilizar a menor espessura permitida pela ABNT NBR 5580.
- Classe de Trabalho 150, esta classe atende os níveis de pressão alcançados pelo sistema conforme descrito no capítulo 6.
- Rosca tipo BSP, é recomendada para instalações industriais que conduzem fluidos de baixa risco como água e pressões baixas e médias. Além disso, somente devem ser utilizadas em tubos cujos diâmetros externos sejam iguais aos da norma NRB 5580.

7.6. Sistemas Móveis

Conforme apresentado no item 3.8.1 deste trabalho, sistemas móveis de combate a incêndio são a primeira linha de ataque contra incêndios de tamanho limitado e são parte complementar do um sistema de combate a incêndio. Dessa forma, deverá ser projetado, selecionado e instalado uma rede de extintores na unidade.

7.6.1. Seleção de Extintores

Segundo NBR 12693, os extintores serão selecionados segundo a Classe de Fogo e a Classe de Risco.

- Classes de Incêndio.

As Classes de Incêndio foram apresentadas no item 3.3.1 deste trabalho e para o projeto em questão de acordo com a natureza dos materiais envolvidos e a dinâmica do início ou propagação de um incêndio as classes são A, B e C.

Os extintores de incêndio poderão ser classificados para atuar em uma ou mais classes de incêndio, para isso os extintores deverão estar identificados conforme norma NBR 15808. A figura 57 apresenta o agente extintor comercial mais adequado para cada classe de incêndio, dessa forma pode-se escolher o agente extintor para uma ou mais classes.

EXTINTORES DE INCÊNDIO MAIS ADEQUADOS DE ACORDO COM A CLASSE DE RISCO					
Agente extintor	Classes de fogo				
	A	B	C	D	K
Água na forma de jato compacto	Excelente	-	-	-	-
Água na forma de neblina	Excelente	-	-	-	-
Espuma mecânica	Bom	Excelente	-	-	-
Pó químico normal (BC)	-	Excelente	Muito bom	-	Muito bom
Pó químico polivalente (ABC)	Muito bom	Excelente	Muito bom	-	Muito bom
Pó químico especial	-	-	-	Muito bom	-
Gás carbônico	-	Muito bom	Muito bom	-	-
Gás Fe 36® / Gás Halotron®	-	Excelente	Excelente	-	-
Líquido especial	-	-	-	-	Excelente

Figura 57: Agentes extintores em relação às Classes de Incêndio. Fonte: Telmo Beltrano.

A norma NBR 12693 estabelece que no combate de incêndios envolvendo líquidos e gases inflamáveis pressurizados, deverão ser utilizados extintores que tem como agente extintor pó químico.

Dessa forma para extintores de Classe A serão utilizados o agente extintor água na forma de jato compacto e para extintores de Classe BC será utilizado o agente extintor de pó químico normal.

- Classe de Risco.

Definido as Classes de Incêndio a serem combatidas e seus respectivos agentes extintores, será necessário agora definir a capacidade extintora mínima de cada extintor. Para isso será necessário dividir a unidade em áreas e classificar o risco de ocupação de cada uma.

Para realizar essa classificação de risco será necessário calcular as cargas de incêndio de cada área. No item 3.3.3 deste trabalho foi descrito que a carga de incêndio de uma unidade de GLP é de 4000 MJ/m², dessa forma, esse valor será adotado para as áreas onde há manipulação ou armazenamento de GLP. Para as áreas administrativas, incluindo portaria, recorreu-se a Tabela A.1 no Anexo A da norma ABNT NBR 12693 que estabelece que nestas áreas a carga de incêndio seja de 700 MJ/m².

Para definir o nível do risco a ABNT NBR 12693 estabelece os seguintes critérios:

- Risco Baixo – Carga de Incêndio até 300 MJ/m².
- Risco Médio – Carga de Incêndio de 300 MJ/m² até 1200 MJ/m².
- Risco Alto – Carga de Incêndio acima de 1200 MJ/m².

A partir dessas informações, a Figura 58 apresenta a classificação por grau de risco das áreas da Unidade.

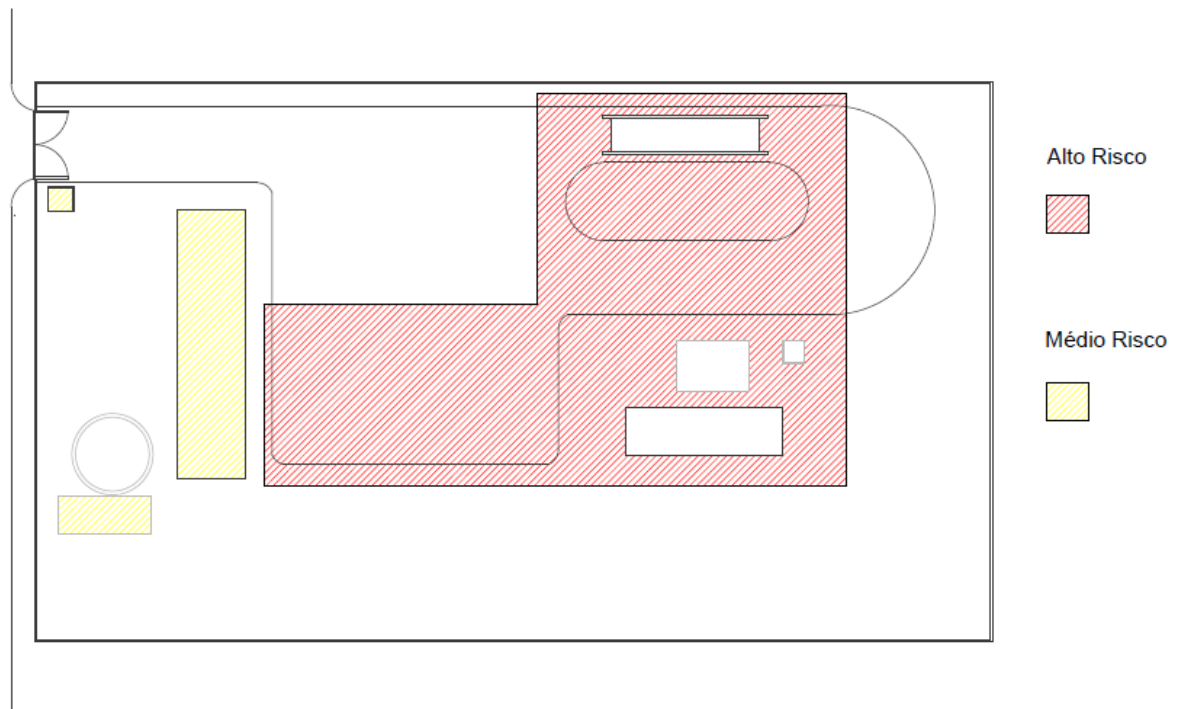


Figura 58: Áreas de Risco Fonte: Própria.

A área com alto risco tem uma dimensão de 2.673 m² já as áreas com médio risco possuem somadas possuem 325 m². A Figura 59 apresenta as capacidades extintoras mínimas e distancia máxima a ser percorrida para cada grau de risco.

CAPACIDADES EXTINTORAS MÍNIMAS E DISTÂNCIAS MÁXIMAS A SEREM PERCORRIDAS			
Classe de fogo	Classe de risco da ocupação	Capacidade extintora mínima	Distância máxima a ser percorrida
			m
A	Baixo	2A	25
	Médio	3A	20
	Alto	4A ⁽¹⁾	15
B ⁽²⁾	Baixo	20B	15
	Médio	40B	15
	Alto	80B	15
C	-	C	15
D	-	-	20

(1) Dois extintores com carga de água de capacidade extintora 2A, quando instalados um ao lado do outro, podem ser utilizados em substituição a um extintor 4A.

(2) A carga mínima de agente extintor de pó ABC para atender a capacidade extintora mínima de 20B é de 4kg, enquanto que a carga mínima de agente extintor de pó BC deve ser de 6 kg para atender à mesma condição, ver a tabela 14.2.

Figura 59: Capacidades Extintoras e distâncias a serem percorridas. Fonte: Telmo Beltrano.

A Figura 60 apresenta a classificação dos extintores e as cargas comerciais para seleção dos extintores que serão utilizadas na Unidade.

Agente extintor	Extintor portátil			Extintor sobre rodas		
	Carga comercial	Unidade extintora	Capacidade extintora mínima	Carga comercial	Unidade extintora	Capacidade extintora mínima
Água	10 litros	10 litros	2A	50 litros 75 litros 150 litros	≤ 50 litros ≤ 75 litros > 75 litros	3A 6A 10A
Espuma mecânica	9 litros 10 litros	9 litros	2A;10B	50 litros 75 litros 150 litros	≤ 50 litros ≤ 75 litros > 75 litros	3A;40B;C 6A;40B;C 10A;40B;C
Pó químico ABC	4 kg 6 kg 8 kg 12 kg	≤ 4 kg < 6 kg ≥ 6 kg > 9 Kg	2A;20B;C 3A;20B;C 4A;30B;C 6A;30B;C	20 kg 50 kg 100 kg	≤ 30 kg ≤ 50 kg ≤ 70 kg < 100 kg > 100 kg	6A;80B;C 10A;80B;C 20A;120B;C 30A;120B;C 40A;120B;C
Pó químico BC	6 kg 8 kg 12 kg	≤ 6 kg > 6 kg	20B;C 30B;C	20 kg 50 kg 100 kg	< 20 kg ≤ 60 kg > 60 kg	40B;C 80B;C 120B;C
Gás carbônico	6 kg	6 kg	5B;C	10 kg 25 kg 30 kg 50 kg 100 kg	10 kg	10B;C
Gás Fe 36 ⁽¹⁾	2,2 kg 5,0 kg	≥ 2 kg > 3 kg > 8 kg	5B;C 10B;C 2A;10B;C	5,0 kg 15,0 kg	≤ 15 kg > 15 kg	10B;C 2A;20B;C
Gás Halotron ⁽²⁾ I	2,3 kg 5,0 kg	≥ 2 kg > 3 kg > 8 kg	5B;C 10B;C 2A;10B;C	5,0 kg 15,0 kg	≤ 15 kg > 15 kg	10B;C 2A;20B;C

(1) Marca registrada da Du Pont.

(2) Marca registrada da Kidde.

(3) É destacada em negrito a capacidade extintora mínima para cada tipo de agente extintor.

Figura 60: Classificação dos extintores e carga comercial. Fonte: Telmo Brentano.

Dessa forma serão utilizados extintores portáteis 2A e 20 BC nas áreas de classificação Médio Risco e nas áreas de classificação de alto risco serão utilizados serão utilizados extintores portáteis 2A e 20 BC e extintores sobre rodas 80BC.

7.6.2. Disposição

A disposição dos extintores deverá atender os seguintes requisitos:

- Devem estar em local de fácil acesso e prontamente disponíveis em uma ocorrência;
- Cada pavimento deve ter no mínimo duas unidades extintoras;
- Devem estar visíveis e sinalizados conforme norma ABNT NBR 13434-1;
- Extintores portáteis deverão ser instalados em suportes ou em abrigos com altura máxima de 1,6 m ou a 0,1 m do piso e os extintores sobre rodas deverão estar protegidos em uma brigo;

- Em ambientes fechados (ex: prédios administrativos), deverá existir ao menos um extintor a não mais que 5 m da porta de acesso;
- Em ambientes fechados (ex: subestações, sala de maquinas, etc), deverá ser instalado extintores no lado externo próximo a entrada;
- Em locais de alto risco, a disposição dos extintores deverá ser a cada 15 m.

Conforme apresentado na Figura 61 a disposição dos extintores esta atendendo toda a área de risco. Para isso foram utilizados 7 extintores do tipo 2A, 7 do tipo 20BC e dois do tipo 80BC.

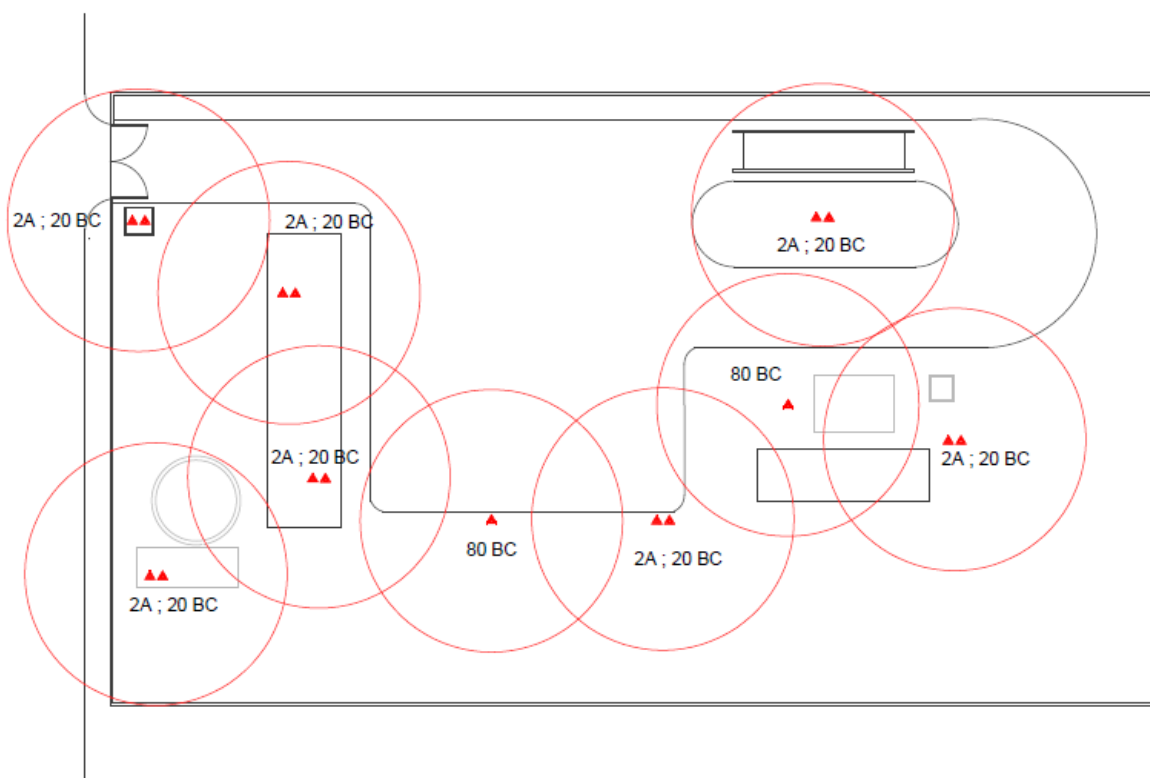


Figura 61: Disposição dos extintores na Unidade. Fonte: Própria.

Capítulo 8

Considerações Finais

Conforme os dados apresentados no projeto, o dimensionamento de uma rede de combate e prevenção a incêndio abrange um estudo amplo, pois há um paralelo entre conceitos de engenharia mecânica e normas estabelecidas por órgãos competentes.

Vale ressaltar que após a execução do projeto será necessário realizar alguns procedimentos que visam verificar se o sistema real corresponde ao especificado em projeto.

O primeiro procedimento consiste em uma inspeção visual que compreende na verificação do executado em relação ao planejamento, ou seja, é verificado se todos os equipamentos, acessórios e canalizações foram instalados conforme especificado em projeto. Caso tenha alguma discordância à mesma deverá, após verificação e aceite do projetista, ser incluídas no projeto.

O segundo procedimento consiste no teste de estanqueidade do sistema. Este teste verifica o comportamento dos equipamentos e canalizações em relação a possíveis vazamentos ou falhas na montagem. Para isso, o sistema deverá ser posto sobre pressão hidrostática equivalente a 1,5 vezes a pressão máxima de trabalho e o sistema deverá manter essa pressão por no mínimo 2 horas sem perdas. O sistema poderá ser avaliado por manômetros instalados pelo sistema ou por inspeção visual.

Em caso de vazamentos, devem-se tomar as medidas corretivas indicadas a seguir.

- Juntas: desmontagem da junta, com substituição das pelas comprovadamente danificadas;
- Tubos: substituição do trecho retilíneo danificado;
- Válvulas: substituição completa;
- Acessórios: substituição completa;

O terceiro e último procedimento consiste em um teste de operação completo. Esse teste busca verificar o comportamento do sistema sob condição plena de operação, para isso são testados todos os acessórios do sistema e bombas.

Os testes deverão avaliar os seguintes pontos:

- Teste no sistema de bombas: As duas bombas deverão ser testadas separadamente por acionamento automático (pressostato) ou manual nos condições mais críticas do sistema;
- Teste da pressão dinâmica nos casos de operação mais desfavoráveis: deverá ser realizada as medições de pressão dinâmica na ponta dos respectivos esguichos com auxílio de tubo Pitot;
- Teste das pressões de sucção e recalque: com auxílio de uma mono vacuômetro e manômetros de linha, se faz as medições para verificar se os valores são iguais ou superiores (dentro do limite especificado) aos valores teóricos informados em projeto.

Portanto, este trabalho demonstra através de um projeto descritivo, a interpretação das normas e conceitos de engenharia aplicadas a cálculos que comprovam a eficiência teórica do dimensionamento do sistema, podendo este trabalho ser apresentado como um direcionador para aplicação em projetos reais.

Referências Bibliográficas

- [1] INCROPERA, DEWITT, BERGMAN e LAVINE, Fundamentos de Transferência de Calor e Massa, 6 ed., LTC, 2011.
- [2] T. BRENTANO, A Proteção Contra Incêndios no Projeto de Edificações, 3 ed., 2015.
- [3] E. E. D. MATTOS, Bombas Industriais, 2 ed., Inteciência, 1998.
- [4] B. R. MUNSON, D. F. YOUNG e T. H. OKIISHI, Fundamentos da Mecânica dos Fluidos, 4 ed., Blucher, 2004.
- [5] “Escola da Vida,” [Online]. Available: http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22010/prepara%C3%A7%C3%A3o_aulas/planejamento_aula3.pdf. [Acesso em 23 Novembro 2017].
- [6] “Escola da Vida,” [Online]. Available: http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12010/sexta_aula_de_me5330.pdf. [Acesso em 24 Outubro 2017].
- [7] PETROBRAS, *N-1645: Critérios de Segurança para Projeto de Instalações Fixas de*.
- [8] PETROBRAS, *N-1593: Ensaio Não Destrutivo - Estanqueidade*.
- [9] PETROBRAS, *N-1596: Ensaio Não Destrutivo - Líquido Penetrante*.
- [10] PETROBRAS, *N-1203: Projeto de Sistema de Proteção Contra Incêndio em Instalações com Hidrocarbonetos*.
- [11] PETROBRAS, *N-115: Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas*.
- [12] PETROBRAS, *N-2444: Material de Tubulação para Dutos, Bases, Terminais e Estações*.
- [13] PETROBRAS, *N-1645: Segurança na Armazenagem de Gás Liquefeito de Petróleo*.
- [14] PETROBRAS, *N-1272: Tampão para Mangueira de Incêndio*.
- [15] PETROBRAS, *N-1268: Adaptador para Mangueira de Incêndio*.
- [16] PETROBRAS, *N-111: Hidrantes Industriais*.
- [17] PETROBRAS, *N-76: Materiais de Tubulação*.
- [18] PETROBRAS, *N-59: Símbolos Gráficos para Desenhos de Tubulação*.

- [19] PETROBRAS, *N-57: Projeto Mecânico de Tubulações Industriais*.
- [20] NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego, *NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações*.
- [21] NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego, *NR-20: Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis*.
- [22] NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego, *NR-26: Sinalização de Segurança*.
- [23] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR 13714: Sistema de Hidrantes e Mangotinhos e Acessórios*.
- [24] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR 17505: Sistemas de Tubulações: Parte 3*.
- [25] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR 17505: Proteção Contra Incêndio para Parques de Armazenamento com Tanques Estacionários: Parte 7*.
- [26] NFPA, National Fire Protection Association, *Nº 15 - Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*.
- [27] B. C. FLORES, É. A. ORNELAS e L. E. DIAS, *Fundamentos de Combate a Incêndio - Manual de Bombeiros*, 1 ed., 2016.
- [28] M. D. SANTANA, *Adequação do Sistema Preventivo de Combate ao Incêndio: Estudo de Caso Hotel Caesar Park, Niterói*, 2010.
- [29] P. C. S. TELLES, *Tubulações Industriais - Materiais, Projeto, Montagem*, 10 ed., LTC.
- [30] P. C. S. TELLES, *Tubulações Industriais - Cálculo*, 9 ed., LTC.
- [31] T. GOMES, *Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio*, Santa Maria, RS, 2014.
- [32] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 15186: Base de armazenamento, envazamento e distribuição de GLP - Projeto e construção*.
- [33] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 14276: Brigada de incêndio - Requisitos*.
- [34] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 15219: Plano de emergência contra incêndio - Requisitos*.
- [35] DCI - Diário Comércio Indústria e Serviços, [Online]. Available: www.dci.com.br/.
- [36] ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, [Online]. Available: www.anp.gov.br/.

- [37] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR NM 334:2012: Ensaio Não destrutivo - Líquidos Penetrantes - Detecção de descontinuidades.*
- [38] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR 9443: Extintor de incêndio classe A - Ensaio de fogo em engradado de madeira.*
- [39] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas., *NBR 12693: Sistemas de proteção por extintores de incêndio.*
- [40] Sindigás - Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo, [Online]. Available: www.sindigas.org.br/.
- [41] NFPA, National Fire Protection Association, *Nº 20 - Centrifugal Fire Pumps.*
- [42] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 7505: Proteção Contra Incêndio: Parte 4.*
- [43] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 5580: Tubos de aço-carbono para usos comuns na condução de fluidos.*

ANEXO A



1.11.17 COMPRIMENTOS EQUIVALENTES A PERDAS LOCALIZADAS

DIÂMETRO D		Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. (Expressos em metros de canalização retilínea)*																		
mm	pol.																			
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

* Os valores indicados para registros de globo, aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

ANEXO B

Desenhos técnicos de Sistema de Proteção e Combate à Incêndio:

PF – SITUAÇÃO – 01

PF – GERAL – 01

PF – GERAL – 02

PF – IS – 01

PF – IS – 02

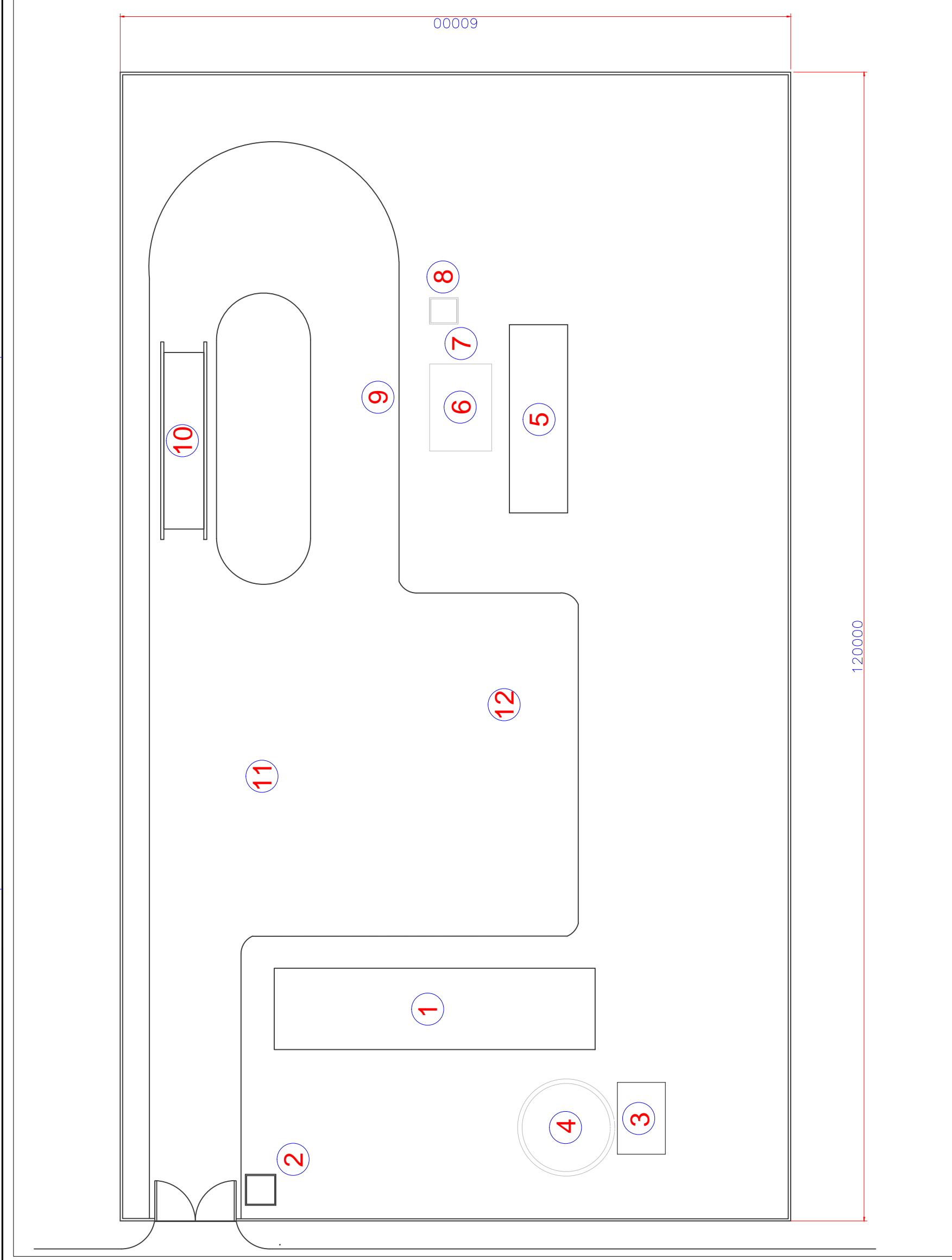
PF – IS – 03

PF – IS – 04

PF – RAIOS DE AÇÃO – 01

PF – ANÁLISE DE RISCO DOS EXTINTORES – 01


PF – DISTRIBUIÇÃO DOS EXTINTORES – 01

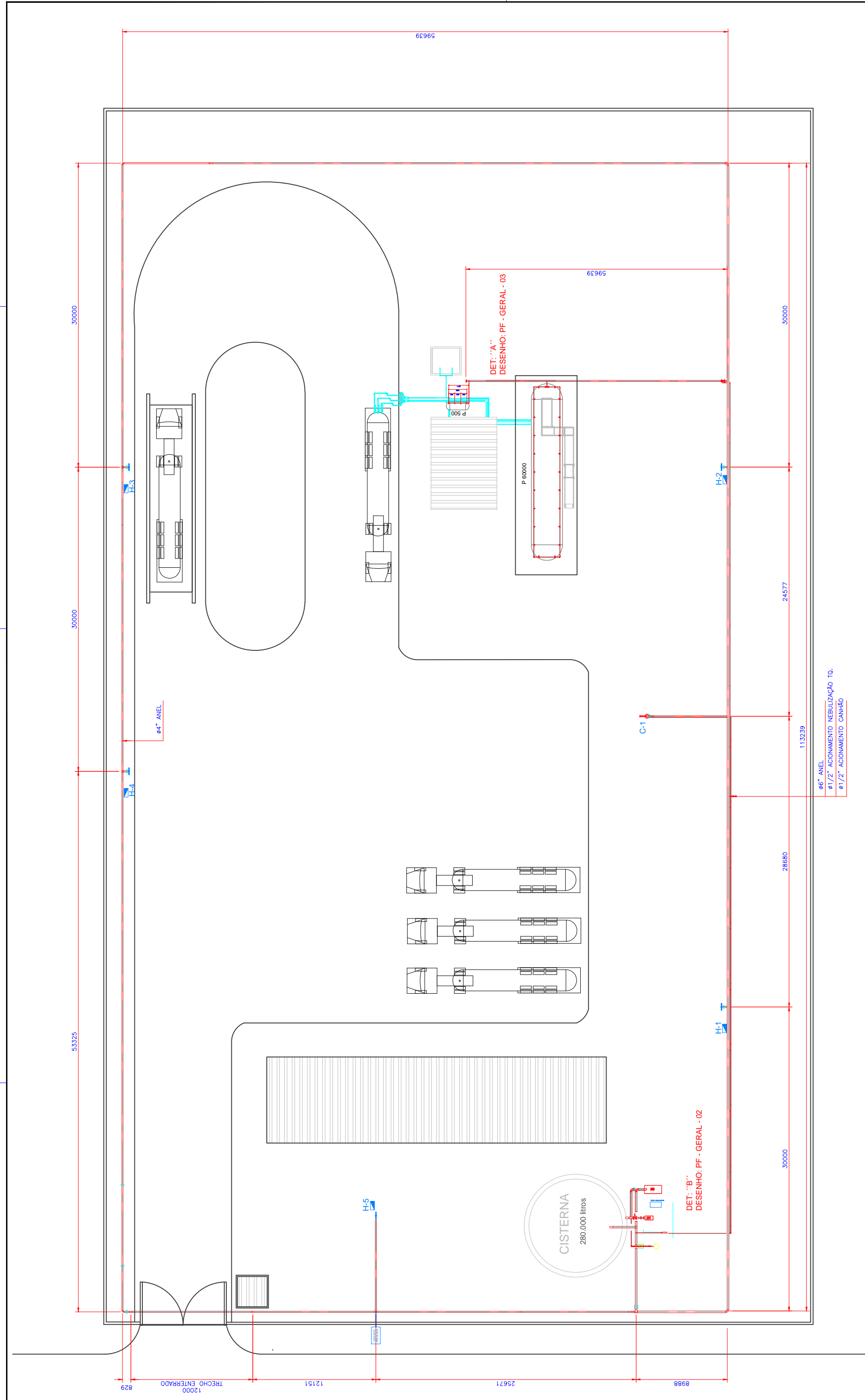


LOCALIZAÇÃO DAS CONTRUÇÕES

- 1 - ADMINISTRAÇÃO - 264 m²
- 2 - PORTARIA - 8 m²
- 3 - CASA DE BOMBAS ANTI-INCÊNDIO - 37,5 m²
- 4 - RESERVATÓRIO DE ÁGUA
- 5 - TANQUE DE GLP - 60 TONELADAS
- 6 - CASA DE BOMBAS E COMPRESSOR GLP
- 7 - TANQUE DE DECANTAÇÃO - 500 kg
- 8 - ÁREA DE RETIRADA DE RESÍDUO
- 9 - ÁREA DE TRANFERÊNCIA
- 10 - BALANÇA RODOVIÁRIA
- 11 - PÁTIO DE MANOBRA
- 12 - ÁREA DE ESTACIONAMENTO DE AUTOTANQUES

0	Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.

	
Resp. Técnico: DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA GUILHERME BRANDÃO MATOS	
Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP	
Subtítulo: PLANTA SITUAÇÃO	
Local:	
Numero:	01
Escala:	SE
Rev.:	1



0	Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.



Resp. Técnico:
 DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
 DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
 GUILHERME BRANDÃO MATOS

Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP

Subtítulo: PLANTA GERAL

Local: 01

Escala: SE

Rev.: 1

113239
 #6" ANEL
 #1/2" ACOMENTAMENTO NEBULIZAÇÃO TQ.
 #1/2" ACOMENTAMENTO CANHÃO

DET: "A"
 DESENHO: PF - GERAL - 03

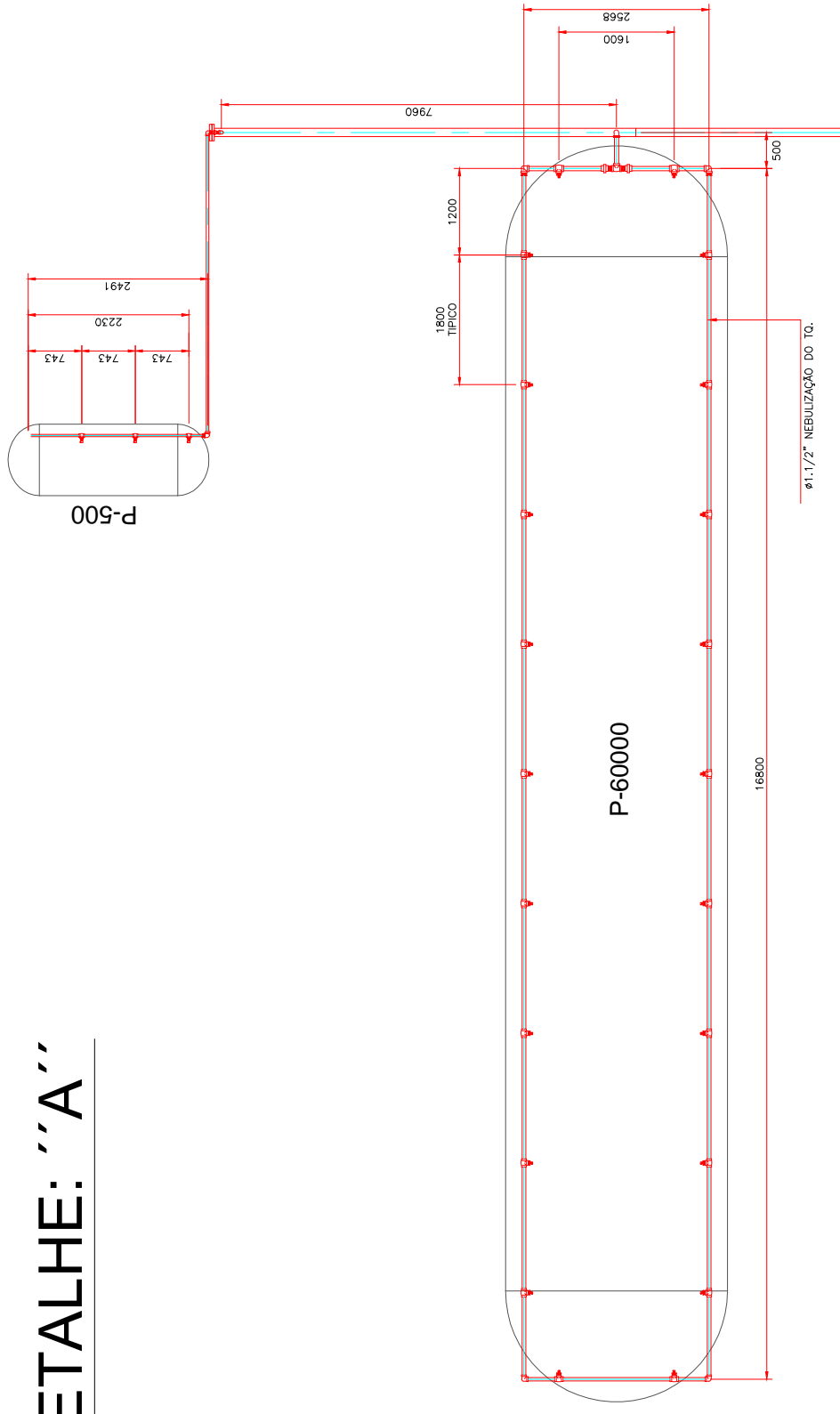
DET: "B"
 DESENHO: PF - GERAL - 02

C-1

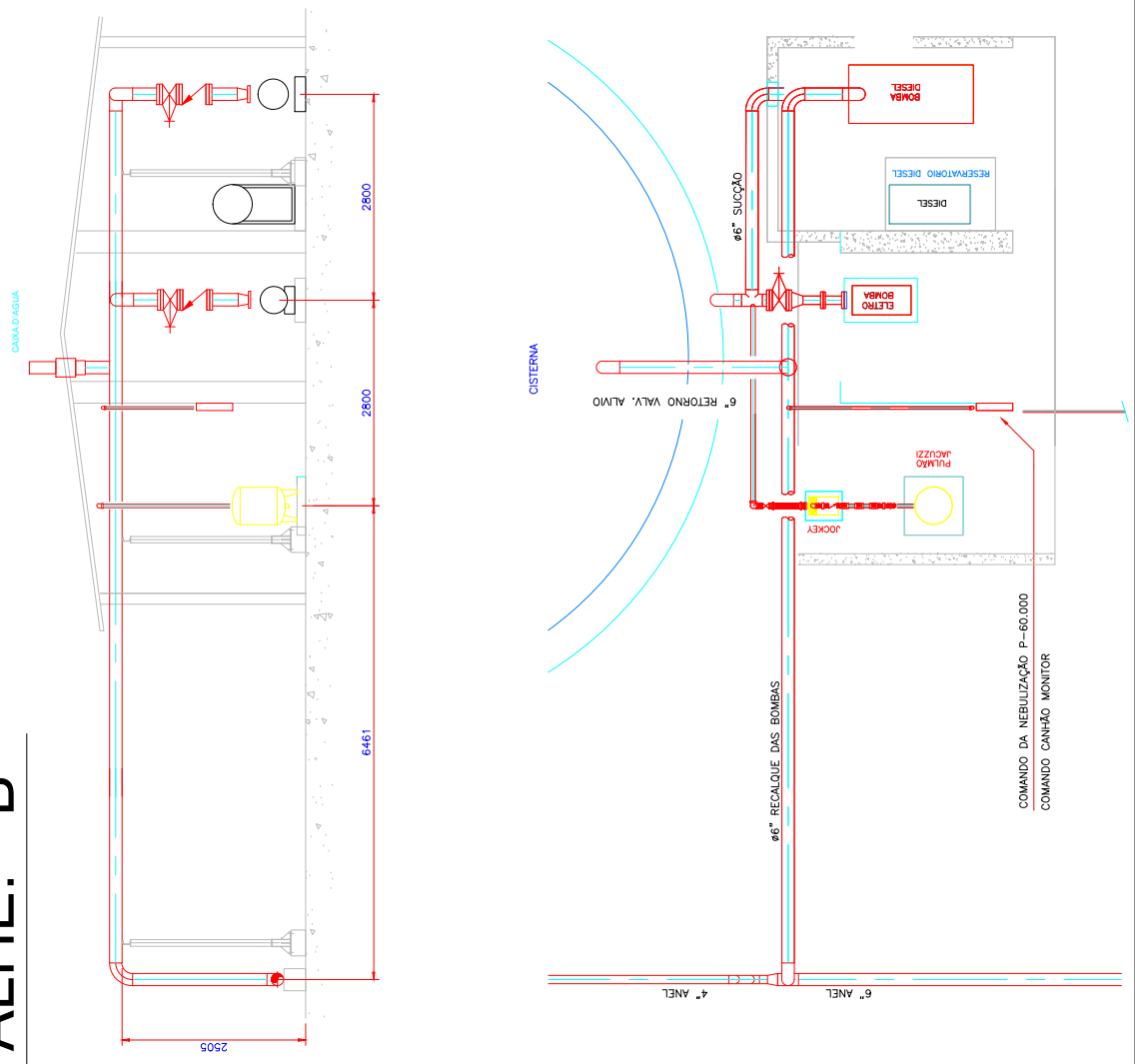
CISTERNA
 280.000 litros

12000
 TRECHO ENTERRADO

DETALHE: "A"

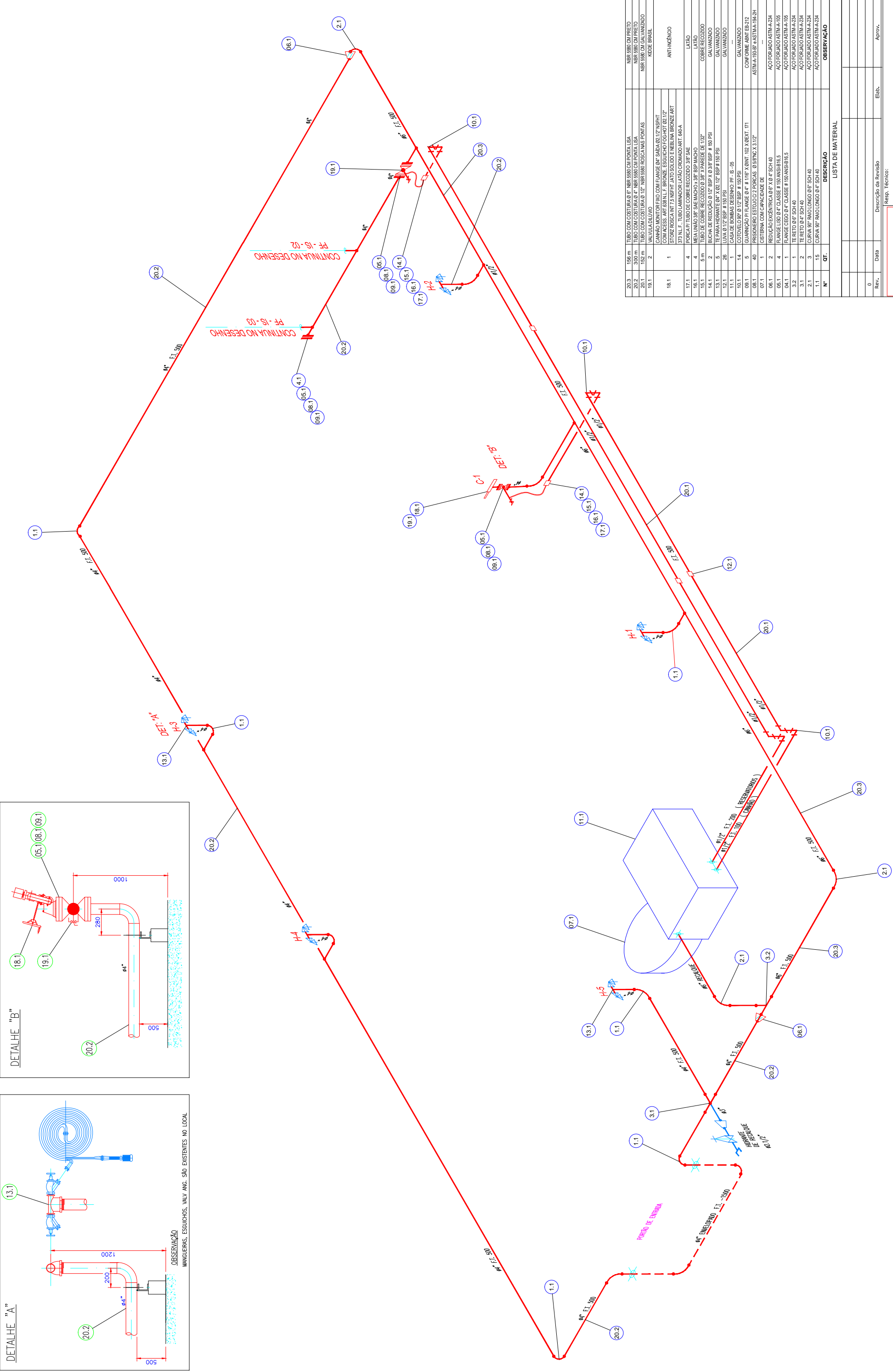
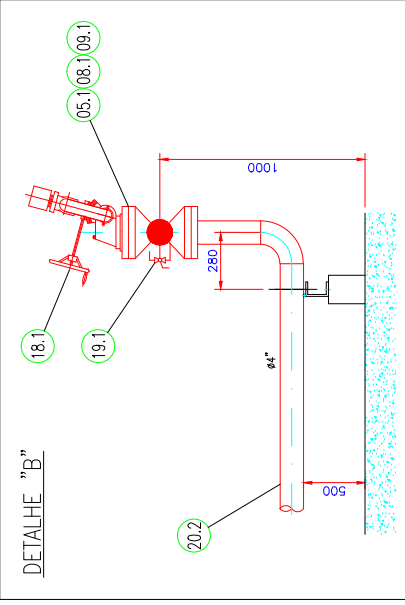
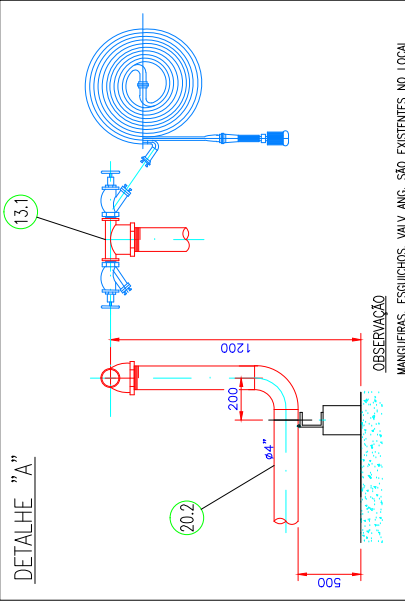


DETALHE: "B"



Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.
0				

CEFET/RJ
 Resp. Técnico:
 DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
 DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
 GUILHERME BRANDÃO MATOS
 Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP
 Subtítulo: PLANTA GERAL
 Local: _____
 Número: 02
 Escala: SE
 Rev.: 1



Nº	QT.	DESCRIÇÃO	LISTA DE MATERIAL
18.1	1	CANHO MONITORADO COM FLANGE 04" SADA 02.1/2" NSPHT COM ACCESS. ART 638 N.L.F. BRONZE. ESQUICHO FOG-HOT 02.1/2" STORZ ROSCANIT 7.5 NSPHT LATÃO SÓLIDO E NERLINA BRONZE ART 373 N.L.F. TUBO LAMINADOR LATÃO CROMADO ART. 640-A	ANTIFENÓCIDO
17.1	4	MEIA ANÃO 3/8" SAE MACHO X 3/8" BSP MACHO	LATAO
16.1	4	TUBO DE COBRE RECOZIDO 0.38" X PAREDE DE 1.02"	CORRE RECOZIDO
15.1	5	BUCHA DE REDUÇÃO 0.1/2" BSP X 0.3/8" BSP # 159 PSI	GALVANIZADO
14.1	2	TE PARA HIDRANTE 04" X 0.1/2" BSP # 159 PSI	GALVANIZADO
13.1	26	LULA 0.1/2" BSP # 159 PSI	GALVANIZADO
12.1	1	CASA DE BOMBAS DESENHO PF-15-05	---
11.1	14	COTOVELO 90° 0.1/2" BSP # 159 PSI	GALVANIZADO
10.1	5	GUARNIÇÃO FLANGE 04" X 1/2" X 0.625" 0.625" X 1.025" 0.625" X 1.025" 0.625" X 1.025"	CONFORME 88NT ES-212
09.1	40	PRISSEIRO ESTUDO C/ ZPORCAS Ø 3/8" X 1.125" X 1.125" X 1.125"	ASTM-A193-B7 ASTM-A194-2H
08.1	1	CISTINA COM CAPACIDADE DE	---
07.1	1	REDUÇÃO ENCRICADA 0.1/2" X 0.1/2" SCH 40	ACORDADO ASTM-A234
06.1	2	FLANGE ISO 04" CLASSE # 150 ANSIBR15	ACORDADO ASTM-A193
05.1	4	FLANGE CEGO 04" CLASSE # 150 ANSIBR15	ACORDADO ASTM-A193
04.1	1	TE RETO 04" SCH 40	ACORDADO ASTM-A234
03.1	2	TE RETO 04" SCH 40	ACORDADO ASTM-A234
02.1	3	CURVA 90° RÁDIO LONGO 04" SCH 40	ACORDADO ASTM-A234
01.1	15	CURVA 90° RÁDIO LONGO 04" SCH 40	ACORDADO ASTM-A234

Resp. Técnico:

DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
GUILHERME BRANDÃO MATOS

Título: TUBULAÇÃO
 REDE ANTI-FENÓCIDO

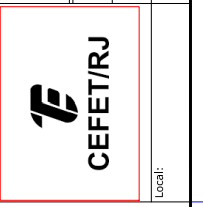
Substituto: ISOMETRICO DO ANEL

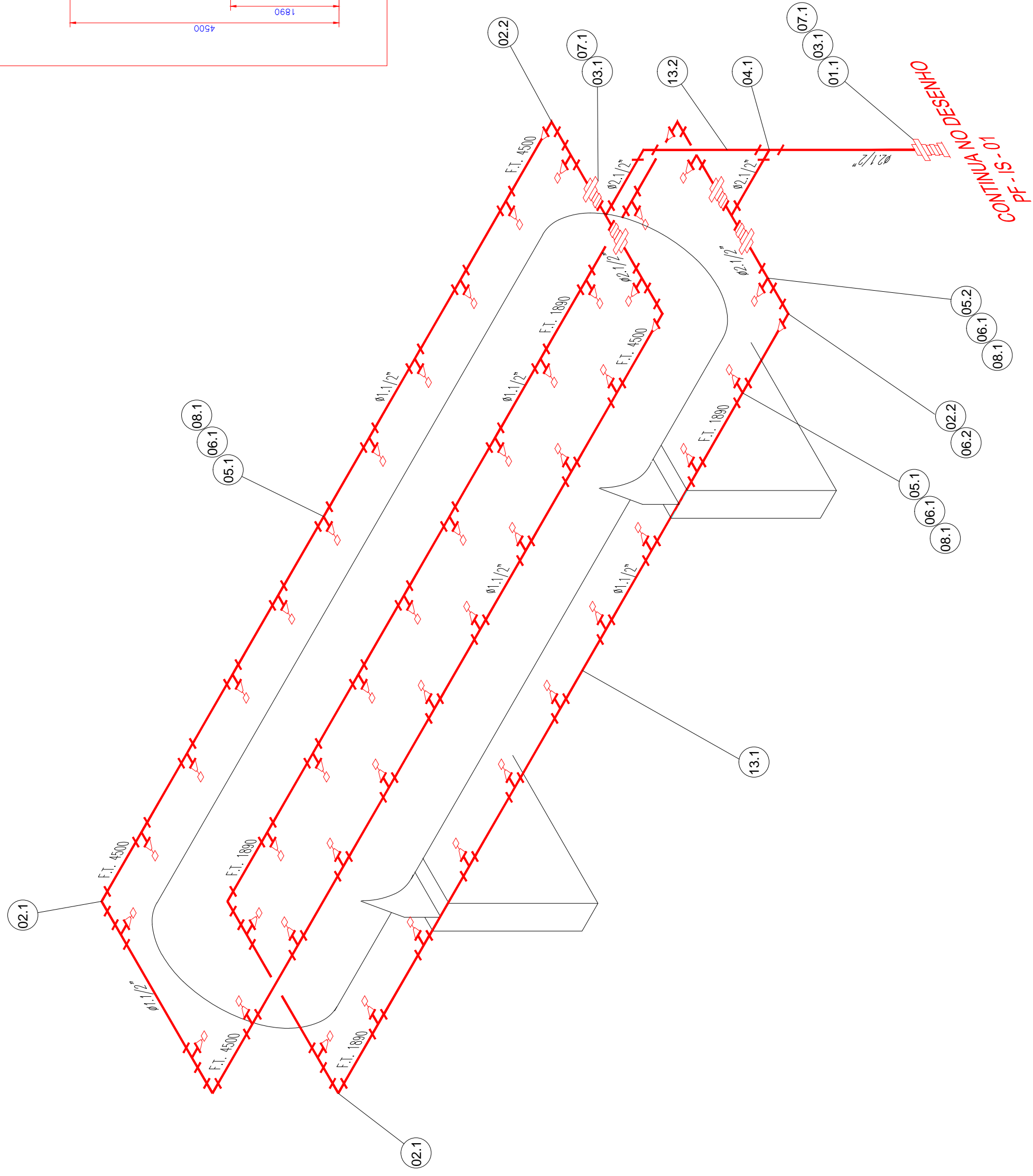
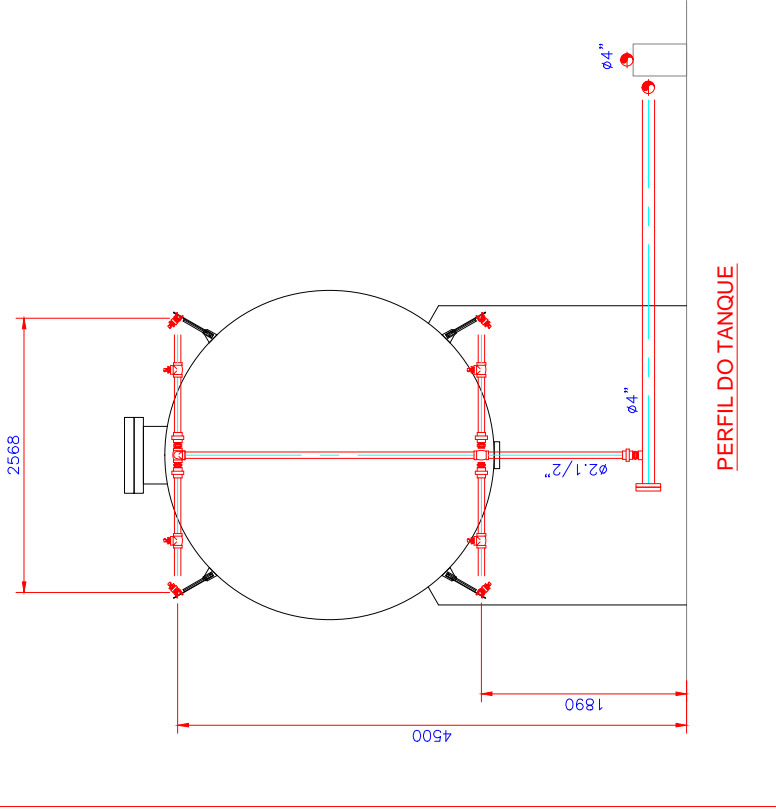
Local: _____

Numero: 01

Escala: SE

Rev.: 1





Nº	QT.	DESCRIÇÃO	LISTA DE MATERIAL
13.2	6 m	TUBO COM COSTURA Ø 2.1/2" NBR 5580 CARISSA NAS PONTAS	NBR 5580 CM GALVANIZADO
13.1	78 m	TUBO COM COSTURA Ø 1.1/2" NBR 5580 CARISSA NAS PONTAS	NBR 5580 CM GALVANIZADO
12.1	80	PARAFUSO CAB. SEXT. 3/8" X 1.14"	AO ZINCADO
11.1	40	ORELHA DE RIVAÇÃO	ABNT 1020
10.1	12 m	CANTONEIRA ABAS IGUAIS 1/4" X 2" X Z"	ABNT 1020
08.1	40	ABRAÇADORA LI. DE VERGALHO PARA TUBO Ø 1.1/2"	AO ZINCADO
08.1	44	NEBLIZADOR MOD. UM. 3/11 CM. FURO Ø 4.0mm. 3/8" W/EM. LIAO	UNICONTROL OUI SIMILAR
07.1	5	NIPLE DUPLO Ø 2.1/2" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
06.2	4	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 3/4" BSP X Ø 3/8" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
06.1	44	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 3/4" BSP X Ø 3/8" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
05.2	4	TEDE REDUÇÃO Ø 1/2" BSP X Ø 3/4" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
05.1	40	TEDE REDUÇÃO Ø 1/2" BSP X Ø 3/4" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
04.1	3	TEDE Ø 2.1/2" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
04.1	3	TEDE Ø 1.1/2" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
03.1	5	UNHO Ø 2.1/2" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE	GALVANIZADO
02.2	4	CURVA FLECHA 90° Ø 2.1/2" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
02.1	4	CURVA FLECHA 90° Ø 1.1/2" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
01.1	1	TREDELET 2.1/2" BSP PARA TUBO Ø 2" CLASSE # 3000	AO FORJADO ASTM A-105

LISTA DE MATERIAL

Nº	Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.
0					

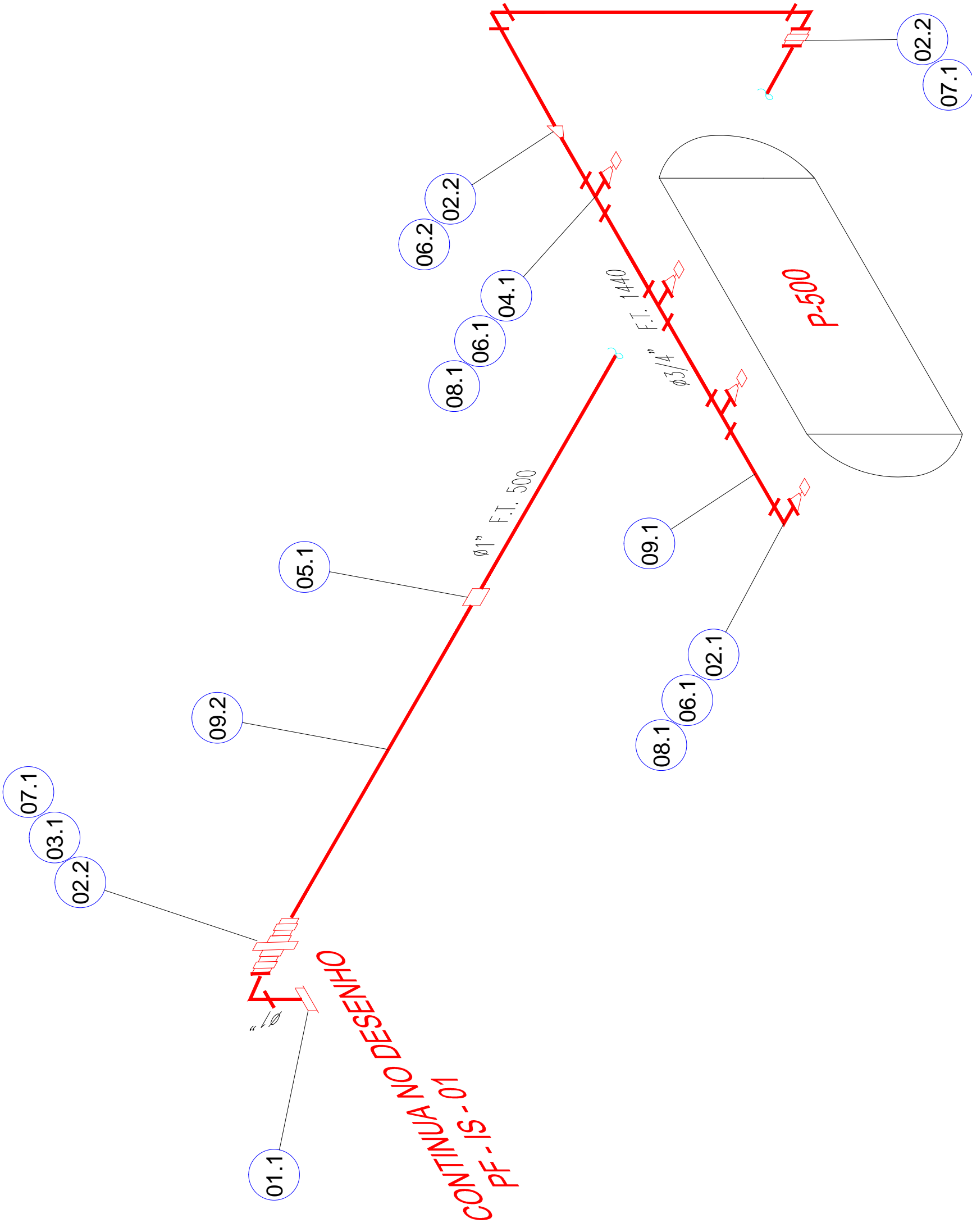
Resp. Técnico:
DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
GUILHERME BRANDÃO MATOS

Título:
 TUBULAÇÃO

Subtítulo:
 ISOMETRICO NEBULIZAÇÃO TANQUE 60.000 KG

Local:
 Número: 02
 Escala: SE
 Rev.: 1





**CONTINUA NO DESENHO
PF-IS-01**

N°	QT	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO
02.2	30 m	TUBO COM COSTURA Ø 1" NBR 5580 COM ROSCAS NAS PONTAS	NBR 5580 GALVANIZADO
08.1	2 m	TUBO COM COSTURA Ø 3/4" NBR 5580 COM ROSCAS NAS PONTAS	NBR 5580 GALVANIZADO
06.1	4	NEBULIZADOR MOD. UM-3111 COM FURO Ø 4,0mm 3/8" W EN LATÃO	UNICONTROL OU SIMILAR
07.1	3	NFLE DUPLO Ø 1" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
06.2	1	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 1" BSP X Ø 3/4" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
06.1	4	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 3/4" BSP X Ø 3/8" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
05.1	3	LUVA Ø 1" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
04.1	3	TE RETO Ø 3/4" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
03.1	1	UNIAO Ø 1" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE	GALVANIZADO
02.2	9	COTOVELO 90º Ø 1" BSP # 150 PSI	GALVANIZADO
02.1	1	TREDDLET 1" BSP PARA TUBO Ø 1" CLASSE # 8000	ACOT FORNADO ASTMA 105
01.1	1	TREDDLET 1" BSP PARA TUBO Ø 3/4" CLASSE # 8000	ACOT FORNADO ASTMA 105

LISTA DE MATERIAL			
N°	QT	DESCRIÇÃO DO REVISÃO	Elab.
0			
Rev.	Data		Apov.

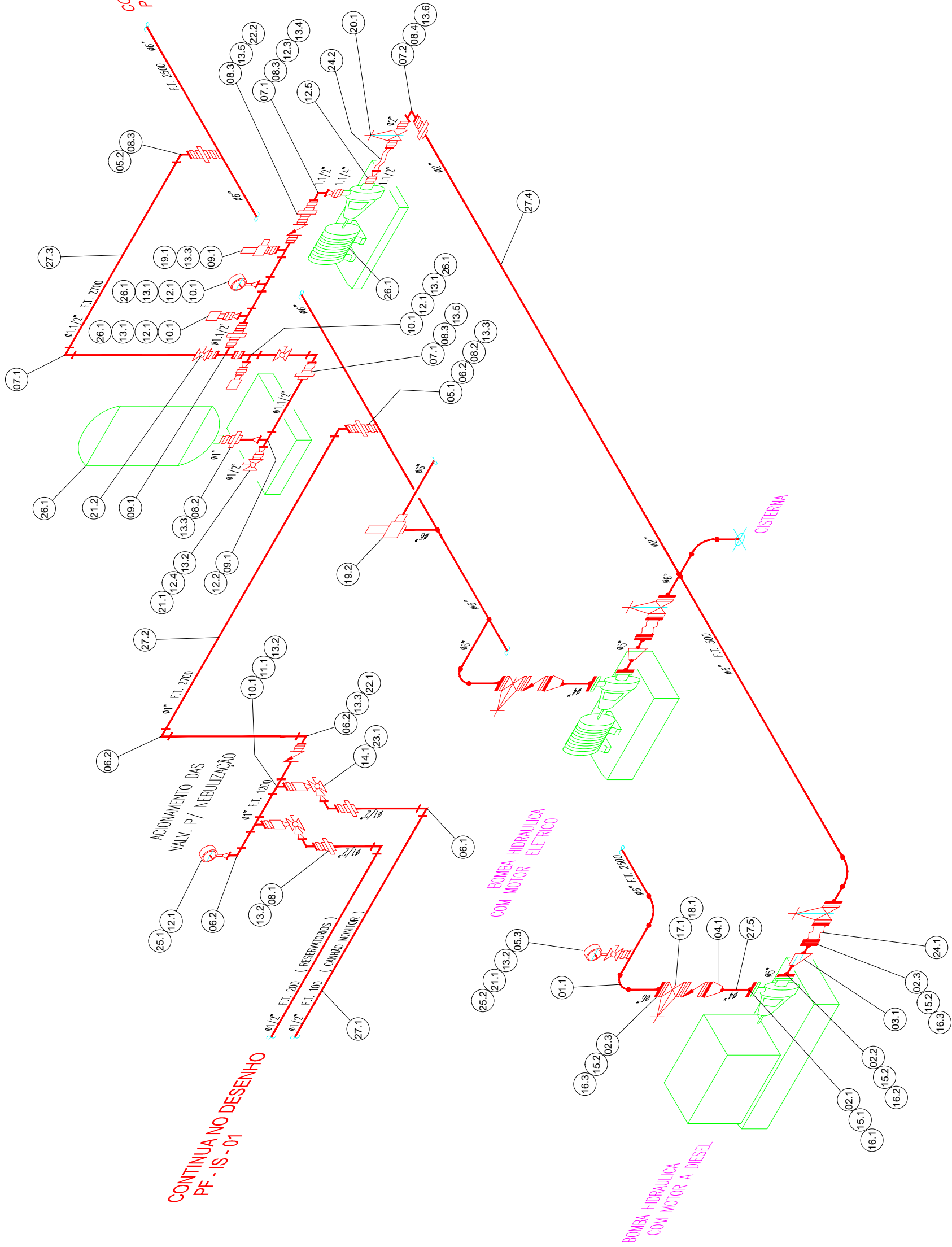
CEFET/RJ

Resp. Técnico:
DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
GUILHERME BRANDÃO MATOS

Título:
 TUBULAÇÃO
 REDE ANTINCÊNDIO

Subtítulo:
 ISOMETRICO TANQUE DE DECANTAÇÃO P500

Local:
 Número: 03
 Escala: SE
 Rev.: 1



CONTINUA NO DESENHO PF - IS - 01

CONTINUA NO DESENHO PF - IS - 01

Nº	QT.	DESCRIÇÃO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	UNIDADE
27.6	12 m	TUBO COM COSTURA Ø 6" NBR 5880 CM PONTA LISA		NBR 5880 CM PRETO			
27.5	0.2 m	TUBO COM COSTURA Ø 6" NBR 5880 CM PONTA LISA		NBR 5880 CM GALVANIZADO			
27.4	6 m	TUBO COM COSTURA Ø 2" NBR 5880 CM ROSCAS NAS PONTAS		NBR 5880 CM GALVANIZADO			
27.3	6 m	TUBO COM COSTURA Ø 2" NBR 5880 CM ROSCAS NAS PONTAS		NBR 5880 CM GALVANIZADO			
27.2	6 m	TUBO COM COSTURA Ø 1" NBR 5880 CM ROSCAS NAS PONTAS		NBR 5880 CM GALVANIZADO			
27.1	12 m	TUBO COM COSTURA Ø 1/2" NBR 5880 CM ROSCAS NAS PONTAS		NBR 5880 CM GALVANIZADO			
26.1	1	SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO		Jockey			
25.2	1	MANÔMETRO COM GLICERINA Ø 1/2" BSP MONTADO Ø 4"		AÇO INOX			
25.1	1	MANÔMETRO COM GLICERINA Ø 1/4" BSP MONTADO Ø 2"		AÇO INOX			
24.2	1	TUBO METÁLICO ELEVADOR PARA ÁGUA CLASSE 250 PSI		S.P.T.F. OU SIMILAR			
24.1	1	AMORTECEDOR DE VIBRAÇÃO / FOLE E CANO GUIA Ø 6" COM FLANGE # 150 PSI		AÇO INOX			
23.1	2	VALVULA DE ESFERA 3 VAS Ø 3/8" BSP # 150 PSI		BRONZE FUNDIDO			
22.2	1	VALVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL Ø 1/2" BSP # 150 PSI		BRONZE COM ASSENTO EM TEFALON			
21.2	1	VALVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL Ø 1" BSP # 150 PSI		BRONZE COM ASSENTO EM TEFALON			
21.1	2	VALVULA DE ESFERA Ø 1/2" BSP # 150 PSI PASSAGEM PLENA		CORPO EM LATAÇÃO ESFERA EM INOX			
20.1	1	VALVULA DE ESFERA Ø 2" BSP # 150 PSI		BRONZE FUNDIDO			
19.2	1	VALVULA DE SEGURANÇA C/ INOLA E SAIDA ANGULAR Ø 6" BSP CALIBR. 9 # 150 PSI		BRONZE FUNDIDO			
18.1	1	VALVULA DE SEGURANÇA C/ INOLA E SAIDA ANGULAR Ø 1" BSP CALIBR. 5 # 150 PSI		BRONZE FUNDIDO			
17.1	1	VALVULA DE RETENÇÃO C/ PORTINHA Ø 6" C/ FLANGE # 150 PSI		AÇO FUNDIDO			
16.3	4	GUARNIÇÃO P/ FLANGE Ø 6" # 116" X 6NT. 94 X 6EXT. 719		AÇO FUNDIDO			
16.2	1	GUARNIÇÃO P/ FLANGE Ø 6" # 116" X 6NT. 94 X 6EXT. 168		CONFORME ABNT EB-212			
16.1	1	GUARNIÇÃO P/ FLANGE Ø 6" # 116" X 6NT. 94 X 6EXT. 171		CONFORME ABNT EB-212			
15.1	40	PROTEÇÃO ELÉTRICA C/ 200V Ø 1/2" BSP # 150 PSI		CONFORME ABNT EB-212			
14.1	4	INPE DUPLO DE REDUÇÃO Ø 1/2" BSP X Ø 3/8" BSP # 150 PSI		ASTMA-193.87 ASTMA-194.291 GALVANIZADO			
13.6	3	INPE DUPLO Ø 2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
13.5	10	INPE DUPLO Ø 1 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
13.4	1	INPE DUPLO Ø 1 1/4" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
13.3	5	INPE DUPLO Ø 1" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
13.2	6	INPE DUPLO Ø 3/4" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
13.1	3	INPE DUPLO Ø 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
12.5	1	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 2" BSP X Ø 1 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
12.4	1	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 1 1/2" BSP X Ø 1" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
12.3	1	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 1 1/2" BSP X Ø 1 1/4" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
12.2	1	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 1 1/2" BSP X Ø 1" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
12.1	4	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 1 1/2" BSP X Ø 3/4" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
11.1	2	LUVA Ø 1 1/2" NPT # 150 PSI		GALVANIZADO			
10.1	5	TE DE REDUÇÃO Ø 1" BSP X Ø 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
09.1	3	TE RETO Ø 1 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
08.4	1	UNIAO Ø 2" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE		GALVANIZADO			
08.3	4	UNIAO Ø 1 1/2" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE		GALVANIZADO			
08.2	2	UNIAO Ø 1" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE		GALVANIZADO			
08.1	2	UNIAO Ø 1/2" BSP # 150 PSI COM ASSENTO CÔNICO DE BRONZE		GALVANIZADO			
07.2	1	CURVA FEMEA Ø 2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
07.1	4	CURVA FEMEA Ø 1 1/2" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
06.2	4	COTOVELO 90º Ø 1" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
06.1	4	COTOVELO 90º Ø 3/4" BSP # 150 PSI		GALVANIZADO			
05.2	1	TREDDLET 1 1/2" BSP PARA TUBO Ø 6" CLASSE # 3000		GALVANIZADO			
05.1	2	TREDDLET 1" BSP PARA TUBO Ø 6" CLASSE # 3000		GALVANIZADO			
04.1	1	REDUÇÃO CONCENTRICA Ø 6" X Ø 4" SCH 40		GALVANIZADO			
03.1	1	REDUÇÃO EXCÊNTRICA Ø 6" X Ø 5" SCH 40		GALVANIZADO			
02.3	3	FLANGE LISO Ø 6" CLASSE # 150 ANSIB B15		GALVANIZADO			
02.2	1	FLANGE SUP-ON DN 125 (F) CLASSE # 150 ANSIB B15		GALVANIZADO			
02.1	1	FLANGE SUP-ON DN 100 (F) CLASSE # 150 ANSIB B15		GALVANIZADO			
01.1	2	CURVA 90º RAO LONGO Ø 6" SCH 40		GALVANIZADO			

LISTA DE MATERIAL

Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elib.	Aprov.
0				

CEFET/RJ

Resp. Técnico:
DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
GUILHERME BRANDÃO MATOS

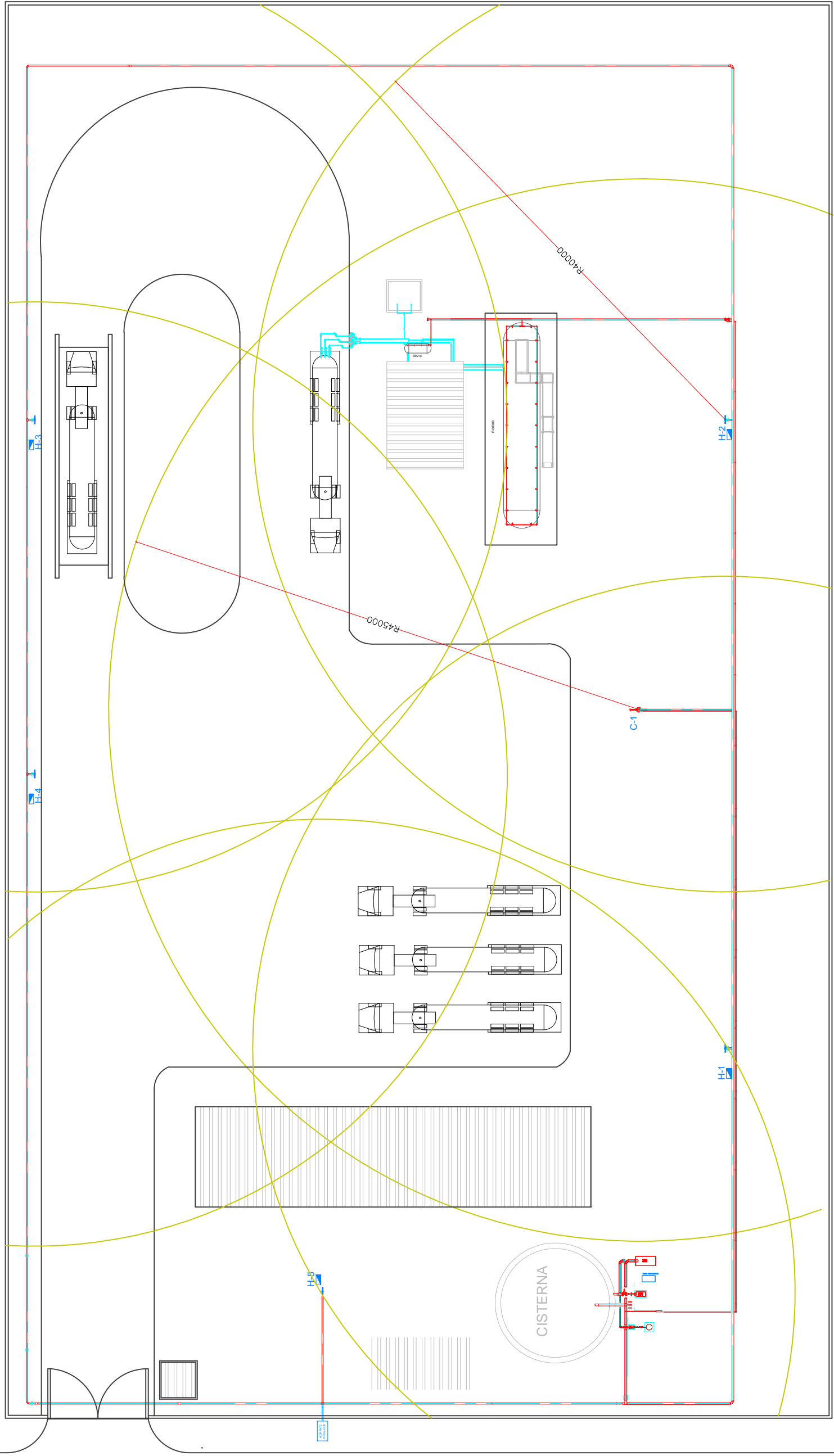
Título:
 TUBULAÇÃO

Subtítulo:
 ISOMETRICO CASA DE BOMBAS

Local:
 Número:
 04

Escala:
 SE

Rev.:
 1



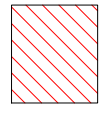
0	Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.

Resp. Técnico:
 DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
 DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
 GUILHERME BRANDÃO MATOS

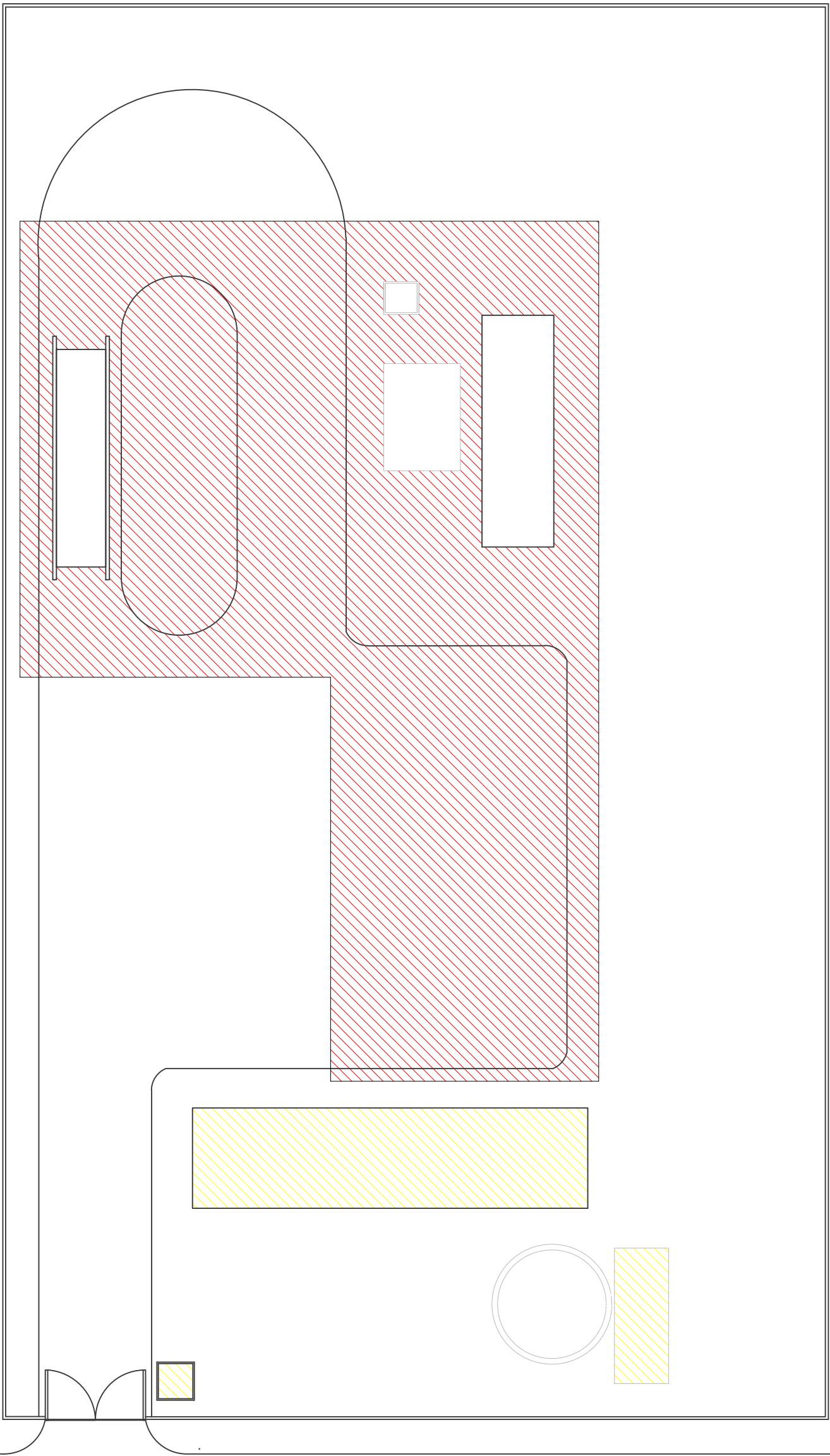
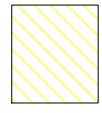
Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP
 Subtítulo: RAIO DE AÇÃO
 Número: 01
 Escala: SE
 Local:
 Rev.: 1




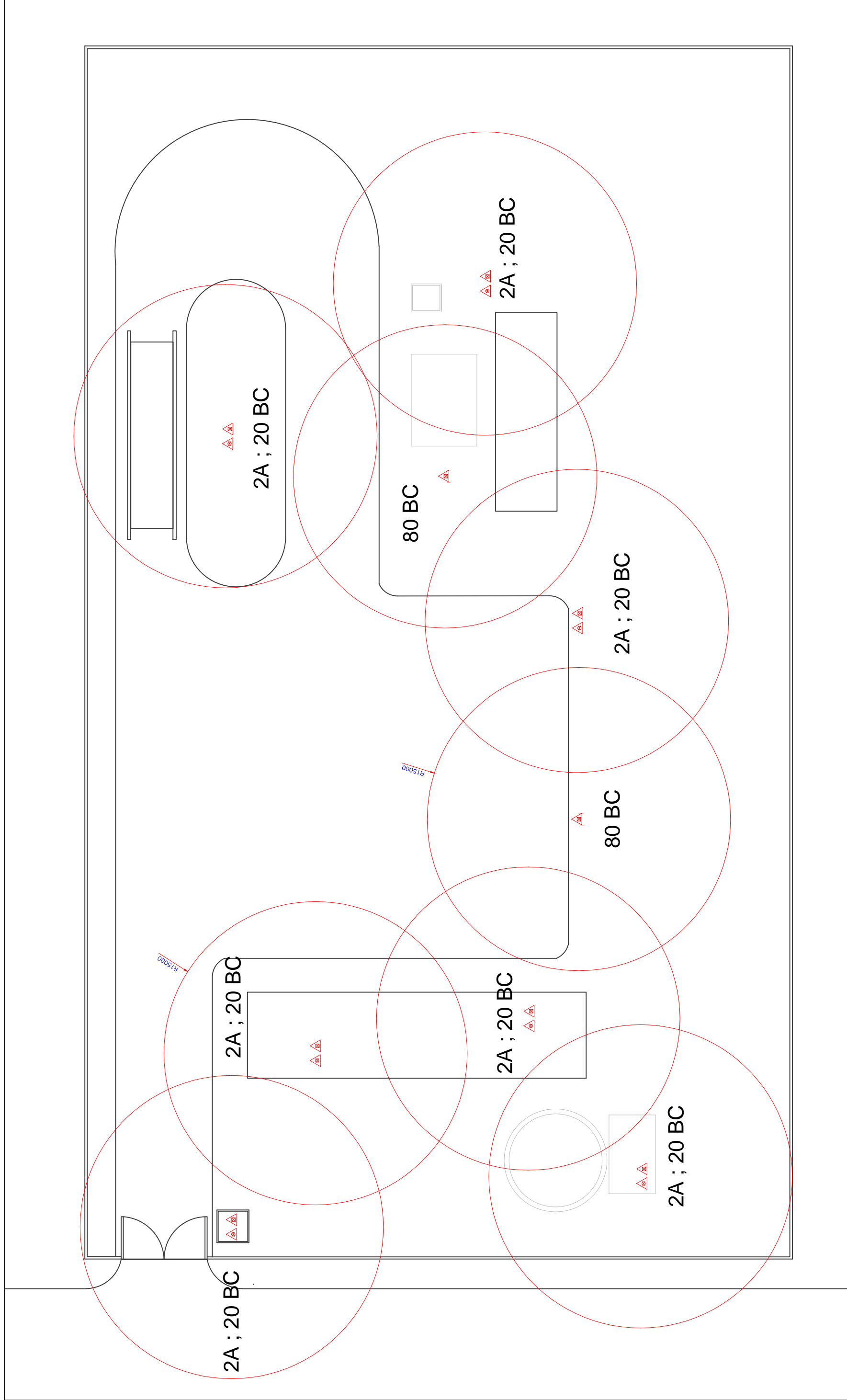
Alto Risco



Médio Risco



0	Rev.	Data	Descrição da Revisão	Emit.	Aprov.
 CEFET/RJ					
Resp. Técnico: DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA GUILHERME BRANDÃO MATOS					
Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP					
Subtítulo: ANÁLISE DE RISCO EXTINTORES					
Local:				Escala:	Rev. 1
				SE	
Número: 01					



Rev.	Data	Descrição da Revisão	Elab.	Aprov.
0				

Resp. Técnico:
DANIEL NEVES CHERMAUT DA COSTA
DANIELLE JORGE PEIXOTO DE SOUZA MOTA
GUILHERME BRANDÃO MATOS

Título: CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE GLP

Subtítulo: DISTRIBUIÇÃO DOS EXTINTORES

Local: _____

Numero: 01

Escala: SE

Rev.: 1

