

## **SISTEMA DE COMBATE INCÊNDIO EM PARQUE DE TANQUES INFLAMÁVEL**

**ABREU, Bruno Vitor Araújo**

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (brunovitoraraujoabreu@gmail.com)*

**CUNHA JUNIOR, Edson Policena da**

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (edsonpolicena@hotmail.com)*

**FERREIRA, Julio Cesar Alves**

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (julio\_09\_cesar@hotmail.com)*

**SILVA, Renato Cardoso de Oliveira**

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (engrenato@outlook.com.br)*

**COSTA JUNIOR, Glediston Nepomuceno**

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (gledistonjr@yahoo.com.br)*

### **RESUMO**

No Brasil há grandes desafios enfrentados pelas cidades brasileira, que se tem buscado melhorias e técnicas mais avançadas no quesito do combate a incêndios, desenvolvimento de novas tecnologias para o aprimoramento do sistema especificamente em parque de tanques de combustíveis, com o objetivo de se tratar sobre a prevenção e combate a incêndios nesses reservatórios em que são armazenados os combustíveis. Apresentar as novas leis e as normas que regulamentam os projetos de prevenção a incêndio em todo País, e que servirão como base principal para trabalho. Destacar as características do fogo e formas de extingui-lo. Descrever como se dá o desenvolvimento do incêndio, suas fases e suas classes. Apresentando a situação atual da área de segurança contra incêndios e os desafios que ainda precisam ser superados para uma prevenção mais eficaz. Listar os principais equipamentos de combate e técnicas de prevenção a incêndios, suas peculiaridades de instalação ao qual vamos usar o sistema de hidrante e demonstrar todo processo até a elaboração do projeto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tanque de Combustíveis. Hidrante. Reservatório. Incêndio. Segurança.

# 1 INTRODUÇÃO

O combate a incêndios em parques de tanques de líquidos inflamáveis, no geral, se restringe a uma quantidade de procedimentos obrigatórios e requerimentos necessários, nesse contexto será abordado a importância e necessidade do sistema de combate a incêndios em parque de tanques.

Atualmente encontra-se uma enorme quantidade e variedade de normas e leis que devem ser cumpridas, tanto em nível federal como estadual e mesmo municipal, sobre os mais variados tipos de edificações, que detalham todos os equipamentos necessários, condutas no momento do incêndio, manutenção, bem como cuidados especiais já na elaboração de projetos e construção. É nesse momento que entra a nossa contribuição para a sociedade como profissionais, quando se assume a responsabilidade de organizar todo o Projeto de Prevenção e Combate ao Incêndio (PPCI), com toda a sua abrangência, buscando ao máximo prevenir qualquer incidente e no caso o mesmo ocorrer, minimizar as perdas materiais e evitar as humanas (BOGER: ALEX, 2021).

Com as novas descobertas de reservas petrolíferas e seus gases naturais, aumento de produção do Etanol e etc, vem aumentando o interesse pela construção de tanques cada vez maiores. Porém, há um limite para dimensionamento de um tanque de armazenamento. Isso se deve à pressão hidrostática que o fluido armazenado exerce na parede do tanque. Quanto maior a pressão, maior a espessura de costado requerida no projeto. Estas espessuras têm medidas padronizadas pelos fabricantes de chapa de aço-carbono. Assim, chegando a um limite para o dimensionamento do tanque de armazenamento (BARROS, 2014).

Os tanques de armazenamento podem ser projetados para armazenar uma ampla gama de quantidade de produtos. No Brasil é usual projetar tanques de armazenamento com capacidades que vão de 100 barris (16 m<sup>3</sup>) até 700.000 barris (112.000 m<sup>3</sup>), o barril é uma unidade de medida de petróleo líquido (casualmente petróleo cru) igual a 158,987294928 litros valores a barril estadunidense. Quanto maior o volume armazenado, menor é o custo de armazenamento por barril.

Como todo sistema que envolve instalações específicas as normas regulamentadoras que rege os seguimentos na elaboração do projeto, como efetivar a proteção contra fogo, em tanques de armazenamento, e maiores informações e subsídios é importante seguir conforme as normas:

Norma Petrobras N-1203 projeto de sistemas fixos de proteção contra incêndio em instalações terrestres com hidrocarbonetos;

API RP 2003 *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, essa norma especifica as medidas importantes para prevenir incêndios causados por eletricidades estáticas ou por descargas elétricas atmosféricas;

Norma brasileira ABNT NBR 17505-7, armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, parte 7 proteções contra incêndios para parques de armazenamento com tanques estacionários, essa norma estabelece os requisitos mínimos, para projetos de sistemas de combate a incêndios com água e com espuma, contidos em tanques estacionários;

API RP 2021 *Management of atmospheric Storage Tank Fires*, norma que estabelece o planejamento, preparação, a estratégia e as diretrizes táticas para o combate de incêndio em tanques de armazenamento atmosférico de líquido inflamável e combustível e esquema de análise dos agentes químicos de combate de incêndio com ênfase na espuma.

O objetivo deste trabalho é resumir em suma importância como é realizado a construção e implantação do sistema contra incêndio em parque de tanques de combustível ou líquido inflamável, com tudo abordando características importantes que fazem o sistema único e eficiente no controle e dissipação do incêndio em casos de emergência.

## 2 CONCEITOS COMBATE A INCÊNDIOS

É fundamental importância conhecer os elementos que compõem o fogo, para entender as relações existentes quanto a formas de propagação e extinção de incêndios.

O fogo é uma reação química que libera luz e calor. Essa reação química decorre de uma mistura de gases a altas temperaturas, que emite radiação geralmente visível. Basta entender que todo material quando aquecido a determinada temperatura, libera gases e são esses gases que, de fato, pegam fogo. Sabendo que o fogo é uma reação química, deve conhecer quais são os elementos que compõem essa reação. A teoria diz que são três elementos básicos: combustível, comburente e calor. Esses elementos, reagindo em cadeia, originando o fogo. Denomina esses elementos, bem como a relação entre eles, por triângulo do fogo ou tetraedro do fogo (este último mais recente, considerando, também, a reação em cadeia) (DEFESA CIVIL, 2013).

Em primeira instância, deve ser compreendida que a terminologia "segurança contra incêndio" possui um entendimento ampliado e "proteger contra o incêndio" é mais abrangente, vai além do que dispor dos recursos técnicos para coibir o incêndio ou de medidas antecipadas que evitem o surgimento do fogo (QUALHARINI; SANTOS, 2007).

A prevenção e combate a incêndios surge desde a pré-história, quando o homem começa a controlar o fogo no início obtido na natureza, desde a queda de raios como exemplo. Em sua evolução descobriu-se como obtê-los e utilizou de suas inúmeras utilidades em atividades, como aquecimento, preparo de alimentos e têmpera de metais. Hoje a elaboração de normas e leis sobre edificações e controle de materiais combustíveis e inflamáveis, equipamentos em geral e sistemas elétricos, além de inspeções de risco, com objetivo de detectar situações propícias para surgimentos e alastramento de incêndios. Combustível é qualquer material que possa ser oxidado, eles podem ser sólidos (papeis, madeira e algodão), líquido (álcool, gasolina, éter, óleo combustível e hidrocarbonetos em geral) ou gasosos (gás hidrogênio, acetileno e GLP-gás liquefeito de petróleo).

No entanto nos combustíveis líquidos, entra também os voláteis, que são conhecidos por liberarem vapores em temperatura, tal como o álcool, a gasolina e o éter e há os não voláteis, que basicamente não liberam vapores. Tais como as tintas, o óleo combustível, a graxa e outros.

Comburente é conhecido como gás oxigênio ( $O_2$ ), ao entrar em contato com o combustível reage, tornando indispensável para que a combustão ocorra. Fornecida por uma fonte aquecida, como a faísca, um cigarro aceso ou uma superfície quente, que gera a energia de ativação necessária pela ignição do combustível em presença do comburente.

## 2.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1.1 TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Tanques de armazenamento (Figura 1), são equipamentos usados para armazenagem de grandes inventários de produtos como o petróleo e derivados, produtos químicos e resíduos diversos. Estes tanques são construídos em diferentes tipos, formas, tamanhos e com variados tipos de materiais, tendo o aço-carbono como principal material de fabricação. Os tanques atmosféricos de armazenamento são classificados conforme o tipo construtivo do teto (COSTA, 2010).

Figura 1 – Tanques de Armazenamento Combustível em São José do Rio Preto - SP.



Fonte: MFRURAL, Tanques de Armazenamento Combustível.

## 2.1.2 CONSTRUÇÃO DE PARQUE DE TANQUES

As instalações projetadas e construídas conforme a norma deve obedecer às boas práticas de engenharia, com procedimentos e controles de qualidade inerentes e documentadas adequadamente para viabilizar aprovação, vistoria e fiscalização dos órgãos competentes.

Os tanques instalados nas estações coletoras das áreas de produção de petróleo, com capacidade individual igual ou inferior a 200m<sup>3</sup> podem ser elevados. Todas as instalações e equipamentos elétricos nos parques de tanques devem ser adequados a classificação elétrica da área, obedecendo a NBR 5418 ou outra internacionalmente aceita, desde que atenda no mínimo aos requisitos da norma brasileira, as bombas de transferência de produtos devem ficar posicionadas fora da bacia de contenção (PROJETO NBR 7505:2000,2000).

Quanto ao tipo de tanque deve-se fazer uma pré-análise de qual tipo de produto a ser utilizado para o armazenamento, com tudo cada tanque tem sua função, recorre a norma Petrobras N-270, é recomendada os tipos mais usuais de tanques para cada aplicação Norma (N-270,2010).

Salienta que tanto o armazenamento de combustível gasolina, quanto combustível álcool, é recomendado a construção de um tanque com teto flutuante, interno ou externo.

## 2.1.3 TANQUES DE TETO FIXO (FIXED-ROOF)

Conforme já registrado no projeto o tipo de produto a ser armazenado nos tanques, a norma determina um a escolha de um tipo de tanques a ser projetados, e nesse projeto o tanque de teto fixo é o mais adequado para implantação, onde os tanques de tetos fixo estão diretamente ligados à parte superior de seus costados.

Podem ser autoportantes (são apoiados exclusivamente na periferia do costado) ou suportados (são apoiados por uma estrutura interna de perfis metálicos)

Dependendo da forma do teto fixo, podem-se distinguir as seguintes variações construtivas:

Teto Cônico (Cone Roof), Teto Curvo (Dome Roof) ou Teto em Gomos (Umbrella Roof)  
Maior perda por evaporação

Esta etapa da metodologia está ligada a definição das características estruturais do tanque. A função do tanque é a primeira característica a ser analisada, porem dependo do objetivo a qual o tanque a ser projetado, tem-se diferentes cuidados especiais durante o seu desenvolvimento. De modo, as propriedades físico-químicas do produto armazenado que condicionam o projeto.

## 2.1.4 RESERVATORIO

Os reservatórios podem ser classificados como superior ou inferior e o volume é definido pela vazão do tipo de hidrante indicado pela Norma Técnica (NT-22/2014) CBMGO. Os hidrantes ou mangotinhos devem ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado por um esguicho (sistemas tipo 1, 2, 3, ou 4) ou dois esguichos (sistema tipo 5), considerando-se o comprimento das mangueiras de incêndio por meio de seu trajeto real e o alcance mínimo do jato de água igual a 10 m, devendo ter contato visual sem barreiras físicas a qualquer parte do ambiente, após adentrar pelo menos 1 m em qualquer compartimento.

Para a água de combate a incêndio é importante haver um reservatório autônomo e exclusivo para essa aplicação. A capacidade desse reservatório é determinada após análise dos vários cenários de risco de fogo, na planta industrial, selecionando-se o que resultar em maior consumo de água. Deve ser prevista água para a produção de espuma mecânica de acordo com o estabelecido na norma Associação Brasileira de Normas Técnicas e Normas Brasileira Regulamentadora (ABNT NBR 7505-7).

Para o sistema de água de combate a incêndio por espuma e/ou resfriamento, é obrigatória a instalação de pelo menos duas bombas de incêndio (principal e reserva), podendo ser uma elétrica

e a outra movida por motor à explosão, ou as duas bombas com motor à explosão. Ambas as bombas devem possuir as mesmas características de vazão/pressão e serem acionadas automaticamente. Para o dimensionamento das bombas de incêndio, deve ser adotado o cenário que apresente a maior demanda de vazão e pressão para atender simultaneamente ao seguinte:

- Vazão de água requerida para resfriamento do tanque mais crítico em chamas;
- Vazão de água requerida para resfriamento dos tanques vizinhos;
- Vazão de água requerida para combate a incêndio com espuma no tanque mais crítico em chamas;
- Vazão de água requerida para as linhas suplementares de espuma; Norma Técnica (NT-22/2014).

Segundo Norma Técnica (NT 22/2014) Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás CBMGO, volume mínimo da Reserva Técnica de Incêndio (RTI) deve ser determinado pela tabela a seguir:

Tabela 1 – Aplicabilidade dos tipos de sistemas e volume de reserva de incêndio mínima (m<sup>3</sup>).

ÁREAS DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO				
	A-2, A-3; C-1; D-1 e D-3 (até 300 MJ/m <sup>2</sup> ); D-2 e D-4; E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6; F-1 (até 300 MJ/m <sup>2</sup> ); F-2, F-3, F-4, F-8; G-1, G-2, G-3, G-4; H1, H-2, H-3, H-5, H-6; I-1; J-1, J-2; M-3.	B-1, B-2; C-2 (acima de 300 até 1000 MJ/m <sup>2</sup> ); C-3; D-1 (acima de 300 MJ/m <sup>2</sup> ); D-3 (acima de 300 MJ/m <sup>2</sup> ); F-1 (acima de 300 MJ/m <sup>2</sup> ); F-5, F-6, F-7, F-9, F-10; H-4; I-2 (acima de 300 até 800 MJ/m <sup>2</sup> ); J-3 (acima de 300 até 800 MJ/m <sup>2</sup> ).	C-2 (acima de 1000 MJ/m <sup>2</sup> ); I-2 (acima de 800 MJ/m <sup>2</sup> ); J-3 (acima de 800 MJ/m <sup>2</sup> ); L-1; M-1 e M-10.	G-5, G-6; I-3; J-4; L-2 e L-3.	
Até 2.500 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 5 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 8 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 12 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 28 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 32 m <sup>3</sup>
Acima de 2.500 m <sup>2</sup> até 5.000 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 8 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 12 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 18 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 32 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 48 m <sup>3</sup>
Acima de 5.000 m <sup>2</sup> até 10.000 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 12 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 18 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 25 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 48 m <sup>3</sup>	Tipo 5 RTI 64 m <sup>3</sup>
Acima de 10.000 m <sup>2</sup> até 20.000 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 18 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 25 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 35 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 64 m <sup>3</sup>	Tipo 5 RTI 96 m <sup>3</sup>
Acima de 20.000 m <sup>2</sup> até 50.000 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 25 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 35 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 48 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 96 m <sup>3</sup>	Tipo 5 RTI 120 m <sup>3</sup>
Acima de 50.000 m <sup>2</sup>	Tipo 1 RTI 35 m <sup>3</sup>	Tipo 2 RTI 48 m <sup>3</sup>	Tipo 3 RTI 70 m <sup>3</sup>	Tipo 4 RTI 120 m <sup>3</sup>	Tipo 5 RTI 180 m <sup>3</sup>

Fonte: Norma Técnica (NT 22/2014), Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

### 2.1.5 SISTEMA DE ESPUMA

A espuma demonstrou ser o melhor meio para extinguir incêndios com fluidos combustíveis e em inflamáveis. A espuma é gerada devidos a componentes: água, líquido gerador de espuma e ar (LGE).

O Líquido Gerador de Espuma é misturado com a água de combate a incêndio em uma taxa precisa definida pelo fornecedor. O ar é então adicionado a esta pré-mistura para gerar a espuma mecânica.

A Espuma Mecânica é formada pela mistura de concentrado de Líquido Gerador de Espuma (LGE), água e ar, sendo que a espuma é gerada na reação em misturador mecânico do Líquido Gerador de Espuma com a água e a adição posterior do ar é indicada para incêndios de classe B (*líquidos combustíveis e inflamáveis*), sendo também eficiente para a classe A (*papel, madeira, tecido*).

O risco de explosões em incêndios que envolvam líquidos inflamáveis e produtos químicos é muito maior e, por isso, qualquer princípio de chamas gerado por esses agentes deve ser combatido imediatamente, porém a água não é eficiente em controlar chamas desse gênero, sendo necessário um sistema de espuma, que não apenas apaga as chamas, mas também abafa o local e neutraliza os combustíveis (PROTECTOR FIRE, 2022).

Composto pelo líquido gerador de espuma, um produto biodegradável e não tóxico, o sistema de espuma funciona a partir do contato com a água e o ar e pode ser utilizado em extintores portáteis ou na carreta de espuma, por exemplo. Locais como plataformas de petróleo ou depósitos com materiais químicos devem, impreterivelmente, contar com um sistema de espuma (PROTECTOR FIRE, 2022).

As saídas de espuma para tanques podem ser o extremo aberto da tubulação de suprimento de espuma ou do próprio produto estocado. As saídas devem ser dimensionadas de modo que não sejam ultrapassados os limites da pressão de descarga do gerador de espuma e da velocidade da espuma. A velocidade da espuma no ponto de descarga para o tanque não deve exceder 3,0 m/s, para os líquidos de classe I-B, e não deve exceder 6,0 m/s para os líquidos de outros tipos, a menos que testes efetivos provem que velocidades mais altas são satisfatórias.

Tabela 2 – Tipo Sistema de Tanque de Espuma Vertical ou Horizontal

TIPOS DE TANQUE	TIPOS DE LÍQUIDOS (CLASSES)	SISTEMA DE ESPUMA				
		ALTURA (m)	DIÂMETRO (m)	CÂMARA DE ESPUMA	CANHÃO MONITOR DE ESPUMA	LINHA MANUAL DE ESPUMA
Vertical	Todas as classes de líquidos combustíveis e inflamáveis, inclusive.	≤ 6	Ø ≤ 9	-	-	x
			9 < Ø ≤ 18	-	x	-
			Ø > 18	x	-	-
		> 6	Ø ≤ 9	-	x	-
9 < Ø ≤ 18	-		x	-		
			Ø > 18	x	-	-
Horizontal	Todas as classes de líquidos combustíveis e inflamáveis, inclusive.	Proteção para bacia de contenção.				
<b>NOTAS GENÉRICAS:</b>						
1) Para cenários com líquidos combustíveis Classe III-A que estejam armazenados em tanques cuja soma resulte num volume total igual ou inferior a 120 m³, não é necessário o sistema de espuma, desde que tenha diâmetro até 9 m;						
2) Para os líquidos combustíveis classe III-B que estejam armazenados em tanques não é necessário sistema de espuma, exceto se contiver líquidos pré-aquecidos com diâmetro superior a 9 m. Nestas condições, deve atender às exigências de Classe III-A;						
3) Em casos de incêndios em tanques horizontais, deve-se aplicar espuma na bacia de contenção e não se resfriar os tanques na mesma bacia;						
4) Além dos casos previstos nesta tabela. A câmara de espuma também deve ser prevista quando a quantidade de brigadista não for suficiente para atender as linhas manuais de proteção por espuma e ao disposto nos itens 6.2 e 6.3.9.2.						

Fonte: Norma Técnica (NT 22/2014), Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

No projeto Fictícios foi estabelecido o tipo de tanque do sistema de espuma, conforme a tabela 2, classificado como tanque vertical e optou por câmara de espuma modelo MCS de vidro a fator de segurança e possui selo de vidro para separar gases e vapores, tem aerador antes da câmara.

Possui placa de orifício feita de aço, conta com defletor na parede interna, com esses mecanismos conduz a espuma suavemente até o foco de incêndio.

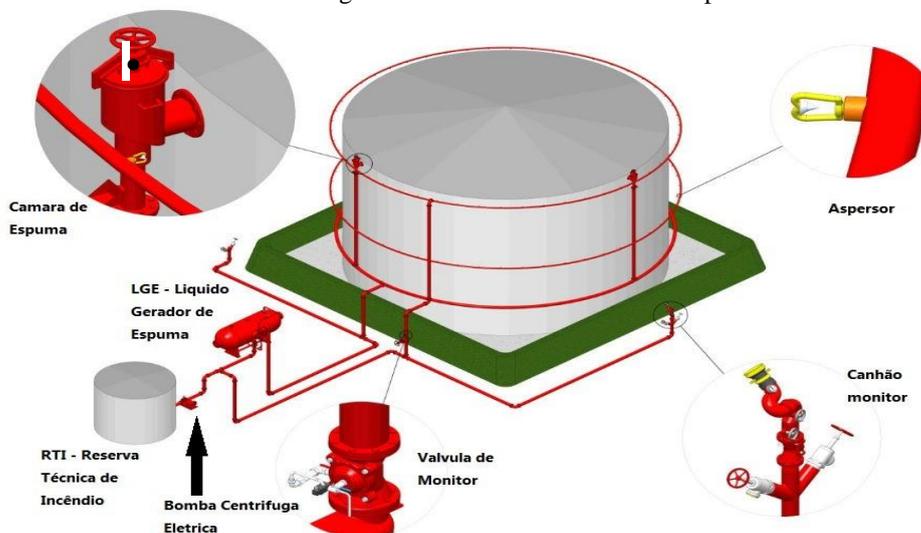
Tabela 3 – Tipo de Capara de Espuma em (L/min)

TIPO	TAXA MÍNIMA DE APLICAÇÃO (L/min/m <sup>2</sup> )	TEMPO MÍNIMO (min)
Câmara de espuma com aplicação suave (Tipo I)	6,9	30
Câmara de espuma com defletor (Tipo II)	6,9	55
Linhas manuais ou canhões monitores (Tipo III)	9,8	65

Fonte: Norma Técnica (NT 22/2014), Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

Assim sendo, na Norma Técnica (NT 25/2014-2) estabelece que no projeto hidráulico a necessidade do sistema de instalação de espuma, onde os componentes que completa nos sistemas são:

Figura 2 – Sistema Hidráulico de Espuma.



Fonte: ARGUS Engenharia, aplicações típicas.

- RTI- Reserva Técnica de Incêndio;
- LGE – Líquido Gerador de Espuma;
- Bomba centrífuga;
- Válvula de pressão;
- Aspersor
- Câmara de Espuma;
- Canhão monitor;

## 2.1.6 SISTEMA DE BOMBAS

Na Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 13714/2000) (ANEXO B normativa), declara que quando o abastecimento de hidrantes for feito por bomba de incêndio, está deverá possuir pelo menos uma bomba elétrica ou a combustão interna e abastecerá o sistema exclusivamente.

As bombas de incêndio devem ser instaladas, preferencialmente em condições de sucção positiva. Esta condição é obtida quando a linha do eixo da bomba se situa abaixo do nível do fundo do reservatório. Admite-se que a linha do centro do eixo da bomba se situe 2 m acima do nível do fundo do reservatório, ou a 1/3 da capacidade efetiva deste, escolhendo o valor que for menor, assim sendo é considerada sucção negativa.

Se o motor da bomba for elétrico, este deve possuir rede independente da instalação da estrutura, ou ter sua alimentação executada de forma que possa fazer o desligamento da instalação geral, sem interromper o seu funcionamento.

Quando for instalado motor de combustão interna para a bomba de hidrantes, deverá o mesmo funcionar, continuamente, a plena carga, durante seis horas.

Quando for necessário manter a rede do sistema de hidrantes ou mangotinhos devidamente pressurizada em uma faixa preestabelecida e, para compensar pequenas perdas de pressão, deve ser instalada uma bomba de pressurização (JOCKEY), com vazão máxima de 20 L/min.

Quando houver necessidade de fornecer água aos hidrantes e mangotinhos mais desfavoráveis hidráulicamente, quando estes não puderem ser abastecidos somente pelo reservatório elevado, pode-se utilizar uma bomba hidráulica centrífuga, chamada de bomba de reforço.

## 2.1.7 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS RESFRIAMENTO DE ÁGUA

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 13714-2000), em qualquer edificação, o dimensionamento deve consistir na determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros, dos acessórios e dos suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos na Norma.

A distribuição dos hidrantes e mangotinhos deve ser feita de tal forma que qualquer parte da edificação a ser protegida possa ser alcançada por um sistema tipo 1 ou dois sistemas tipo 2 ou 3, considerando o comprimento das mangueiras e desconsiderando o alcance dos jatos de água.

Sempre deve ser considerado para dimensionamento o uso simultâneo dos dois jatos de água mais desfavoráveis hidráulicamente, ou seja, com a menor pressão no esguicho, os quais em edifícios residenciais encontram-se nos dois últimos pavimentos e em indústrias nos pontos mais distantes.

Aplicando-se a equações (2) em anexo aos diversos tipos de sistemas encontra-se os seguintes volumes para a reserva técnica de incêndio:

Tabela 4 – Tipos de Sistemas de Proteção por hidrante ou Mangotinhos.

TIPO	ESGUICHO REGULÁVEL (DN)	MANGUEIRAS DE INCÊNDIO		NÚMERO DE EXPEDIÇÕES	VAZÃO MÍNIMA NA VÁLVULA DO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (L/min)	PRESSÃO MÍNIMA NO HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL (mca)
		DN (mm)	COMPRIMENTO (m)			
1	25	25	30	Simple	100	80
2	40	40	30	Simple	150	30
3	40	40	30	Simple	200	40
4	40	40	30	Simple	300	65
	65	65	30	Simple	300	30
5	65	65	30	Duplo	600	60

Fonte: Norma Técnica (NT 22/2014), Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

O dimensionamento deve consistir na determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros dos acessórios e dos suportes, necessários e suficientes para garantir o funcionamento dos sistemas previstos nesta NT. Os hidrantes ou mangotinhos devem ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado por um esguicho (sistemas tipo 1, 2, 3, ou 4) ou dois esguichos (sistema tipo 5), considerando-se o comprimento da(s) mangueira(s) de incêndio por meio de seu trajeto real e o alcance mínimo do jato de água igual a 10 m, devendo ter contato visual sem barreiras físicas a qualquer parte do ambiente, após adentrar pelo menos 1 m em qualquer compartimento. A velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s.

#### 2.1.8 BACIA DE CONTENÇÃO E BACIA DE CONTENÇÃO A DISTÂNCIA ADJACENTE

Todos os tanques que armazenam líquidos combustíveis e/ou inflamáveis deverão ser providos de bacias de contenção (exceto os tanques subterrâneos). A área ocupada pelos tanques deve dispor de recursos de controle de vazamento de produto. Tais recursos devem ser construídos por diques que formem uma bacia de contenção ao redor dos tanques ou por bacias de contenção a distância, com canais de fuga, se necessário, para conduzir o produto derramado ou vazado.

Quando estes canais de fuga passarem próximo de edificações ou áreas de risco, para não expor a perigo devem ser fechados. Devem ser providos meios para evitar que qualquer descarga acidental de líquidos Classe I, II ou IIIA, ameace instalações importantes, propriedades adjacentes ou atinja cursos de água. Quando o líquido inflamável ou combustível se enquadrar no item 5.3, deverão ser previstas as exigências da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 7820).

A bacia de contenção deve ser adjacente no mínimo a duas vias diferentes. Estas vias devem ser pavimentadas ou estabilizadas a ter largura compatível para a passagem simultânea de dois veículos de combate a incêndio, ou 5,0 m, devendo ser adotado o maior destes valores. Em instalações com capacidade até 1.000,0 m<sup>3</sup> será permitida a existência de apenas uma via para a passagem de um veículo de combate a incêndio ou 3,0 m, o que for maior.

Não é permitido qualquer construção diferente de tanque a suas tubulações no seu interior. Não é permitido bomba de transferência dentro da bacia de contenção. Não são permitidos, em uma mesma bacia de contenção, tanques que contenham produtos aquecidos, produtos sujeitos a ebulição turbilhonar ou óleos combustíveis a tanques que contenham produtos das classes I, II a IIIA.

A bacia de contenção deve atender as seguintes condições:

- A. A capacidade volumétrica da bacia de contenção deve ser, no mínimo, igual ao volume do maior tanque, mais o volume de deslocamento da base deste tanque, mais os volumes equivalentes aos deslocamentos dos demais tanques, suas bases e dos diques Intermediários;
- B. A capacidade volumétrica da bacia de contenção de tanques horizontais deve ser no mínimo igual ao volume de todos tanques horizontais nela contidos;
- C. No caso da bacia de contenção que possua um único tanque, sua capacidade volumétrica deve ser no mínimo igual ao volume deste tanque mais o volume correspondente a base deste tanque;
- D. Declive do piso de no mínimo 1% na direção do ponto de coleta nos primeiros 15 metros a partir do tanque ou até o dique, o que for maior;
- E. Ser provida de meios que facilitem o acesso de pessoas a equipamentos ao seu interior, em situação normal e em casos de emergência;
- F. O sistema de drenagem deve ser dotado de válvulas posicionadas no lado externo, mantidas fechadas;

- G. Para tanques ou parque de tanques com armazenagem superior a 120,0 m<sup>3</sup>, as válvulas do sistema de drenagem devem estar posicionadas a pelo menos 15,0 metros do dique e mantidas fechadas;
- H. A altura máxima do dique, medida pela parte interna, deve ser de 3,0 m; a altura do dique deve ser o somatório da altura que atenda a capacidade volumétrica da bacia de contenção, como estabelecido acima, mais 0,2 m para conter as movimentações do líquido e, no caso de dique de terra, mais 0,2 m para compensar a redução originada pela acomodação do terreno, não se aplicando para tanques horizontais;
- I. Um ou mais lados externos do dique pode ter altura superior a 3 m, desde que todos os tanques sejam adjacentes, no mínimo, a uma via na qual esta altura nos trechos frontais aos tanques não ultrapasse 3,0 m;
- J. Dique de terra deve ser construído com camadas sucessivas de espessura não superior a 0,3 m, deverão cada camada ser compactada antes da deposição da camada seguinte;
- K. A distância mínima entre a base externa do dique (pé do dique) e o limite de propriedade não deverá ser inferior a 3,0 m, para qualquer classe de produto;
- L. A superfície superior do dique de terra deve ser plana, horizontal a ter uma largura mínima de 0,6 m; o dique deve ser protegido da erosão, não deverão ser utilizados para este fim material de fácil combustão.

A bacia de contenção a distância poderá ser adotada atendendo as seguintes condições:

- A. A capacidade volumétrica da bacia de contenção a distância deve ser, no mínimo, igual ao volume do maior tanque a ela interligado;
- B. O escoamento do líquido para o canal de fuga, quando utilizado, deve ser assegurado por declive do piso de no mínimo 1% nos primeiros 15,0 m a partir do tanque, na direção desse canal;
- C. Os canais de fuga devem possuir selo hidráulico (sifão corta-chamas) que evite a propagação de chamas e seu encaminhamento deve ser tal que, caso o líquido drenado entre em combustão, as chamas não exponham outros tanques, instalações ou propriedades adjacentes;
- D. Caso não seja viável prever 100% de capacidade de contenção a distância, pode ser utilizada uma bacia de contenção a distância com capacidade parcial. A diferença entre o volume necessário e a capacidade da bacia de contenção a distância deve ser provido pela contenção em torno dos tanques, conforme as exigências de 6.5.4, exceto a alínea a;
- E. A bacia de contenção a distância deve estar localizada de modo que, quando estiver cheia com sua capacidade máxima, a distância entre a borda do líquido e o limite de qualquer construção importante, propriedade adjacente ou via pública, ou qualquer tanque, seja no mínimo 15,0 m.

## 2.2 NORMAS TÉCNICAS PARA CONSTRUÇÃO DE TANQUE DE ARMAZENAMENTO

Normas são um conjunto de especificações para análise, manufatura e construção de algo com o propósito atingir um grau de especificação de segurança, eficiência e desempenho ou qualidade (SHIGLEY, J.E, 2005).

As normas técnicas têm um papel crucial para o desenvolvimento de projetos, servindo de suporte técnico e impondo restrições para materiais e processos. As principais normas técnicas de projeto de tanques atmosféricos cilíndrico-verticais estão descritas a seguir.

## **API STD 650 “Welded Steel Tanks for Oil Storage” do American Petroleum Institute**

API STD 650 é uma norma que abrange especificações sobre material, projeto, fabricação, montagem e testes de tanques de armazenamento verticais, cilindros, não enterrados, com o topo fechado ou aberto, de construção soldada, com várias dimensões e capacidades, para serviço não refrigerado, com temperatura de projeto máxima de 260°C e pressão interna aproximadamente atmosférica (não superior a 17,2 KPa).

## **ABNT NBR 7821 “Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados” da Associação Brasileira de Normas Técnicas**

Esta norma estabelece as exigências mínimas que devem ser seguidas para materiais, projeto, fabricação, montagem e testes de tanques de aço carbono, soldados, cilindros, verticais, não enterrados, com teto fixo ou flutuante, destinados ao armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos.

A norma abrange tanques sujeitos a uma pressão próxima da atmosférica e com temperatura de operação entre os seguintes extremos: -6°C a +200°C.

## **PETROBRAS N-270 “Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico” da Comissão de Normas Técnicas da Petrobras**

Esta norma fixa as condições exigentes para o projeto mecânico de tanque de superfície, metálicos, de fabricação e montagem soldada, cilíndrico-verticais, com teto fixo, teto flutuante externo, teto fixo com flutuante interno ou sem teto.

Os tanques são usados para serviços não refrigerados, armazenando produto na temperatura ambiente ou produto aquecido até a temperatura máxima de 260°C.

## **ABNT NBR 13714:1998 Sistemas De Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio**

Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para dimensionamento, instalação, manutenção, aceitação e manuseio, bem como as características, dos componentes de sistemas de hidrantes e de mangotinhos para uso exclusivo de combate a incêndio.

## **Norma brasileira ABNT NBR 17505-7 Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis**

Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários essa norma estabelece os requisitos mínimos, para os projetos de sistemas de combate a incêndios com água e com espuma, destinados a instalações de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, contidos em tanques estacionários.

## **Norma Petrobras N-1203 Projeto de sistemas fixos de proteção contra incêndio em instalações terrestres com hidrocarbonetos**

Essa Norma fixa as condições exigíveis para os projetos de sistemas fixos de combate a incêndio com água e com espuma, destinados às áreas de processamento, tratamento, armazenamento e transferência de petróleo e seus derivados

## **API RP 2003 Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents**

Essa Norma especifica as medidas importantes para prevenir incêndios causados por eletricidade estática ou por descargas elétricas atmosféricas.

### API RP 2021 Management of Atmospheric Storage Tank Fires

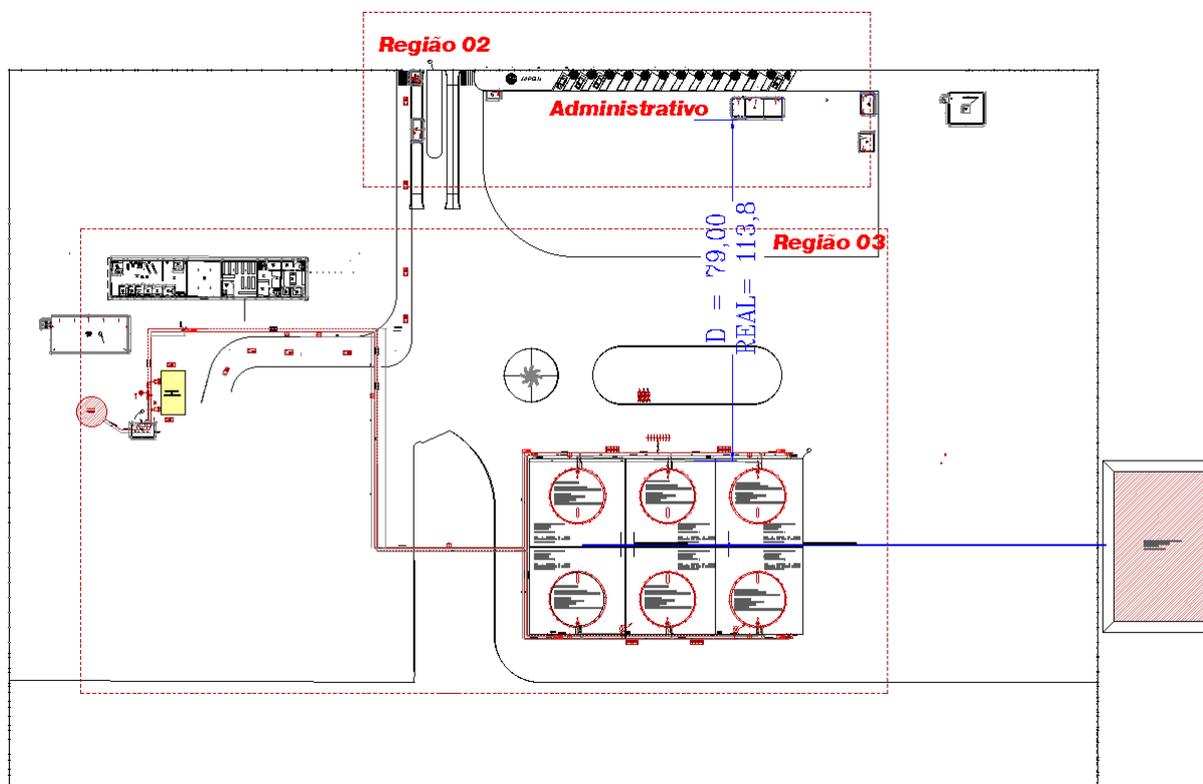
Essa Norma enfatiza o planejamento, a preparação, a estratégia e as diretrizes táticas, para o combate de incêndio em tanques de armazenamento atmosférico, de líquido inflamável e combustível.

É ainda fornecido um esquema da análise dos agentes químicos de combate a incêndio, com ênfase na espuma.

### 3 ESTUDO DE CASO

Projeto apresentado tem como base, ser um portfólio fictício e didático com a intenção de demonstrar como deve ser projetado e dimensionado cada etapa do processo hidráulico, os cálculos e dimensões de separação de edificação de acordo Normas Técnicas do CMGO.

Figura 3 – Planta baixa Projeto Hidráulico de Combate Incêndio Parque de Tanques



Fonte: Projeto Fictício para Fins Didáticos, 2022

#### 3.1 OBJETIVO

Tem como finalidade apresentar um portfólio fictício e apresentar sobre sistema hidráulico de combate ao incêndio em parque de tanque, o projeto, e tem como base nas normas regidas pelo órgão de corpo de bombeiro do estado de Goiás, e as normas estabelecidas pela Petrobras e normas internacionais em vigor, sendo assim o projeto tem como principal finalidade apresentar como deve ser implantado, utilizado como projeto didático, para fins de estudos e pesquisas.

### 3.2 SEPARAÇÃO DE EDIFICAÇÃO

Os tanques aéreos com capacidade igual ou inferior a 20,0 m<sup>3</sup> serão considerados isolados, para fins de proteção contra incêndio, quando distanciarem entre si, no mínimo duas vezes o diâmetro do maior tanque e em bacias de contenção distintas.

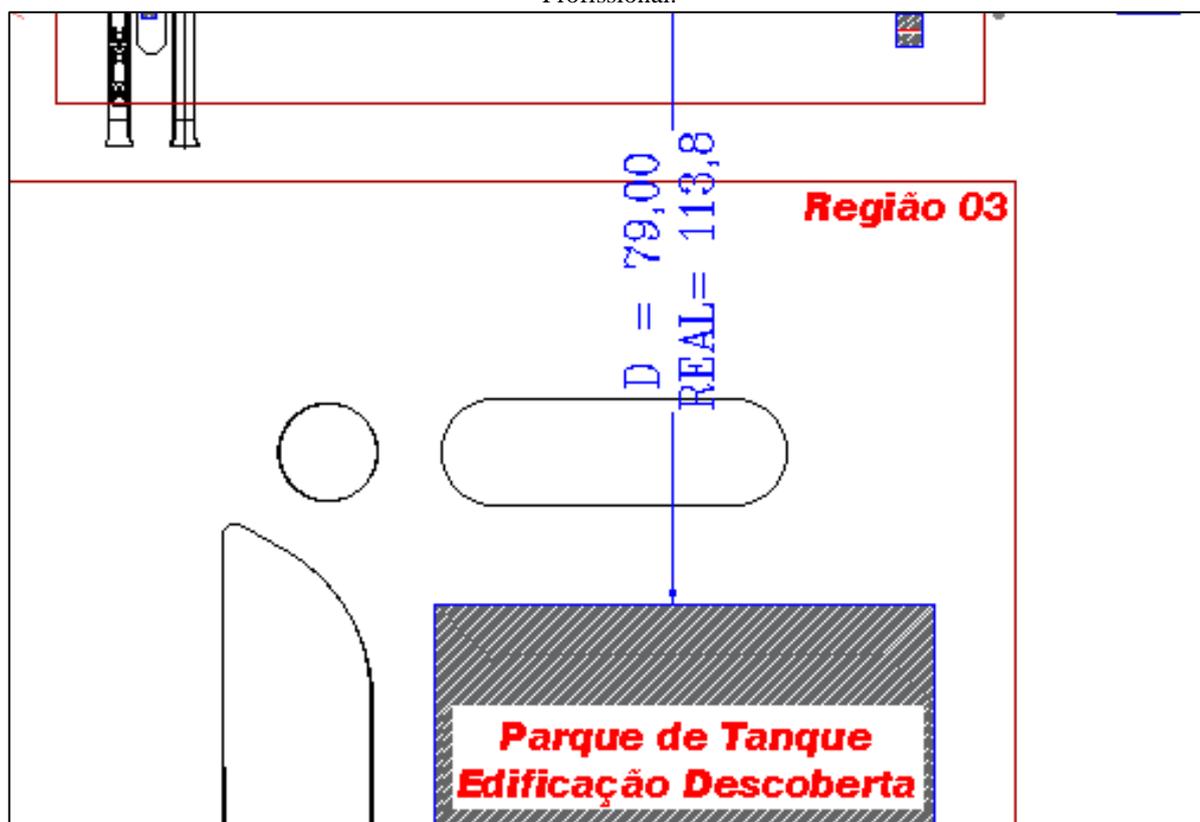
Esta distância pode ser reduzida à metade, com a interposição de uma parede corta-fogo com resistência mínima ao fogo de 120 minutos e ultrapassando a altura do maior tanque Norma Técnica (NT-25/2014).

Assim sendo, de acordo com a norma Associação Brasileira de Normas Técnicas e Norma Brasileira Regulamentadora (ABNT NBR 1705-5/2006) os tanques de processamento e as edificações contendo tais vasos ou tanques devem ser locados de tal forma que um incêndio envolvendo os equipamentos não continua exposição perigosa para as outras atividades.

De acordo com a Norma Técnica (NT-07/2022) estabelece a aplicação que todas as edificações, independentemente de suas ocupações, altura, número de pavimentos, volume, área total e área específica de pavimento, para considerar-se uma edificação como risco isolado em relação à(s) outra(s) adjacente(s) na mesma propriedade, conforme prevê o Código Estadual de Segurança Contra Incêndio e Pânico Norma Técnica (NT-07/20022).

O projeto apresentado fora realizado cálculos de separação de edificação o resultado do cálculo (figura 4), o memorial de cálculo de separação de edificação encontra-se em ANEXO A.

Figura 4 – Resultado do Cálculo de Separação de Edificação Expositora Industria e Exposição Serviço Profissional.



Fonte: Projeto fictício para fins didáticos, 2022.

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRAULICO DE PARQUE DE TANQUES

As principais definições e restrições são realizadas na primeira etapa. São baseadas nas características do projeto solicitado e constituem-se de informações fundamentais para o início do projeto, as quais como, capacidade volumétrica do tanque, produto a ser armazenado e local para a sua construção.

De acordo com o projeto desenvolvido foi adotado conforme a demanda de produção da usina, assim sendo adotaram-se uma capacidade de aproximadamente um volume de 1.799,74 m<sup>3</sup>.

Os procedimentos de cálculos estão devidamente direcionados, conforme o tipo de tanque, para uma das duas principais normas técnicas que tratam do item em questão, Associação Brasileira de Normas Técnicas e Norma Brasileira Regulamentadora (ABNT NBR 7821) ou API STD 650.

Etapa subdividida em quatro projetos distintos, objetiva-se com isso, uma melhor visualização e entendimento no dimensionamento das principais partes que compõem um tanque atmosférico vertical. Para uma aproximação inicial, utilizam-se estas proporções como base. Os critérios usados para se chegar a elas foram puramente econômicos, levando em consideração o preço do costado em relação ao preço do fundo e teto.

Ainda levando o fator econômico em conta, esta proporção pode ser, em pequeno grau, alterada em função de projetar o diâmetro do costado com chapas em seu comprimento total, e a altura do costado com chapas em sua largura total. Isso faz com que economize em corte das chapas, soldas e horas de mão de obra. Outros fatores que também podem alterar um pouco esta proporção é a área disponível para a construção do tanque, as limitações de altura do local, e a necessidade do processo que pode ocorrer dentro do tanque. (SANTINI, 2021)

Antes do projeto de um tanque de armazenamento, é necessário determinar sua proporção de diâmetro / altura. Usualmente os diâmetros de tanques de armazenamento variam de 3 m a 67 m e sua altura, de 2 m a 20 m.

Para tanques de pequena e média capacidade, a proporção deve ser de aproximadamente:

$$D = Ht.$$

Segundo (BROWNELL & YOUNG, 1959), para tanques de grande capacidade, a proporção deverá ser de aproximadamente:

$$D = \frac{8}{3} x H \quad (1)$$

Onde:

D: é o diâmetro;

H: é Altura.

A altura total (Ht) do tanque é definida como 19,596 m ou 19596 mm. Dimensão em função das larguras comerciais das chapas a serem utilizadas para a fabricação do costado e da cantoneira de 3" soldada acima do último anel para dar maior rigidez ao tanque.

### 3.3.1.2 SISTEMA HIDRÁULICOS

Os cálculos hidráulicos das tubulações devem ser expressamente executados por equações conformes as normas estabelecidas pelo Corpo de Bombeiro Militar de Goiás (CBMGO), os cálculos apresentados no trecho do hidrante mais desfavorável de acordo com a Norma Técnica (NT 25/2014- 2):

#### 3.3.1.1 VOLUME DO (RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO) RTI

De acordo com a tabela normativas estabelecidas pela Norma Técnica (NT-22/2014) o projeto do reservatório desenvolvido se dá pela área de risco como I-3 e área de edificação acima de 50 mil metros quadrados, a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) é projetado e classificado como tipo 5 - (RTI 180 m<sup>3</sup>). Apresentado os cálculos Reserva Técnica de Incêndio.

Segundo Brentano (2004, p. 54), volume mínimo da Reserva Técnica de Incêndio (RTI) deve ser determinado pela fórmula:

$$V = Q \times t \quad (2)$$

Onde:

V = volume da (Reserva Técnica de Incêndio) RTI, em litros;

Q = vazão de duas saídas de água com uso simultâneo, em l/min;

t = é o tempo mínimo de descarga a plena carga em 90 minutos para o tipo 5;

No projeto o Reserva Técnica de Incêndio (RTI) é classificado com tipo 5, assim sendo o número de expedições é aplicado duplo e a vazão mínima na válvula dos hidrantes mais desfavorável é 600 (L/min).

O projeto foi estabelecido, onde o trecho do tanque de combustível é mais desfavorável, nesse trecho foi calculo a quantidade de três hidrantes, um canhão monitor e sistema aspersores.

Na Norma Técnica (NT-25/2014-2) é estabelecido que o sistema de espuma é obrigatório, onde a vazão mínima para cada tanque é de (200 L/min).

### 3.3.1.2 VELOCIDADE DA ÁGUA

A velocidade da água no tubo de sucção das bombas de incêndio não deve ser superior a 4 m/s, e na tubulação a 5m/s a qual deve ser calculada pela equação:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Onde:

V: é a velocidade da água, em metros por segundo;

Q: é a vazão de água, em metros cúbicos por segundo;

A: é a área interna da tubulação, em metros quadrados.

### 3.3.1.3 PERDA CARGA POR ATRITO

Um dos métodos aplicáveis para se dimensionar a perda de carga distribuídas no sistema de hidrantes se dá pela equação de Hazem Williams, que de acordo com Mello e Carvalho (1998), relaciona a perda de carga e pressão devido a passagem do fluxo de água em um tubo, definida matematicamente como:

$$J = 605 \times (Q^{1,85}) \times (C^{-1,85}) \times (d^{-4,87}) \times 10^4 \quad (4)$$

Onde:

J: é a perda de carga por atrito, em quilopascals por metro;

Q: é a vazão, em litros por minuto;

C: é o fator de Hazen Williams conforme tabela 5;

d: é o diâmetro interno do tubo, em milímetros.

### 3.3.1.4 PERDA DE CARGA TOTAL

Um dos métodos aplicáveis para se dimensionar a perda de carga distribuídas no sistema de hidrantes se dá pela equação de Hazem Williams, que de acordo com Mello e Carvalho (1998), relaciona a perda de carga total e pressão devido a passagem do fluxo de água em um tubo, definida matematicamente como:

$$H_f = J \times L_t \quad (5)$$

Onde:

hf: é a perda de carga;

J: é a perda de atrito;

Lt: é o comprimento total, em metros;

### 3.3.1.5 ALTURA MANOMETRICA

Altura Manométrica Total é a energia por unidade de peso que o sistema requisita para movimentar o fluido do reservatório de sucção para o reservatório de descarga, com uma determinada vazão. Nos sistemas que estudaremos, essa energia é fornecida por uma bomba, sendo a altura manométrica total um parâmetro fundamental para o selecionamento da mesma.

É importante notar que em um sistema de bombeamento, a condição requerida é a vazão(Q), enquanto que a altura manométrica total (H) é consequência da instalação.

$$H_m = P \text{ mínima (MCA)} + h_f + (HG \text{ cota final} - Hg \text{ cota inicial}) \quad (6)$$

Onde:

Hm = Altura Manométrica em mca;

P mínima = Pressão Mínima do Sistema;

Hf = Perda de Carga;

HG cota final = Altura Geométrica cota final;

HG cota inicial = Altura Geométrica cota inicial.

### 3.3.1.6 SISTEMA MOTO-BOMBA

As bombas hidráulicas podem tanto ser de recalque como de reforço, para quando não se tem pressão suficiente por gravidade. As bombas hidráulicas são de acionamento automático, toda vez que qualquer hidrante seja aberto a bomba deve entrar em funcionamento. Podendo também ter seu acionamento manual.

Os cálculos de potência do conjunto motor-bomba devem ser realizados a partir do conhecimento da altura manométrica, da vazão requerida e do rendimento da bomba, e pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$N = (Y \times Q \times h_{mt}) / (75 \times \eta) \quad (7)$$

Onde:

N = Potência motriz em CV;

$\gamma$  = Peso específico da água – 1000 Kgf/m<sup>3</sup>;  
 $Q$  = Vazão da bomba em m<sup>3</sup>/s;  
 $hmt$  = Altura manométrica total em m;  
 $\eta$  = rendimento do grupo motor-bomba.

## 4 CALCULOS DO PROJETO

Devido os cálculos do sistema hidráulico ser muito extenso, foram apresentados cálculos de cada etapa no trecho entre 16-17, apresentando conforme demanda as normas regulamentadoras, cálculos que no decorrer de cada trecho se repete as formulas, tanto para sistema de resfriamento, quanto para sistema de espuma, sendo assim os demais cálculos foram automatizados em forma de planilha contendo todos os resultados de cada etapa do trecho.

Para mais esclarecimentos e detalhes dos cálculos, a planilha encontra-se em anexo B e C.

### 4.1 CALCULO DO DIMENSIONAMENTO DOS TANQUES

Arredondou-se D para 17,84 [m] e altura 8 [m].

$$V = (\pi \times D^2/4) \times H$$

$$V = (\pi \times 17,84^2/4) \times 8$$

$$V = 1.999,72 \text{ m}^3 - \text{Volume total do tanque}$$

$H = 7,19$  [m] (Pela norma o máximo nível de líquido adotado).

### 4.2 VOLUME DA BACIA DE CONTENÇÃO (V)

Vb (Tanque)

$$Vb = \pi \times r^2 \times H$$

$$Vb = \pi \times 8,92^2 \times 0,8$$

$$Vb = 199,73 \text{ m}^3$$

$$Vc = L \times L \times H$$

$$Vc = 29,52 \times 31,846 \times 0,8$$

$$Vc = 752,07 \text{ m}^3$$

$$Vt = Vc - Vb$$

$$Vt = 752,07 - 199,73$$

$$Vt = 552,34 \text{ m}^3$$

Volume a derramar

$$Vd = 1799,74 - 552,34$$

$$Vd = 1247,40 \text{ m}^3$$

Volume total a derramar

$$Vt = 1247,40 \times 6$$

$$Vt = 7484,40 \text{ m}^3$$

#### 4.2.1 VOLUME DA BACIA DE CONTENÇÃO ADJACENTE (V)

Bacia adjacente

$$\begin{aligned}A_a &= L \times L \\A_a &= 30 \times 50 \\A_a &= 1500 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Volume total

$$\begin{aligned}V_t &= A \times h \\V_t &= 1500 \times 5 \\V_t &= 7500 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### 4.3 CALCULO DO RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO (RTI)

##### 4.3.1 VAZÃO DO SISTEMA RESFRIAMENTO (Q)

Q (vazão do sistema) = (duplo x quantidade de hidrante e canhão monitor x vazão mínima) + (sistema aspersores x área do costado)

$$\begin{aligned}Q &= (2 \times 3 \times 600) + (2 \times 2 \times 8 \times 56,55) \\Q &= 5409,60 \text{ L/min}\end{aligned}$$

##### 4.3.2 VOLUME DO SISTEMA (V)

$$t \text{ (tempo)} = 90 \text{ min.}$$

Assim sendo;

$$\begin{aligned}V &= 5409,60 \times 90 \\V &= 486,864 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### 4.3.3 VAZÃO DO SISTEMA ESPUMA (Q)

Q (vazão do sistema) = A (Área do tanque) x taxa de aplicação mínima x Qtd. de tanques

$$\begin{aligned}Q &= 249,97 \text{ m}^2 \times 6,9 \text{ L/min/m}^2 \times 2 \\Q &= 3450 \text{ L/MIN}\end{aligned}$$

##### 4.3.4 VOLUME DO SISTEMA ESPUMA (V)

$$t \text{ (tempo)} = 30 \text{ min.}$$

Assim sendo;

$$\begin{aligned}V &= 3450 \times 30 \\V &= 103,500 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### 4.3.5 VOLUME DO RTI (A)

Assim sendo Área do tanque de reservatório do Reserva Técnica de Incêndio (RTI);

$$\begin{aligned}A &= \pi \times R^2 \\A &= \pi \times 4,33^2 \\A &= 59,036 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sendo assim o volume total da Reserva Técnica de Incêndio (RTI);

$$h \text{ (Altura)} = 10,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}V &= A \times h \\V &= 59,036 \times 10,00 \\V &= 590,364 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### 4.4 PERDA DE ATRITO (J)

$$\begin{aligned}J &= 605 \times (Q^{1,85}) \times (C^{-1,85}) \times (d^{-4,87}) \times 10^4 \\J &= 605 \times (4209,6^{1,85}) \times (120^{-1,85}) \times (150^{-4,87}) \times 10^4 \\J &= 0,1102938 \text{ J}\end{aligned}$$

#### 4.5 PERDA DE ATRITO (Hf)

$$\begin{aligned}H_f &= J \times L_t \\H_f &= 0,1102938 \times 34,97 \\H_f &= 3.857\end{aligned}$$

#### 4.6 ALTURA MANOMETRICA (Hm)

$$\begin{aligned}H_m &= P \text{ mínima (MCA)} + h_f + (HG \text{ cota final} - Hg \text{ cota inicial}) \\H_m &= 50,00 + 38,183 + (-6,60 - 0,00) \\H_m &= 81,583 \text{ mca}\end{aligned}$$

#### 4.7 PRESSÃO RESIDUAL (Pr)

$$\begin{aligned}Pr &= A \text{ manométrica total} - P \text{ total} - (A \text{ geométrica cota final} - A \text{ geométrica cota inicial}) \\Pr &= 100,780 - 38,183 - (-6,60 - 0,00) \\Pr &= 69,197 \text{ mca}\end{aligned}$$

#### 4.8 POTENCIA DA BOMBA (N)

$$N = \frac{Y \times Q \times h_{mt}}{75 \times \eta} \quad N = \frac{1000 \times \frac{324,58}{3600} \times 97,051}{75 \times 69\%} \quad N = 169 \text{ CV}$$

## 5 DISCUÇÃO E RESULTADOS

O Projeto Fictício e didático tem como principal objetivo demonstrar como realizar e criar o sistema hidráulico de combate a incêndio, partindo da análise do solo, implantação dos parques de tanques ao qual tipo de bombas centrifugas. O sistema hidráulico de combate incêndio foi dimensionado passo a passo de acordo com as Normas Brasileira Regulamentadora (NBR) e Norma Técnica do Corpo de Bombeiro Militar de Goiás (NT - CBMGO) para chegar em resultados positivos.

Com análise e estudos do terreno geográfico o parque tanque dever estar no mínimo uma distância de 70,40 metros das outras edificações para essas construções não sofra impacto em caso de uma possível explosão ou irradiação causadas pelo calor da mesma. O sistema hidráulico e constituído pelo sistema de resfriamento de água e espuma, onde o sistema de água é feito com Hidrante e canhão monitor onde é jogado com velocidade variável de 2 m/s a 5 m/s, os aspersores são colocados no perímetro do tanque para resfriamento do costado, esses componentes são usados para conter a propagação do fogo.

Sistema de espuma tem sua característica particular devido o equipamento proporcionador PL a escolha do Modelo PL-2100 se dá pela pressão de entrada de (psi) = 100, Vazão água no PL (gpm) = 560,0 e Vazão água no PL (l/min) = 2120, onde a mistura de água e líquido gerador de espuma (LGE) em alta velocidade à onde é jogando dentro da câmara de espuma que fica localizado dentro dos tanques combustíveis. O resultado desse sistema é para conter a propagação do fogo onde Reserva Técnica de Incêndio (RTI) é calculada para aguentar 30 minutos do sistema de espuma e 90 minutos para sistema de água.

Para o Sistema hidráulico de resfriamento a bomba modelo SIGMMA NSE 150X125-50 estabelecida no projeto, tem sua característica técnica com potência calculada de 169 CV, atende o sistema no rendimento de 60%, com altura manométrica de calculada de 97 mca e vazão do projeto de 324 m<sup>3</sup>/h.

O Sistema hidráulico de espuma a bomba modelo SIGMMA NSE 125X100-500 projetada para o sistema tem sua potência calculada de 186 CV, atendendo o sistema do projeto com altura manométrica de 145 mca e vazão do sistema de 207 m<sup>3</sup>/h.

Os cálculos expressados deram resultados positivos, onde chegamos à conclusão que o portfólio fictício ao ser calculados conforme as normas estabelecidas pela ABNT NBR, definir como a água será distribuída no sistema de tubulação, a quantidade adequada de pressão, a mistura perfeita entre o resfriamento de água com o sistema de espuma, contudo o projeto fictício pode ser utilizado com proposito didático.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os aspectos da norma (Norma Brasileira Regulamentadora) NBR e normas estabelecidas pela Petrobras, exigências com alto poder de obrigatoriedade, características que define o sistema de combate a incêndio em todas suas áreas que abrangem, e normas que estabelece dimensionamento de tanques de armazenamento inflamável, quanto o dimensionamento da vazão e qual tipo de bomba a ser utilizada, que esteja de acordo com as normas estabelecidas.

Percebe-se que o sistema de combate a incêndio em parque de tanques é uma obra de engenharia de grande porte, que exige um planejamento detalhado de todas as etapas da construção e operação, e de grande investimento e ao beneficiamento e segurança de quem irá operar e realizar manobras de riscos, como bem ao local da indústria instalada. O mau dimensionamento ou falhas executivas podem trazer grandes consequências para o quem está executando e a quem está exposto ao local e para a saúde humana, por isso, como todo projeto, deve ser executado por profissionais habilitados.

Foi possível concluir que, os benefícios de um sistema de combate a incêndio em parque

de tanques, adequadamente com as normas exigidas, como objeto desse estudo, estão além da preocupação com a segurança, mas com comprometimento de fazer novas melhorias, conforto de poder executar manobras com segurança e o controle de monitorar todo sistema de combate ao incêndio.

## REFERÊNCIAS

API 620 – **Recommended Rules for Disign and Construction of Large, Welded, Low Pressure Storage Tanks**. Acesso 07 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Organização de Normalização Setorial de Petróleo**. Classificação, NBR 7505, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Armazenagem de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis**. Classificação, NBR 7505-1, 2000.

BARROS, Stenio Monteiro de. **Tanques de Armazenamento**. Rio de Janeiro. Universidade Petrobras. Julho de 2014. Acesso em 06 jun. 2022.

**BOMBA SIGMMA NSE 125X100-500 e NSE 150X125-500**. Disponível em <[http://www.sigmmabombas.com.br/admin/view/pages/produtos/produtos/produtos.pdf/Cat%C3%A1logo%20T%C3%A9cnico\\_NSE.pdf](http://www.sigmmabombas.com.br/admin/view/pages/produtos/produtos/produtos.pdf/Cat%C3%A1logo%20T%C3%A9cnico_NSE.pdf)>. Acesso em 28 out. 2022.

BORGER, Alex. **Prevenção e Proteção contra Incêndios**. São José dos Pinhais-PR, 2021. Acesso em 05 jun. 2022.

BRASIL PARANÁ COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL (2013). **Manual De Prevenção E Combate A Princípios De Incêndio.2**. Acesso em 05 jun.2022.

BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndio nas Edificações – EDIPUCS – Porto Alegre**, 2004. Acesso em 05 jun.2022.

BROWNELL & YOUNG, 1959. **Process equipment design: vessel design and Moisture expansion of clay products**. Disponível em <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=R2W1eckTWRQC&oi=fnd&pg=PA6&dq=BROWNELL+%26+YOUNG,+1959\).&ots=PCgja9U5mx&sig=7W4Rznfh2irS1Y\\_iPGvsU8pGYMU#v=onepage&q=BROWNELL%20%26%20YOUNG%2C%201959\).&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=R2W1eckTWRQC&oi=fnd&pg=PA6&dq=BROWNELL+%26+YOUNG,+1959).&ots=PCgja9U5mx&sig=7W4Rznfh2irS1Y_iPGvsU8pGYMU#v=onepage&q=BROWNELL%20%26%20YOUNG%2C%201959).&f=false)>. Acesso em 05 jun. 2022.

**Conceitos Básicos de Segurança Contra Incêndio**. Disponível em <[https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-02\\_2014-conceitos-basicos-de-seguranca-contra-incendio.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-02_2014-conceitos-basicos-de-seguranca-contra-incendio.pdf)>. Acesso em 05 jun. 2022.

COSTA, **Mecanismos de Danos em Tanques**. 509. Terminais. 45. **INSPEÇÃO GERAL = 301 tanques. 2010**. Acesso em 06 jun. 2022.

**Classificação das Edificações Quanto a Ocupação ou Uso**. Disponível em <[https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/NT-01\\_2020-Procedurementos-Administrativos-ANEXO-A.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/NT-01_2020-Procedurementos-Administrativos-ANEXO-A.pdf)>. Acesso em 01 nov. 2022.

NB-98 – **Armazenamento e Manuseio de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis**. Acesso em 08 jun. 2022.

**Fabricação de álcool I-3 1931-4/00 4000.** Disponível em <[https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/NT-14\\_2022\\_-arga\\_de\\_incendio\\_nas\\_edificacoes\\_e\\_areas\\_de\\_risco.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/NT-14_2022_-arga_de_incendio_nas_edificacoes_e_areas_de_risco.pdf)>. Acesso em 25 out. 2022.

**NBR 7820 – Segurança nas Instalações de Produção, Armazenamento, Manuseio e Transporte de Etanol (Álcool Etílico).** Acesso em 07 jun. 2022.

**NORMA TÉCNICA BOMBEIRO, Sistema de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.** Secretária da Segurança pública Corpo de bombeiros Militar Estado de Goiás. Acesso em 06 jun. 2022.

**NORMA TÉCNICA DO CORPO DE BOMBEIROS Nº 19/2019, Tabela 5 – Fator “C” de Hazen Willians.** Disponível em <<https://app.sogi.com.br> > arquivo > exibir > arquivo> Fonte: BRENTANO (2004, p. 251). Acesso em 25 out. 2022.

**NORMA TÉCNICA 25/2014. Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis Parte 2 – Armazenamento em Tanques Estacionários.** Secretária da Segurança pública Corpo de bombeiros Militar Estado de Goiás. Acesso em 07 jun. 2022.

**NORMA TÉCNICA PETROBRAS. A Norma para Tanques de Superfície.** Classificação, N-270. Disponível em: <[https://arenatecnica.com/pt/normas-tecnicas/petrobras\\_n-270](https://arenatecnica.com/pt/normas-tecnicas/petrobras_n-270)>. Acesso em 06 jun. 2022.

**NORMA TÉCNICA NT-22/2014, Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.** Disponível em [https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-22\\_2014-sistemas-de-hidrantes-e-de-mangotinhos-para-combate-a-incendio.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-22_2014-sistemas-de-hidrantes-e-de-mangotinhos-para-combate-a-incendio.pdf)>. Acesso em 28 out 2022.

**SANTINI, João Bosco. Meio de Combate e Extinção ao Fogo em Tanques de Armazenamento de Combustíveis.** Disponível em <<https://www.petroblog.com.br/?p=2727>>. Acesso em 05 jun. 2022.

**SANTOS, J.R., QUALHARINI, E.L. Gestão de sistema de proteção contra incêndio em instalações nucleares: fator de fortalecimento do sistema de gestão integrada – um estudo de caso.** Boletim Técnico Organização & Estratégia, Niterói, v. 3, n. 3, p. 392-409, set./dez. 2007.

**Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis - Parte 1 – Generalidades e Requisitos Básicos.** Disponível em [https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-25\\_2014-seguranca-contraincendio-para-liquidos-combustiveis-e-inflamaveis-parte-1\\_generalidades-e-requisitos-basicos.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-25_2014-seguranca-contraincendio-para-liquidos-combustiveis-e-inflamaveis-parte-1_generalidades-e-requisitos-basicos.pdf) >. Acesso em 20 out. 2022.

**Segurança Contra Incêndio para Líquidos Combustíveis e Inflamáveis - Parte 2 – Armazenamento em tanques estacionários.** Disponível em [https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-25\\_2014-seguranca-contraincendio-para-liquidos-combustiveis-e-inflamaveis-parte-2\\_armazenamento-em-tanques-estacionarios.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/nt-25_2014-seguranca-contraincendio-para-liquidos-combustiveis-e-inflamaveis-parte-2_armazenamento-em-tanques-estacionarios.pdf)>. Acesso em 20 out. 2022.

**Separação entre Edificações (Isolamento De Risco).** Disponível em <[https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/NT-07\\_2022\\_-Separacao-entre-edificacoes-isolamento-de-risco.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/NT-07_2022_-Separacao-entre-edificacoes-isolamento-de-risco.pdf)>. Acesso em 22 out. 2022.

**Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.** Disponível em [https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/03/nt-22\\_2014-sistemas-de-hidrantes-e-de-mangotinhos-para-combate-a-incendio.pdf](https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/03/nt-22_2014-sistemas-de-hidrantes-e-de-mangotinhos-para-combate-a-incendio.pdf). Acesso em 24 out. 2022.

**SHIGLEY, J.E. Metodologia de Projeto de Tanques Atmosféricos.** Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/>>. Acesso em 09 jun. 2022.

## ANEXO A – Memorial de Cálculo Separação de Edificação

### **MEMORIAL DE CALCULO - CBMGO NT 07 - 2022 - SEPARAÇÃO ENTRE EDIFICAÇÕES (Isolamento de Risco)**

- EXPOSITORA => INDUSTRIA
- EXPOSIÇÃO => SERVIÇO PROFISSIONAL

Dados da Edificação:

Ocupação = PARQUE DE TANQUE

Largura = 90,90 metros

Altura = 8,00 metros

Carga de incêndio predominante ( CBMGO-NT 07- 2022 ) = 4000 MJ/m<sup>2</sup> - ALTO

1º Passo - Relação largura/altura =>  $X = 90,90\text{m} / 8,00\text{m} = 11,36$  (Anexo A da NT07)

2º Passo - Porcentagem de abertura na fachada =>  $Y = 100,00\%$

Area total da fachada =  $90,90\text{m} \times 8,00\text{m} = 727,20\text{ m}^2$

Area de aberturas =  $727,20\text{ m}^2$

Porcentagem de abertura = 100%

3º Passo - Determinação da severidade => Classificação da severidade (Conforme TABELA 2) = II

4º Passo - Identificação do índice " $\alpha$ " => Índice (Conforme TABELA 2)  $\alpha = 9,5$

5º Passo - Identificação do fator de segurança " $\beta$ " => Fator segurança  $\beta_2 = 3,00$  metros (Municípios que não possuem Corpo de Bombeiros Militar)

6º Passo - Multiplicar a menor dimensão (5,00m) pelo índice " $\alpha$ " ( $D = \alpha \times (\text{menor dimensão}) + \beta$ )

Temos:  $D = (9,50 \times 8,00\text{m}) + 3,00\text{m} = 79,00\text{m}$

Distância de isolamento de risco = 79,00m

**Distância real = 113,80 m => Situação OK!**

## ANEXO B - Planilha de Calculo do Sistema Hidráulico de Espuma

FORMULAS UTILIZADAS						
$v = \frac{Q}{A}$	$J = 605 \times Q^{1.85} \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times 10^4$	$h_f = J \times L_t$	$\Delta H_{loc.} = K \cdot \frac{V^2}{2g}$	$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$	$Q = K \cdot \sqrt{P}$	$P = \frac{\gamma Q H_{man}}{75 \eta_b}$

ESP.	TRECHO	TUBULAÇÃO		FATOR (C) Aço P. (TM)	VAZÃO (Q)			VELOC. (V) (m/s)	PERDA ATRITO (J)	COMPRIMENTO (Lt)					PERDA TOTAL (Hf)		ALTURA GEOMÉTRICA (m)			ALTURA MANOMÉTRICA (mca)	PRESSÃO RESIDUAL (mca)	
		Ø INT. (D) mm	AREA (A) m²		(l/m)	(m³/s)	(m³/h)			Real (m)	Conexões	Localiz. (m)	Peças	Equivalente (m)	Total (m)	Trecho	Acum.	Cota Inicial	Desnivel			Cota Final
SUCCÃO	0-1	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	0,00	Entrada normal	4,3	1	4,32	4,32	0,145	0,145	0,00	0,00	0,00	40,145	145,228
	1-2	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	6,60	Curva 45°	3,8	1	3,81	10,41	0,350	0,495	0,00	0,00	0,00	40,495	144,878
	2-3	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	5,37	Tê 90° pass. direta	5,1	1	5,08	10,45	0,351	0,846	0,00	0,00	0,00	40,846	144,527
	3-4	150	0,017672	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,00	Tê 90° saída lateral	9,0	1	9,00	10,00	0,763	1,609	0,00	0,00	0,00	41,609	143,764
	4-(BE)	150	0,017672	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,25	Nenhuma	0,0	0	0,00	1,25	0,095	1,705	0,00	0,00	0,00	41,705	143,668
RECALQUE	(BE)-5	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,00	Válv. ret. vertical	19,0	1	19,00	20,00	1,527	3,231	0,00	1,00	1,00	44,231	141,142
	5-6	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,00	Tê 90° saída lateral	9,5	1	9,50	10,50	0,801	4,033	1,00	1,00	2,00	46,033	139,341
	6-7	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,00	Curva 90°	3,1	1	3,10	4,10	0,313	4,346	2,00	0,00	2,00	46,346	139,028
	7-8	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	2,00	Curva 90°	3,1	1	3,10	5,10	0,389	4,422	2,00	-2,00	0,00	44,422	140,951
	8-9	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,76	Curva 90°	3,1	1	3,10	4,86	0,371	4,793	0,00	0,00	0,00	44,793	140,580
	9-10	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,00	Curva 90°	3,1	1	3,10	4,10	0,313	5,106	0,00	0,00	0,00	45,106	140,267
	10-11	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	3,95	Tê 90° pass. direta	3,4	1	3,40	7,35	0,561	5,667	0,00	0,00	0,00	45,667	139,706
	11-12	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	3,22	Válv. Borboleta 0°	1,0	1	1,00	4,22	0,322	5,989	0,00	0,00	0,00	45,989	139,384
	12-13	75	0,004417875	120	3450	0,0575	207,00	13,02	2,2319633	0,62	Proporcionador - PL	29,0	1	29,00	29,62	66,111	72,100	0,00	0,00	0,00	112,100	73,274
	13-14	150	0,017672	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	1,14	Válv. Borboleta 0°	1,0	1	1,00	2,14	0,163	72,263	0,00	0,00	0,00	112,263	73,110
	14-15	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	30,88	Curva 90°	3,1	1	3,10	33,98	2,594	74,857	0,00	0,00	0,00	114,857	70,517
	15-16	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	81,28	Curva 90°	3,1	1	3,10	84,38	6,440	81,297	0,00	0,00	0,00	121,297	64,076
	16-17	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	73,10	Curva 90°	3,1	1	3,10	76,20	5,816	87,113	0,00	0,00	0,00	127,113	58,260
	17-18	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	49,72	Tê 90° saída lateral	9,5	1	9,50	59,22	4,520	91,633	0,00	0,00	0,00	131,633	53,740
	18-19	150	0,0176715	120	3450	0,0575	207,00	3,25	0,0763257	28,49	Curva 90°	3,1	1	3,10	31,59	2,411	94,044	0,00	0,00	0,00	134,044	51,329
	19-20	150	0,0176715	120	1725	0,0288	103,50	1,63	0,0211722	16,60	Tê 90° pass. direta	3,4	1	3,40	20,00	0,423	94,468	0,00	0,00	0,00	134,468	50,906
	20-21	150	0,0176715	120	1725	0,0288	103,50	1,63	0,0211722	30,00	Tê 90° saída lateral	9,5	1	9,50	39,50	0,836	95,304	0,00	0,00	0,00	135,304	50,069
	21-22	100	0,007854	120	1725	0,0288	103,50	3,66	0,1525211	1,34	Válv. Borboleta 0°	0,6	1	0,60	1,94	0,296	95,600	0,00	0,00	0,00	135,600	49,773
	22-23	100	0,007854	120	1725	0,0288	103,50	3,66	0,1525211	0,91	Curva 90°	2,1	1	2,10	3,01	0,459	96,059	0,00	0,00	0,00	136,059	49,314
	23-24	100	0,007854	120	1725	0,0288	103,50	3,66	0,1525211	7,40	Saída de canal	3,1	1	3,10	10,50	1,601	97,660	0,00	7,40	7,40	145,060	40,313

DADOS DO PROJETO
Pressão mínima sistema (mca) = 40,000
Vazão de projeto (l/min) = 3450,000
Vazão de projeto (m³/s) = 0,058
Vazão de projeto (m³/h) = 207,000

SISTEMA DE ESPUMA
Pressão entrada câmara (mca) = 40,000
Altura Geométrica (m) = 7,400
Perda total (mca) = 97,973
<b>ALTURA MAN. TOTAL (mca) = 145,373</b>
Vazão solução espuma (l/min) = 1725
Pressão entrada (kgf/cm²) = 4,000
Diametro placa de orifício (mm) = 46,262
Modelo da camara de espuma = <b>TC-55</b>
PROPORCIONADOR DE LINHA - PL
Modelo PL-2100 (K) = 56,00
Pressão entrada (psi) = 100
Vazão água no PL (gpm) = 560,0
Vazão água no PL (l/min) = 2120
Vazão solução de espuma no PL (l/min) = 2185

SISTEMA DE BOMBAMENTO
Altura LC da bomba (m) = 0,000
Altura Manométrica sistema (mca) = 145,373
Vazão de projeto (m³/h) = 207,00
Potência calculada (CV) = 186
Rendimento (%) = 60%
BOMBA SIGMA NSE 125X100-500
RPM 1780
Rotor 520
<b>POTÊNCIA COMERCIAL (CV) = 190</b>

## ANEXO C – Planilha de Calculo do Sistema Hidráulico de Resfriamento de Água

$$V = \frac{Q}{A} \quad J = 605 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times 10^4 \quad h_f = J \times L_t \quad \Delta H_{loc.} = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad Q = K \cdot \sqrt{P} \quad P = \frac{\gamma Q H_{man.}}{75 n_b}$$

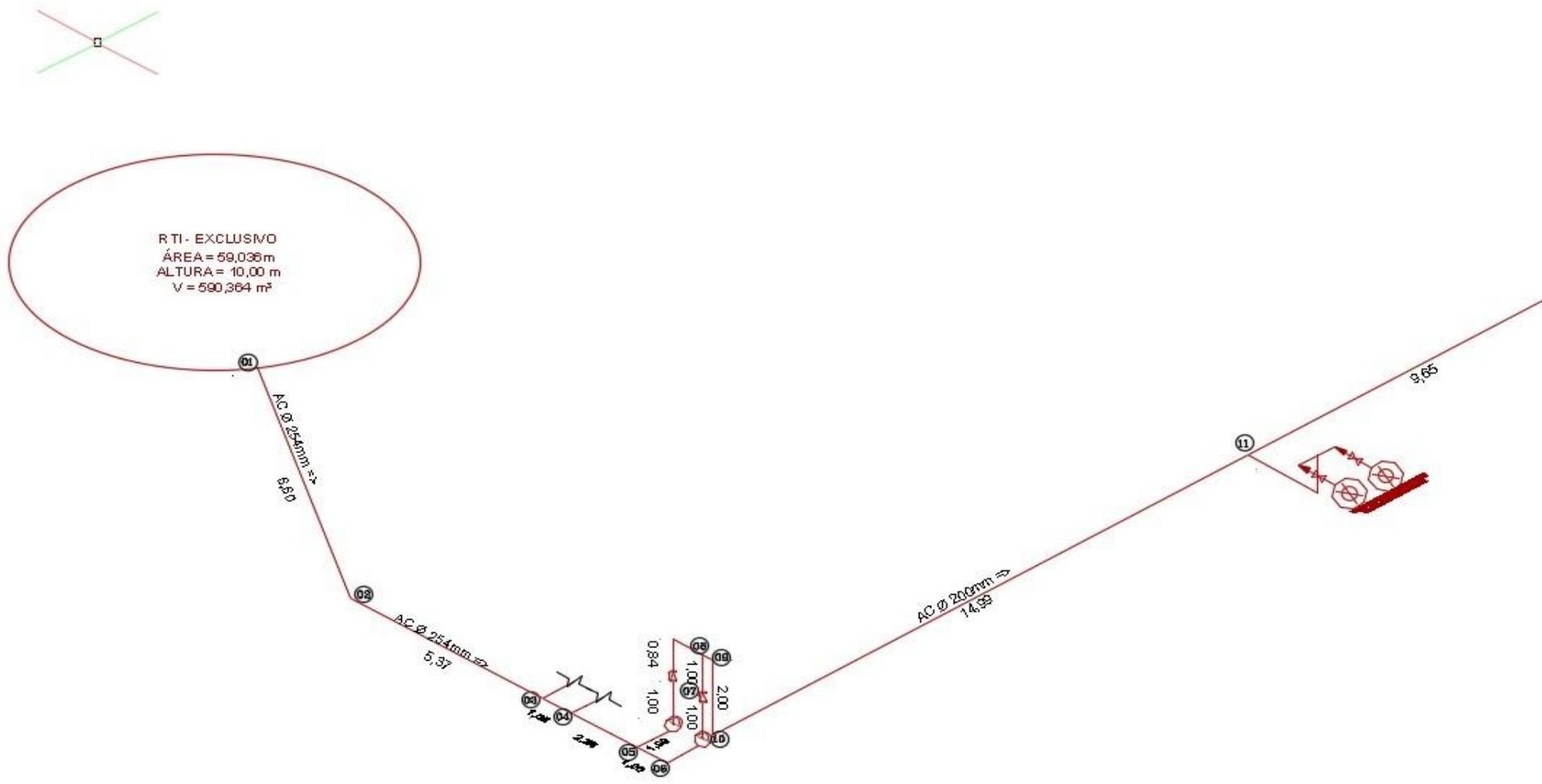
ESP.	TRECHO	TUBULAÇÃO		FATOR (C) Aço P. (TM)	VAZÃO (Q)			VELOC. (V) (m/s)	PERDA ATRITO (J)	COMPRIMENTO (Lt)					PERDA TOTAL (Hf)		ALTURA GEOMÉTRICA (m)			ALTURA MANOMÉTRICA (mca)	PRESSÃO RESIDUAL (mca)	
		Ø INT. (D) mm	AREA (A) m²		(l/m)	(m³/s)	(m³/h)			Real (m)	Conexões	Localiz. (m)	Peças	Equivalente (m)	Total (m)	Trecho	Acum.	Cota Inicial	Desnível			Cota Final
SUCCAO	0-1	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	0,00	Entrada normal	4,3	1	4,32	4,32	0,145	0,145	0,00	0,00	0,00	40,145	96,906
	1-2	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	6,60	Curva 45°	3,8	1	3,81	10,41	0,350	0,495	0,00	0,00	0,00	40,495	96,556
	2-3	254	0,050671	120	8859,6	0,1477	531,58	2,91	0,0336083	5,37	Té 90° pass. direta	5,1	1	5,08	10,45	0,351	0,846	0,00	0,00	0,00	40,846	96,205
	3-4	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	1,00	Té 90° pass. direta	4,0	1	4,00	5,00	0,216	1,062	0,00	0,00	0,00	41,062	95,989
	4-5	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	2,26	Té 90° pass. direta	4,0	1	4,00	6,26	0,271	1,333	0,00	0,00	0,00	41,333	95,719
	5-6	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	1,00	Curva 90°	6,0	1	6,00	7,00	0,302	1,635	0,00	0,00	0,00	41,635	95,416
6-(BE)	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	1,00	Nenhuma	0,0	1	0,00	1,00	0,043	1,678	0,00	0,00	0,00	41,678	95,373	
RECALQUE	(BE)-7	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	1,00	Válv ret. vertical	120,0	1	120,00	121,00	5,229	6,907	0,00	1,00	1,00	47,907	89,144
	7-8	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	1,00	Té 90° saída lateral	12,0	1	12,00	13,00	0,562	7,469	1,00	1,00	2,00	49,469	87,582
	8-9	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	0,28	Curva 90°	6,0	1	6,00	6,28	0,271	7,740	2,00	0,00	2,00	49,740	87,311
	9-10	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	2,00	Curva 90°	6,0	1	6,00	8,00	0,346	8,086	2,00	-2,00	0,00	48,086	86,965
	10-11	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	14,99	Té 90° pass. direta	4,0	1	4,00	18,99	0,821	8,907	0,00	0,00	0,00	48,907	88,145
	11-12	200	0,031416	120	5409,6	0,0902	324,58	2,87	0,0432125	16,65	Curva 90°	6,0	1	6,00	22,65	0,979	9,885	0,00	0,00	0,00	49,885	87,166
	12-13	200	0,031416	120	4209,6	0,0702	252,58	2,23	0,0271706	11,07	Té 90° pass. direta	4,0	1	4,00	15,07	0,409	10,295	0,00	0,00	0,00	50,295	86,757
	13-14	150	0,017672	120	4209,6	0,0702	252,58	3,97	0,1102938	70,15	Curva 90°	4,5	1	4,50	74,65	8,233	18,528	0,00	0,00	0,00	58,528	78,523
	14-15	150	0,017672	120	4209,6	0,0702	252,58	3,97	0,1102938	80,00	Curva 90°	4,5	1	4,50	84,50	9,320	27,848	0,00	0,00	0,00	67,848	69,203
	15-16	150	0,017672	120	4209,6	0,0702	252,58	3,97	0,1102938	46,76	Té 90° saída lateral	9,0	1	9,00	55,76	6,150	33,998	0,00	0,00	0,00	73,998	63,053
	16-17	150	0,017672	120	4209,6	0,0702	252,58	3,97	0,1102938	30,47	Curva 90°	4,5	1	4,50	34,97	3,857	37,855	0,00	0,00	0,00	77,855	59,196
	17-18	150	0,017672	120	3009,6	0,0502	180,58	2,84	0,0592853	8,38	Té 90° pass. direta	3,0	1	3,00	11,38	0,675	38,530	0,00	0,00	0,00	78,530	58,522
	18-19	100	0,007854	120	2104,8	0,0351	126,29	4,47	0,2203993	10,45	Té 90° pass. direta	2,0	1	2,00	12,45	2,744	41,274	0,00	0,00	0,00	81,274	55,778
	19-20	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	13,55	Té 90° pass. direta	2,0	1	2,00	15,55	1,842	43,116	0,00	0,00	0,00	83,116	53,936
	20-21	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	16,44	Té 90° saída lateral	6,0	1	6,00	22,44	2,658	45,774	0,00	0,00	0,00	85,774	51,277
	21-22	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	1,20	Curva 90°	3,0	1	3,00	4,20	0,498	46,272	0,00	1,20	1,20	87,472	49,580
	22-23	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	0,32	Válv. Borboleta 0°	0,8	1	0,80	1,12	0,133	46,405	1,20	0,50	1,70	88,105	48,947
	23-24	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	0,53	Curva 90°	3,0	1	3,00	3,53	0,418	46,823	1,70	0,00	1,70	88,523	48,529
	24-25	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	1,20	Curva 90°	3,0	1	3,00	4,20	0,498	47,320	1,70	-1,20	0,50	87,820	49,231
	25-26	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	2,50	Curva 90°	3,0	1	3,00	5,50	0,652	47,972	0,50	0,00	0,50	88,472	48,579
26-27	100	0,007854	120	1504,8	0,0251	90,29	3,19	0,1184693	7,30	Saída de canal	3,5	1	3,50	10,80	1,279	49,251	0,50	7,30	7,80	97,051	40,000	

DADOS DO PROETO
Pressão mínima sistema (mca) = 40,000
Vazão de projeto (l/min) = 8859,600
Vazão de projeto (m³/s) = 0,148
Vazão de projeto (m³/h) = 324,576

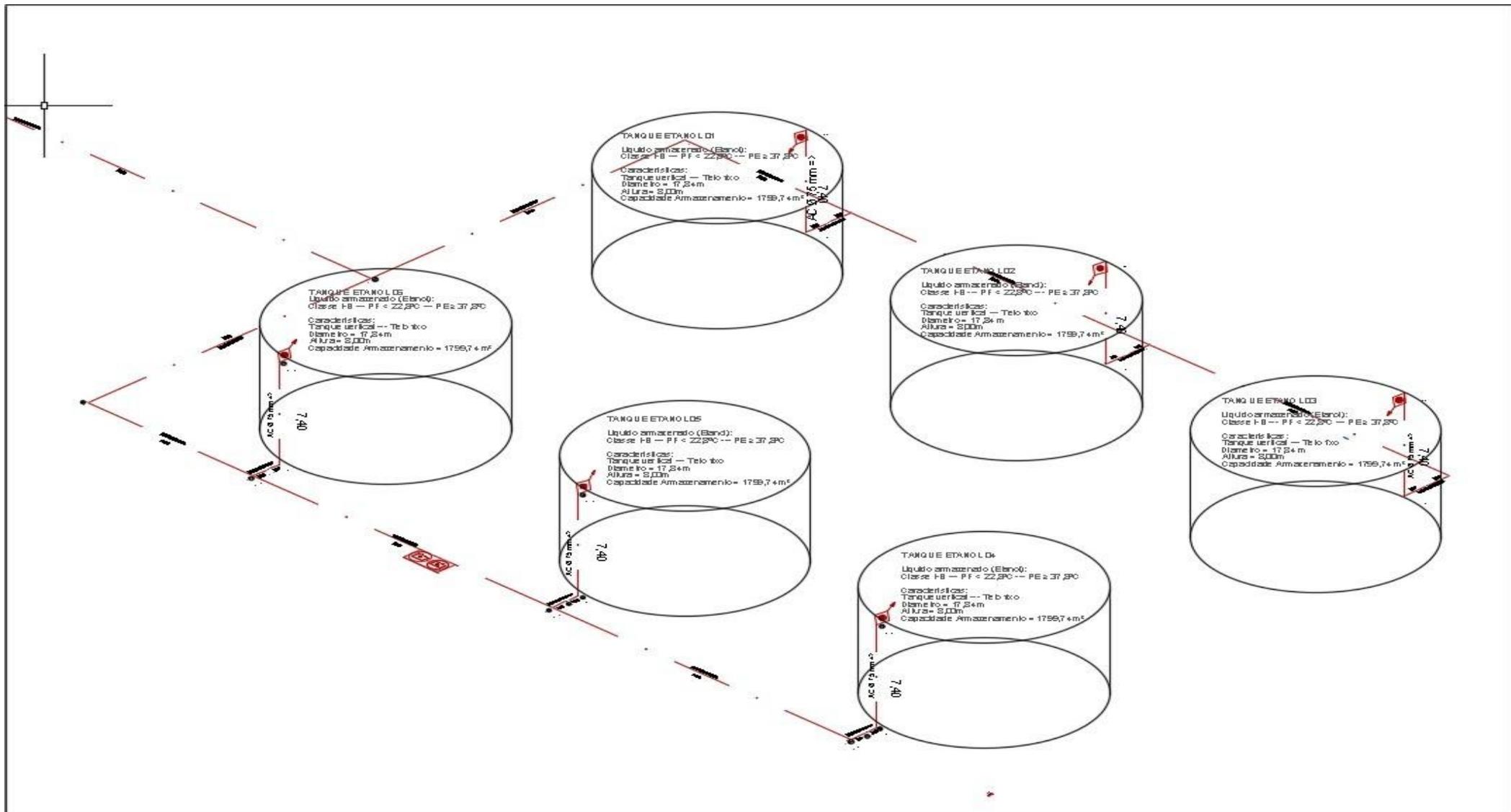
SISTEMA DE RESFRIAMENTO
Pressão linha bicos (mca) = 40,000
Altura Geométrica (m) = 7,800
Perda total (mca) = 49,251
<b>ALTURA MAN. TOTAL (mca) = 97,051</b>
BICOS NEBULIZADOR - DILÚVIO
Jato de cobertura = 160°
Rosca = 1/2"
Orifício Nominal = 5/16"
Pressão na linha (kgf/cm²) = 5,0
Vazão (l/min) = 52,5
Quantidade de bicos = 26,0
Vazão total (l/min) = 1365,0

SISTEMA DE BOMBEAMENTO
Altura LC da bomba (m) = 0,000
Altura Manométrica sistema (mca) = 97,051
Vazão de projeto (m³/h) = 324,58
Potência calculada (CV) = 169
Rendimento (%) = 69%
sigma
NSE 150X125-500
RPM 1780
Rotor 520

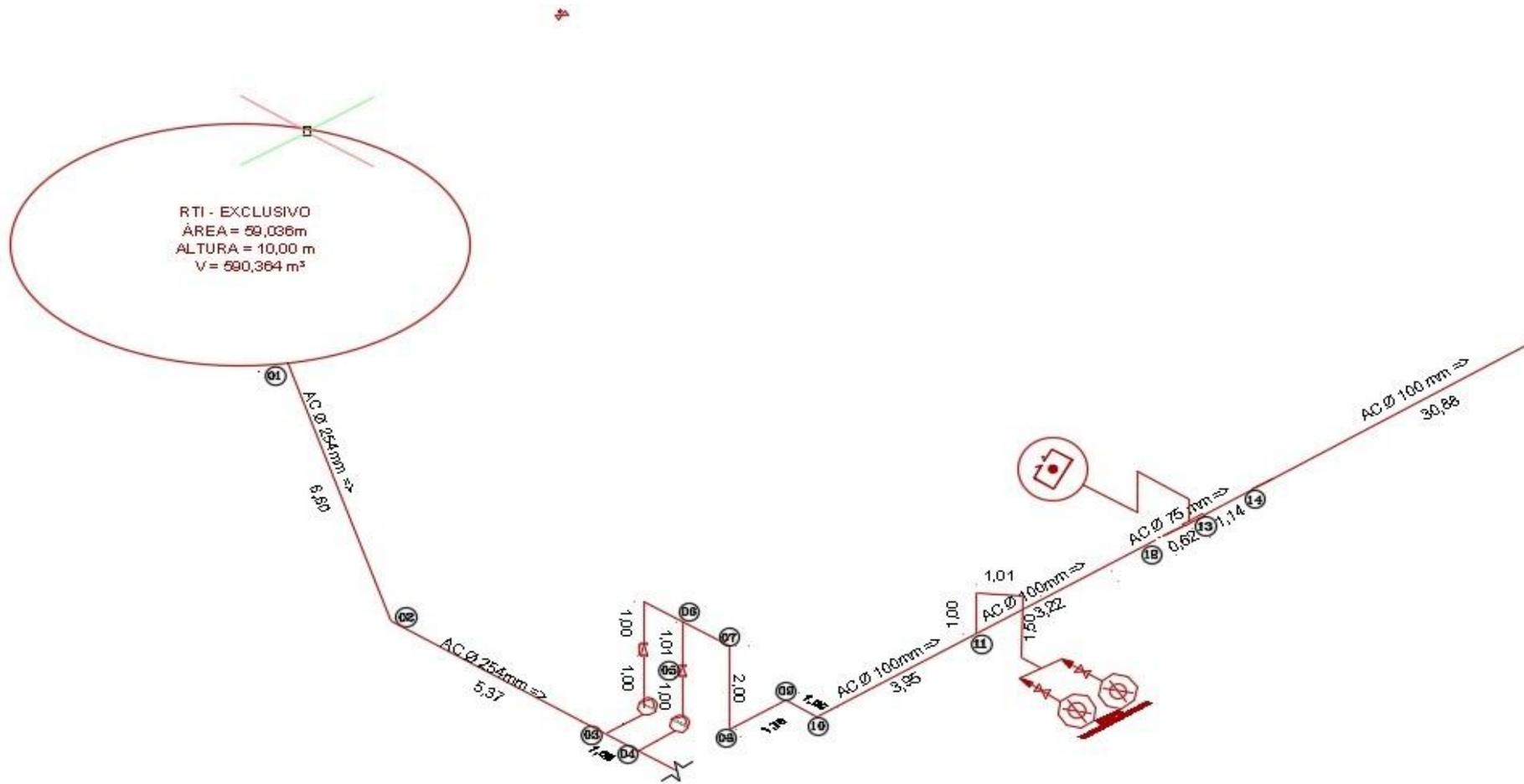
# ANEXO D – Sistema Hidráulico de Espuma



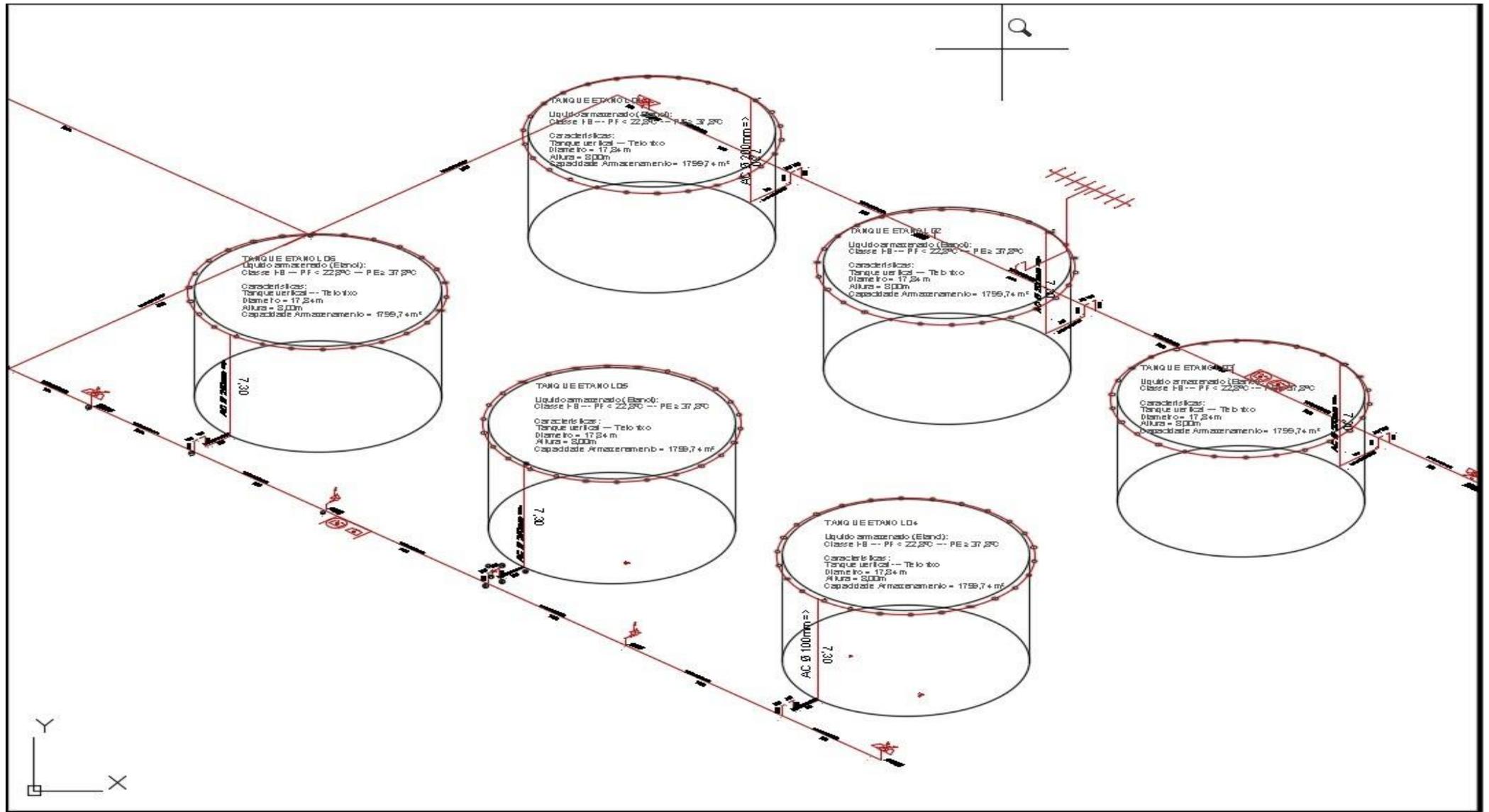
## ANEXO E – Sistema Hidráulico de Espuma Parque de Tanques



# ANEXO F – Sistema Hidráulico Rede de Resfriamento



## ANEXO G – Sistema Hidráulico Rede de Resfriamento Parque de Tanque



# ANEXO H – Planta Baixa do Sistema Hidráulico de Combate Incêndio em Parque de Tanques

